

Pengukuran dan Sistem Satuan dalam Fisika

Paken Pandiangan, S.Si, M.Si.



PENDAHULUAN

P erbedaan mendasar antara Fisika dengan ilmu-ilmu lainnya terletak pada besaran dan satuan yang dimilikinya. Dalam ilmu fisika, komponen besaran dan satuan merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain, misalnya tinggi seseorang adalah 175 cm (175 merupakan besaran dan cm merupakan satuan). Besaran dan satuan yang digunakan dalam fisika merupakan besaran baku yang berlaku secara internasional. Untuk dapat memahami dan mengerti fisika dengan baik, kita harus mempelajari konsep-konsep dasar yang diperlukan dalam fisika. Konsep-konsep dasar yang sangat penting tersebut adalah mengenai besaran fisis beserta satuannya, kemudian aturan-aturan yang diperlukan bagaimana cara menuliskan besaran dan satuan tersebut, serta dilanjutkan dengan konsep analisis dimensi hingga sampai dengan konsep pengukuran.

Modul ini terdiri dari dua kegiatan belajar, yaitu sebagai berikut.

Kegiatan Belajar 1 : membahas tentang Besaran dan Satuan, yang mencakup pengertian besaran dan satuan, besaran pokok, besaran turunan, serta dimensi dan analisis dimensional pada besaran fisis.

Kegiatan Belajar 2 : membahas tentang Pengukuran dan Alat Ukur, yang mencakup pengukuran panjang, pengukuran waktu, pengukuran massa, dan penulisan hasil pengukuran beserta angka penting.

Secara umum, kompetensi yang ingin dicapai pada modul ini adalah Anda dapat menerapkan pengukuran dan sistem satuan dalam fisika. Secara lebih khusus lagi, kompetensi dari pembelajaran modul ini adalah Anda dapat:

1. menjelaskan pengertian besaran dan satuan;
2. menerapkan besaran pokok;
3. menerapkan besaran turunan;

4. menentukan dimensi suatu besaran fisis;
5. menggunakan alat ukur dengan benar;
6. menerapkan penggunaan alat ukur secara tepat;
7. mengolah hasil pengukuran dari data yang diperoleh.

Masing-masing kegiatan belajar dari modul ini akan dimulai dengan penjelasan definisi, formulasi, teorema bersama dengan ilustrasi dan bahan-bahan deskriptif lainnya. Di akhir dari setiap sajian materi akan diberikan contoh dengan harapan Anda dapat memahami materi yang diberikan secara mendalam. Pada bagian akhir dari tiap kegiatan belajar akan diberikan rangkuman, latihan, dan tes formatif. Diberikan juga petunjuk jawaban latihan dan tes formatif.

Untuk membantu Anda memperjelas dan memperdalam penguasaan teori dan mempertajam bagian-bagian penting tertentu yang tanpa itu para mahasiswa akan terus-menerus merasa dirinya kurang mempunyai dasar yang kuat serta menyajikan ulangan prinsip-prinsip dasar yang sangat penting untuk belajar secara efektif. Glosarium yang terdapat pada bagian akhir Kegiatan Belajar 2 dimaksudkan agar Anda lebih cepat memahami beberapa istilah yang mungkin sebelumnya masih terasa asing baginya.

Agar Anda berhasil dalam pembelajaran ini maka pelajasilah seluruh isi modul ini secara sungguh-sungguh. Kerjakanlah sendiri soal-soal latihan dan tes formatif yang diberikan tanpa melihat terlebih dahulu petunjuk jawabannya.

Selamat belajar, semoga Anda berhasil!

Kegiatan Belajar 1

Besaran dan Satuan

Pengukuran besaran fisis dapat mencakup berbagai besaran seperti panjang, waktu, temperatur, kuat arus listrik, kecepatan, percepatan, gaya, dan masih banyak besaran fisis yang lainnya. Misalnya, apabila kita ingin mengukur lebar sebuah meja kita menggunakan alat ukur mistar atau penggaris yang memiliki skala tertentu. Hasil ukur lebar meja yang kita ukur adalah berupa angka yang terbaca pada mistar. Dalam hal ini, besaran fisis yang diukur adalah besaran panjang. Secara umum, besaran fisis adalah sesuatu yang dapat dinyatakan keberadaannya dengan suatu angka atau nilai. Pengukuran adalah proses mengukur suatu besaran, yaitu membandingkan nilai besaran yang sedang kita ukur dengan besaran lain sejenis yang dipakai sebagai acuan. Dalam hal pengukuran lebar meja di atas kita membandingkan lebar meja dengan *panjang* (besaran sejenis) mistar sebagai acuan.

Pertanyaannya adalah adakah sesuatu yang bukan besaran? Sesuatu yang dapat diwakili dengan angka adalah sesuatu yang dapat diukur dengan alat ukur. Kecantikan, kesenangan, misalnya apakah dapat diukur dengan alat? Tampaknya kecantikan bagi seseorang belum tentu sama cantiknya bagi orang lain. Jadi, kecantikan itu sendiri sangat relatif dan tidak dapat diukur eksak. Jadi, kecantikan jika dilihat dari definisinya bukanlah besaran fisis. Demikian juga manakala kita mengukur maka acuan ukuran yang digunakan juga dapat berbeda. Misalnya, mengukur panjang meja dengan mistar menunjukkan hasil 140 cm. Sebaliknya, apabila acuan kita adalah jengkal maka panjang meja itu kita katakan misalnya 8 jengkal. Tentu saja makna jengkal di sini menjadi tidak sama bagi semua orang. Jadi, kita perlu mendefinisikan apa yang disebut **satuan** sebagai ukuran terkecil seperti apa nilai besaran fisis itu dinyatakan. Jadi, panjang meja jika kita nyatakan dalam satuan cm, misalnya disebutkan 140 cm. Karena itu, kita perlu membakukan satuan yang digunakan supaya dapat diterima oleh semua orang di manapun berada. Artinya, apabila kita menyatakan panjang meja adalah 140 cm maka orang lain yang kita beritahu akan mengerti makna dari 140 cm tersebut.

A. BESARAN POKOK

Kita sudah mengetahui bahwa dalam fisika kita memerlukan *satuan standar* untuk menyatakan nilai suatu besaran supaya dapat dimengerti oleh semua kalangan. Jadi, kita harus menggunakan satuan internasional yang definisinya disetujui oleh sebuah komite saintis internasional.

Untuk menyatakan satuan standar dalam fisika dapat dinyatakan dengan dua cara sistem satuan, yaitu sebagai berikut.

1. Satuan mks (meter, kilogram, dan sekon) atau dikenal sebagai sistem metrik.
2. Satuan cgs (centimeter, gram, dan sekon) atau dikenal sebagai sistem gaussian.

Satuan mks ini sering digunakan dalam fisika, sedangkan satuan cgs lebih sering digunakan dalam kimia meskipun ini tidak mutlak. Namun, kedua sistem satuan ini banyak digunakan secara internasional.

Sistem satuan lainnya adalah sistem satuan British yang populer digunakan beberapa negara seperti di Amerika Serikat, Inggris, Myanmar, dan Liberia. Pada satuan British, besaran panjang dinyatakan dalam feet (ft), gaya dalam pound, massa dalam slug, dan waktu dalam sekon (s).

Sistem mks menggunakan satuan meter untuk panjang, kilogram untuk massa benda, dan sekon untuk waktu, sistem cgs menggunakan satuan sentimeter untuk panjang, gram untuk massa, dan sekon untuk waktu. Pilihan sistem mana yang akan digunakan dalam hal ini tidak ada keharusan, namun sistem mks adalah sistem satuan yang banyak digunakan secara luas.

Perhatikan bahwa meskipun antara sistem mks dan cgs sangat mirip, namun dalam kajian listrik-magnet pada elektrodinamika, persamaan-persamaan yang digunakan di kedua sistem tersebut bentuknya cukup berbeda. Tentu saja antartetiga sistem satuan ada konversi satu sama lain.

$$1 \text{ kg (mks)} = 1000 \text{ gr (cgs)} = 1/14,59 \text{ slug (British)}.$$

$$1 \text{ m (mks)} = 100 \text{ cm (cgs)} = 3,281 \text{ ft (British)}.$$

Untuk sistem mks, sejak tahun 1960 melalui konferensi internasional untuk berat dan ukuran, telah memasukkan satuan ampere (A) sebagai satuan dasar (pokok) sehingga menjadi sistem mksa (meter-kilogram-sekon-ampere). Sistem satuan internasional, SI (*sisteme international* menurut bahasa Perancis) adalah versi modern dari sistem metrik melalui konvensi

internasional. Dengan sistem SI ini maka ada tujuh **besaran pokok** dan cukup banyak besaran lain yang dapat diturunkan dari besaran pokok yang disebut **besaran turunan**. Nama besaran, simbol besaran, satuan, simbol satuan, dan dimensi ketujuh besaran pokok tersebut dapat dinyatakan seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1.1.
Besaran Pokok dalam Fisika

Besaran pokok	Simbol Besaran	Satuan	Simbol Satuan	Dimensi
panjang	l	meter	m	$[L]$
massa	m	kilogram	kg	$[M]$
waktu	t	sekon	s	$[T]$
suhu	T	kelvin	K	$[\Theta]$
kuat arus listrik	i	ampere	A	$[I]$
intensitas cahaya	I	candela	cd	$[J]$
jumlah zat	n	mole	mol	$[N]$

Pemberian simbol besaran dan satuan di atas sifatnya adalah konvensi internasional yang disepakati. Sebenarnya kita boleh memilih simbol yang lain sejauh definisinya konsisten dengan sebuah simbol dan satuan yang digunakan. Simbol besaran fisis yang sering digunakan adalah berdasarkan huruf Yunani seperti tabel berikut ini.

Tabel 1.2.
Huruf-huruf Yunani dan Simbol Besaran Fisisnya

Huruf Yunani	Simbol (Huruf kecil)	Simbol (Huruf besar)
alpha	α	A
beta	β	B
chi	χ	X
delta	δ	Δ
epsilon	ε	E
eta	η	H
gamma	γ	Γ
iota	ι	I

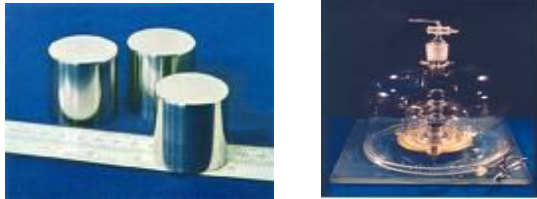
Huruf Yunani	Simbol (Huruf kecil)	Simbol (Huruf besar)
kappa	κ	K
lambda	λ	Λ
mu	μ	M
nu	ν	N
omega	ω	Ω
omicron	o	O
phi	ϕ	Φ
pi	π	Π
psi	ψ	Ψ
rho	ρ	P
sigma	σ	Σ
tau	τ	T
theta	θ	Θ
upsilon	υ	Y
xi	ξ	Ξ
zeta	ζ	Z

B. SATUAN STANDAR

Kita telah mengetahui akan perlunya satuan dalam menyatakan hasil pengukuran, demikian juga pilihan sistem satuan yang digunakan, namun kita perlu mendefinisikan satuan-satuan itu sendiri.

Satuan standar besaran sedapat mungkin didefinisikan dalam besaran-besaran di alam yang tidak berubah. Satuan standar panjang adalah meter, yang mula-mula ditetapkan oleh *French Academy of Sciences* pada tahun 1970-an. Satu meter standar mula-mula didefinisikan sebagai 1/10.000.000 dari jarak antara ekuator Bumi sampai salah satu kutubnya, dan sebatang platina dibuat untuk menunjukkan panjang ini. Pada tahun 1889, meter standar didefinisikan secara lebih seksama sebagai jarak antara dua tanda yang dipahatkan secara halus pada batang platina-iridium. Pada tahun 1960, untuk memberikan keseksamaan dan keterulangan lebih besar, meter didefinisikan ulang sebagai 1.650.763,73 panjang gelombang cahaya jingga yang dipancarkan oleh gas ^{86}Kr . Pada tahun 1983, meter didefinisikan ulang kembali sebagai panjang lintasan yang ditempuh oleh cahaya dalam hampa selama interval waktu 1/299,792,458 sekon.

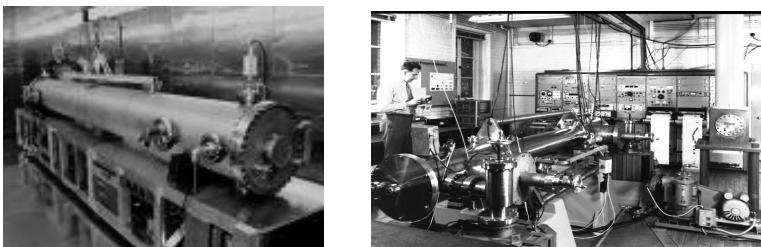
Satuan standar massa adalah kilogram (kg). Massa standar itu adalah silinder platina-iridium yang disimpan pada *International Bureau of Weights and Measures*, di Sevres, dekat Paris, Perancis, yang mempunyai massa tepat 1 kg. Gambar berikut ini adalah acuan baku untuk massa. Semua ukuran massa harus sesuai dengan acuan baku yang berlaku secara internasional.



Gambar 1.1.

Massa Standar, berupa silinder platinum iridium, yang disimpan di International Bureau of Weights and Measures, di Sevres Perancis.

Satuan standar waktu adalah sekon atau detik. Selama bertahun-tahun, sekon didefinisikan sebagai $1/86400$ hari surya rata-rata. Pada saat ini sekon didefinisikan secara lebih saksama dalam radiasi frekuensi radiasi gelombang-mikro yang dipancarkan oleh atom ^{133}Cs ketika melewati dua keadaan tertentu. Satu sekon didefinisikan sebagai durasi selama 9.192.631.770 kali periode radiasi yang berkaitan dengan transisi dari dua tingkat *hyperfine* dalam keadaan *ground state* dari atom cesium-133 pada suhu nol kelvin. Tentu saja, dalam satu menit terdapat 60 sekon dan dalam satu jam terdapat 60 menit atau 3600 sekon. Dalam satu hari terdapat 24 jam (atau secara lebih tepat 23,56 jam) dan dalam satu tahun terdapat 365,25 hari.



Gambar 1.2.

Satuan Waktu Standar dengan Menggunakan Jam Atom Cesium-133

Satuan standar arus listrik adalah ampere. Satu ampere adalah arus tetap yang mana jika dipasang dua penghantar sejajar lurus panjang tanpa batas, yang penampang-lintang lingkaranya diabaikan, dan ditempatkan 1 meter terpisah di dalam ruang hampa, akan dihasilkan antara konduktor ini suatu gaya sebesar 2×10^{-7} newton per meter di antara kedua kawat.

Satuan standar suhu adalah kelvin. Satu kelvin adalah satuan temperatur termodinamik, besarnya adalah fraksi $1/273.16$ dari temperatur termodinamik dari titik tripel air.

Satuan standar jumlah zat adalah mole. Satu mole adalah jumlah unsur suatu sistem yang mengandung sejumlah besaran dasar seperti atom di dalam 0,012 kilogram atom karbon-12.

Satuan standar Intensitas cahaya adalah candela. Satu candela merupakan intensitas cahaya yang dipancarkan radiasi monokromatik dari frekuensi 540×10^{12} Hz dari suatu bintang dengan daya $1/683$. Satu candela adalah intensitas cahaya, di dalam arah tertentu, dari suatu sumber yang memancarkan radiasi monokromatik berfrekuensi 540×10^{12} Hz dan mempunyai intensitas sinar langsung sebesar $1/683$ watt per steradian.

C. BESARAN TURUNAN

Besaran turunan adalah besaran fisis yang terdiri dari dua atau lebih besaran yang dapat diturunkan dari beberapa besaran pokok. Misalnya, besaran turunan kecepatan merupakan hasil bagi antara jarak dan waktu. Besaran turunan lain yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari, di antaranya percepatan, gaya, usaha, daya, momentum. Tabel berikut ini merupakan besaran yang diturunkan dari beberapa besaran pokok.

Tabel 1.3.
Beberapa Besaran Turunan yang Diturunkan dari Besaran Pokok

Besaran Turunan		Satuan Turunan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
luas	A	meter kuadrat	m ²
volume	V	meter kubik	m ³
kecepatan	v	meter per detik	m/s
percepatan	a	meter per detik kuadrat	m/s ²
momentum	p	kilogram meter per detik	kg m/s

Besaran Turunan		Satuan Turunan	
Nama	Simbol	Nama	Simbol
gaya	F	kilogram meter per detik kuadrat	kg m/s ²
Usaha/energi	W/E	kilogram meter kuadrat per detik kuadrat	kg m ² /s ²
bilangan gelombang	k	per meter	m ⁻¹
frekuensi	f	hertz	Hz
berat jenis	ρ	kilogram per meter kubik	kg/m ³
rapat arus listrik	J	ampere per meter kuadrat	A/m ²
kuat medan magnet	H	ampere per meter	A/m
daya	P	kilogram meter kuadrat per detik pangkat tiga	kg m ² /s ³

Contoh:

Tentukanlah satuan dari besaran turunan berikut ini.

1. Gaya
2. Energi potensial
3. Massa jenis zat cair
4. Tekanan
5. Momentum
6. Kecepatan.

Penyelesaian:

1. Satuan dari gaya adalah:

$$F = m \cdot a$$

$$= \text{kg m/s}^2.$$
2. Satuan dari energi potensial adalah:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m} = \text{kg m}^2/\text{s}^2.$$
3. Satuan dari massa jenis zat cair adalah:

$$\rho = m/V = \text{kg/m}^3.$$
4. Satuan dari tekanan adalah:

$$P = F/A = (\text{kg m/s}^2)/\text{m}^2 = \text{kg m}^3/\text{s}^2.$$
5. Satuan dari momentum adalah:

$$P = m \cdot v = \text{kg m/s}.$$
6. Satuan dari kecepatan adalah:

$$v = s/t = \text{m/s}.$$

Selain besaran di atas, ada juga besaran turunan yang diberi nama khusus, seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1.4.
Besaran Turunan dan Satuannya dengan Nama Khusus

Besaran Turunan	Simbol	Satuan Turunan			
		Nama	Simbol	Satuan (SI)	Satuan dalam Besaran Pokok
Beda potensial listrik	V	volt	V	W/A	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$
Energi, usaha	E, W	joule	J	N·m	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
Fluks magnet	Φ	weber	Wb	V·s	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
Frekuensi	f	hertz	Hz	-	s^{-1}
Gaya	F	newton	N	-	$\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
Hambatan listrik	R	ohm	Ω	V/A	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$
Induktansi diri	L	henry	H	Wb/A	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2}$
Kapasitansi	C	farad	F	C/V	$\text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$
Muatan listrik	Q	coulomb	C	-	$\text{s} \cdot \text{A}$
Rapat fluks magnet	B	tesla	T	Wb/m ²	$\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$
Sudut bidang	θ	radian	rad	-	$\text{m} \cdot \text{m}^{-1}$
Sudut ruang	Ω	steradian	sr	-	$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$
Tekanan	P	pascal	Pa	N/m ²	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Telah dijelaskan juga bahwa ada beberapa sistem satuan, yaitu mks, cgs, dan British. Tabel berikut ini adalah besaran fisis dan satuannya dalam sistem satuan yang berbeda.

Tabel 1.5.
Perbedaan Satuan Turunan dalam CGS dan SI

Besaran	Satuan Dalam CGS	Simbol	Satuan dalam SI	Simbol
Arus listrik	biot	Bi	10 amperes	<i>A</i>
Bilangan gelombang	kayser	k	100 per meter	<i>m⁻¹</i>
Energi Panas	calorie	cal	4,1868 joule	<i>J</i>
Fluks magnet	line	li	10 ⁻⁸ weber	<i>Wb</i>
Gaya	dyne	dyn	10 ⁻⁵ newton	<i>N</i>
Illuminasion	phot	ph	10 ⁴ lux	<i>lx</i>
Intensitas	lambert	Lb	3183,099 candelas per meter kuadrat	<i>cd·m⁻²</i>
Kuat medan magnet	oersted	Oe	79,577 472 ampere per meter	<i>A·m⁻¹</i>
Momen dipol listrik	debye	D	3,33564 x 10 ⁻³⁰ coulomb meter	<i>C·m</i>
Momen dipol magnet	emu	emu	0,001 ampere meter kuadrat	<i>A·m²</i>
Muatan listrik	franklin	Fr	3,3356 x 10 ⁻¹⁰ coulomb	<i>C</i>
Percepatan	galileo	Gal	0,01 meter per detik kuadrat	<i>m·s⁻²</i>
Permeabilitas	darcy	darcy	0,98692 x 10 ⁻¹² meter kuadrat	<i>m²</i>
Rapat fluks magnet	gauss	G	10 ⁻⁴ tesla	<i>T</i>
Tekanan	barye	ba	0,1 pascal	<i>Pa</i>
Usaha	erg	erg	10 ⁻⁷ joule	<i>J</i>
Viskositas dinamik	poise	<i>P</i>	0,1 pascal second	<i>Pa·s</i>

D. AWALAN UNTUK SATUAN

Dalam perhitungan-perhitungan fisika, kita sering melibatkan bilangan-bilangan yang sangat besar atau sangat kecil. Jika bilangan-bilangan itu disebutkan apa adanya maka akan terlalu panjang dan kurang efektif dalam melafalkannya.

Misalnya, apabila kita ingin menyatakan jarak tempuh sebuah mobil dalam waktu 17 menit adalah 72000 m. Dalam banyak hal angka 72000 m ini kurang efektif dalam penyebutannya. Akan lebih baik jika kita menyatakan bahwa jarak tempuh mobil tersebut adalah 72 km (km adalah kilometer, dengan kilo sebagai awalan). Dalam hal ini, kita dapat menyatakan angka 72000 m menjadi:

$$72000\text{ m} = 72 \times 10^3\text{ m} = 72\text{ km}$$

Hal lain yang tidak kalah pentingnya, yaitu jika kita ingin melaporkan hasil ukur ketebalan sehelai rambut melalui alat ukur mikrometer adalah 0,000002 m. Akan lebih baik jika kita laporkan bahwa tebal rambut tersebut adalah 2 μm , yang berasal dari konversi berikut ini:

$$0,000002\text{ m} = 2 \times 10^{-6}\text{ m} = 2\text{ }\mu\text{m}$$

Beberapa contoh tentang penyebutan dan penggunaan awalan yang sering digunakan dalam fisika di antaranya seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1.6.
Awalan dalam Besaran Fisis

Skala Kecil			Skala Besar		
Awalan	Simbol	Pangkat sepuluh	Awalan	Simbol	Pangkat sepuluh
centi	c	10^{-2}	hekto	h	10^2
milli	m	10^{-3}	kilo	k	10^3
micro	μ	10^{-6}	mega	M	10^6
nano	n	10^{-9}	giga	G	10^9
pico	p	10^{-12}	tera	T	10^{12}
femto	f	10^{-15}	peta	P	10^{15}
atto	a	10^{-18}	exa	E	10^{18}
zepto	z	10^{-21}	zetta	Z	10^{21}
yocto	y	10^{-24}	yotta	Y	10^{24}

Contoh:

Nyatakan besaran berikut ini pada awalan yang sesuai.

1. Ketebalan selembat kertas karton adalah 0,0023 m.
2. Waktu yang diperlukan elektron untuk tereksitasi adalah 0,000365 s.
3. Massa sebuah benda adalah 45.000 gr.
4. Frekuensi sebuah partikel cosmic adalah 21.000.000.000 Hz.

Penyelesaian:

1. $0,0023 \text{ m} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ m} = 2,3 \text{ mm}$.
2. $0,000000365 \text{ s} = 365 \times 10^{-9} \text{ s} = 365 \text{ ns}$.
3. $45.000 \text{ gr} = 45 \times 10^3 \text{ gr} = 45 \text{ kg}$.
4. $21.000.000.000 \text{ Hz} = 21 \times 10^9 \text{ Hz} = 21 \text{ GHz}$.

E. DIMENSI DAN ANALISIS DIMENSI

Kita telah mengetahui bahwa hampir seluruh besaran yang terdapat dalam fisika selalu dapat dinyatakan ke dalam tujuh besaran pokok. Ketujuh besaran pokok tersebut memiliki dimensi masing-masing adalah L untuk panjang, M untuk massa, T untuk waktu, Θ untuk temperatur, I untuk kuat arus listrik, J untuk intensitas cahaya, dan N untuk jumlah zat.

Dengan ketujuh dimensi dasar ini maka dimensi sembarang besaran dapat ditelusuri. Untuk dapat mengetahui dimensi suatu besaran turunan maka kita harus terlebih dahulu mengetahui formulasi dan satuan besaran fisis tersebut.

Jenis satuan untuk suatu besaran fisis disebut **dimensi**, sedangkan bagaimana cara untuk menentukan jenis satuan dari suatu besaran turunan dinamakan **analisis dimensional**. Jadi, melalui suatu analisis dimensional kita dapat menentukan jenis satuan dari suatu besaran turunan. Sebaliknya, jika jenis satuan suatu besaran fisis sudah diketahui maka kita dapat menentukan jenis besarannya.

Contoh:

Tentukanlah dimensi dari:

1. Percepatan.
2. Gaya.
3. Momentum.
4. Daya listrik.

Penyelesaian:

1. Dimensi dari percepatan:

$$[a] = \Delta v / \Delta t = (\text{m/s}) / \text{s} = \text{m/s}^2 = \text{L/T}^2 = \text{LT}^{-2}$$

2. Dimensi dari gaya:

$$[F] = m \cdot a = \text{kg} \cdot (\text{m/s}^2) = \text{M} \cdot (\text{L/T}^2) = \text{MLT}^{-2}$$

3. Dimensi dari momentum:

$$[p] = m \cdot v = \text{kg} \cdot (\text{m/s}) = \text{M} \cdot (\text{L/T}) = \text{MLT}^{-1}$$

4. Dimensi dari daya listrik:

$$[P] = W/t = (F \cdot s)/t = (\text{MLT}^{-2} \cdot \text{L})/\text{T} = \text{ML}^2\text{T}^{-3}$$

Melalui analisis dimensional dapat juga kita memeriksa kesahihan suatu formulasi yang menyatakan hubungan antara beberapa besaran. Oleh karena itu, dua buah besaran dapat dijumlahkan jika dimensinya sama. Demikian juga sebuah persamaan dalam fisika harus mempunyai dimensi yang sama pada kedua ruas persamaan, yaitu ruas kiri harus sama dimensinya dengan ruas kanan. Jadi, tidak masalah sistem satuan apapun yang digunakan dalam persamaan, asalkan hubungan matematis antar besaran-besaran terkait sudah benar secara dimensi. Oleh karena persamaan-persamaan yang digunakan dalam fisika harus benar secara dimensi maka dengan demikian analisis dimensi dapat digunakan untuk menguji apakah sebuah persamaan sudah benar, dan untuk memprediksi rumus suatu besaran fisis tertentu yang belum diketahui.

Contoh:

Buktikan bahwa persamaan berikut adalah benar melalui analisis dimensi!

$$v_t = v_0 + at$$

dengan v_t adalah kecepatan akhir, v_0 adalah kecepatan awal, a adalah percepatan, dan t adalah waktu.

Penyelesaian:

$$[v_t] = [v_0] + [a][t]$$

$$\text{m/s} = \text{m/s} + \text{m/s}^2 \cdot \text{s}$$

$$\text{LT}^{-1} = \text{LT}^{-1} + \text{LT}^{-2} \cdot \text{T}$$

$$\text{LT}^{-1} = \text{LT}^{-1} + \text{LT}^{-1} = 2 \text{LT}^{-1}$$

Kita lihat bahwa hanya berbeda faktor 2 maka dimensi kedua ruas adalah sama, yaitu LT^{-1} .

Kegunaan analisis dimensi juga dapat untuk memprediksi rumus tertentu, yang memberikan hubungan antarbesaran-besaran fisis. Pada dasarnya, sembarang besaran turunan (SI) Q misalnya, dapat dinyatakan dalam besaran-besaran yang lain.

$$Q \sim \alpha^a \beta^b \gamma^c L \dots \quad (1.1)$$

dengan a, b, c, \dots adalah bilangan-bilangan yang disebut *eksponen dimensi* yang harus ditentukan, dan $\alpha, \beta, \gamma, L \dots$ adalah besaran-besaran fisis lain yang ingin diasumsikan memberi kontribusi pada Q . Untuk dapat menentukan harga a, b, c, \dots kita perlu menyamakan dimensi antara kedua ruas persamaan pada ruas kiri dan ruas kanan.

Untuk menentukan nilai suatu besaran fisis yang memiliki hubungan dengan besaran fisis lainnya yang telah diketahui harganya maka kita harus terlebih dahulu mengetahui bentuk relasinya. Bentuk relasi persamaan tersebut biasa dinyatakan dengan suatu perumusan tertentu, baik berupa operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian maupun dengan operasi pemangkatan.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Sebuah mobil bergerak dengan kelajuan 72 km/h. Nyatakan kelajuan mobil tersebut dalam m/s!
- 2) Pintu sebuah jendela rumah akan dibuat dengan ketinggian 25,4 inci. Nyatakan ketinggian jendela dalam satuan cm dan m!
- 3) Kecepatan cahaya dalam vakum adalah 300.000 km/s. Nyatakanlah besaran tersebut dalam besaran dan satuan yang sesuai!
- 4) Tentukan satuan dan dimensi dari momentum sudut!
- 5) Dengan menggunakan analisis dimensi, tentukanlah rumus vibrasi sebuah benda dengan frekuensi vibrasi f dan massa m yang diikat oleh sebuah pegas dengan tetapan pegas k !

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Dalam hal ini, satuan km/jam akan dikonversi ke dalam satuan yang diinginkan, yaitu km ke dalam m dan jam ke dalam sekon.

$$v = 70 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \times \frac{10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- 2) Ketinggian jendela apabila dinyatakan dalam satuan cm dan m, yaitu:
 23,62 inci = 23,62 × 2,54 cm = 60 cm = 60 × 10⁻² m = 0,6 m
- 3) Kecepatan cahaya dalam vakum adalah:
 300.000 km/s = 300.000.000 m/s = 3 × 10⁸ m/s.
- 4) Momentum sudut L adalah merupakan perkalian antara jarak dengan momentum:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Satuan dari L = m . kg m/s = kg m²/s

Dimensinya momentum sudut adalah [L] = M L²T⁻¹.

- 5) Frekuensi vibrasi adalah banyaknya gerakan bolak-balik yang terjadi dalam waktu satu sekon. Jadi, dimensinya adalah seperdetik [f] = T⁻¹. Sedangkan konstanta pegas k mempunyai dimensi [k] = MT⁻². Jika diasumsikan bahwa hubungan persamaan tersebut adalah f ∝ m^ak^b maka analisis dimensi untuk persamaan tersebut adalah sebagai berikut.
 [f] = [m]^a [k]^b atau T⁻¹ = M^a M^b T^{-2b} = M^{a+b} T^{-2b}
 Bandingkan kedua ruas sehingga diperoleh hubungan berikut ini.
 M⁰ = M^{a+b} atau a + b = 0 , T⁻¹ = T^{-2b} atau -1 = - 2b atau b = ½
 apabila b = ½ maka a = - ½. Jadi,

$$f \sim m^{\frac{1}{2}} \times k^{-\frac{1}{2}} \sim \sqrt{\frac{m}{k}} = c \sqrt{\frac{m}{k}}$$

di mana c adalah konstanta kesebandingan yang dapat ditentukan melalui eksperimen.



RANGKUMAN

Besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur dan dapat dinyatakan dengan suatu angka tertentu. Pengukuran besaran fisis dapat mencakup berbagai besaran seperti panjang, waktu, temperatur, kuat arus listrik, kecepatan, percepatan, gaya, dan masih banyak besaran fisis yang lainnya, di mana setiap besaran fisis selalu disertai dengan satuan yang bersesuaian dengan nilai besaran fisis itu dinyatakan.

Ditinjau dari satuannya, besaran dalam fisika terdiri dari besaran pokok dan besaran turunan. Besaran pokok adalah suatu besaran dasar yang bersifat tunggal dan dapat berdiri sendiri, sedangkan besaran turunan adalah suatu besaran fisis yang diturunkan dari beberapa besaran pokok.

Besaran pokok dalam fisika terdiri dari tujuh buah besaran yang disepakati menurut sistem satuan internasional, yaitu panjang, massa, waktu, kuat arus listrik, intensitas cahaya, suhu, dan jumlah mol zat.

Satu meter standar didefinisikan sebagai panjang lintasan yang ditempuh oleh cahaya dalam hampa selama interval waktu $1/299,792,458$ sekon.

Satuan standar massa adalah kilogram (kg). Massa standar itu adalah silinder platina-iridium yang disimpan pada International Bureau of Weights and Measures, di Sevres, dekat Paris, Perancis, yang mempunyai massa tepat 1 kg.

Satuan standar waktu adalah sekon atau detik. Satu sekon didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan oleh radiasi ini untuk bergetar 9.192.631.770 kali. Tentu saja, dalam satu menit terdapat 60 sekon dan dalam satu jam terdapat 60 menit atau 3600 sekon. Dalam satu hari terdapat 24 jam (atau secara lebih tepat 23,56 jam) dan dalam satu tahun terdapat 365,25 hari.

Satuan standar arus listrik adalah ampere. Satu ampere adalah arus konstan yang jika dijaga dalam dua konduktor lurus sejajar panjang tak hingga, dengan tampang lintang lingkaran diabaikan, terpisah 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa, akan menghasilkan gaya 2×10^{-7} Newton per meter di antara kedua kawat.

Satuan standar suhu adalah kelvin. Satu kelvin adalah satuan temperatur termodinamik, besarnya adalah fraksi $1/273,16$ dari temperatur termodinamik dari titik tripel air.

Satuan standar jumlah zat adalah mol. Satu mol adalah jumlah unsur dari suatu sistem yang berisi beberapa satuan dasar seperti atom karbon 12 terdapat massa sebesar 0,012 kg.

Satuan standar Intensitas cahaya adalah candela. Satu candela merupakan intensitas cahaya yang dipancarkan radiasi monokromatik dari frekuensi 540×10^{12} Hz dari suatu bintang dengan daya $1/683$ watt persteradian.

Besaran turunan adalah besaran fisis yang terdiri dari dua atau lebih besaran yang dapat diturunkan dari beberapa besaran pokok. Misalnya, besaran turunan kecepatan merupakan hasil bagi antara jarak dan waktu.

Hampir seluruh besaran yang terdapat dalam fisika selalu dapat dinyatakan ke dalam tujuh besaran pokok. Ketujuh besaran pokok tersebut memiliki dimensi masing-masing adalah L untuk panjang, M untuk massa, T untuk waktu, Θ untuk temperatur, I untuk kuat arus listrik, J untuk intensitas cahaya, dan N untuk jumlah zat.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Massa jenis sebuah benda adalah $1,2 \text{ gr/cm}^3$. Besarnya massa jenis benda tersebut jika dinyatakan dalam satuan mks adalah
 - A. $1,2 \text{ kg/m}^3$
 - B. 12 kg/m^3
 - C. 120 kg/m^3
 - D. 1200 kg/m^3
- 2) Harga pengukuran $0,00000275 \text{ m}$ jika dinyatakan dalam satuan yang bersesuaian adalah
 - A. $2,75 \text{ mm}$
 - B. $2,75 \mu\text{m}$
 - C. 275 nm
 - D. 275 pm
- 3) Newton sekon adalah merupakan satuan dari
 - A. energi
 - B. daya
 - C. gaya
 - D. momentum
- 4) Satuan dari kuat medan listrik yang benar adalah
 - A. J/C
 - B. C/s
 - C. N/C
 - D. J/s

- 5) Satuan ampere sekon dalam ilmu kelistrikan adalah merupakan bentuk lain dari satuan
 - A. joule
 - B. newton
 - C. candela
 - D. coulomb

- 6) Besaran berikut yang merupakan besaran skalar adalah
 - A. kelajuan, massa, dan waktu
 - B. massa, kecepatan, dan momentum
 - C. waktu, jarak, dan percepatan
 - D. momentum, waktu, dan gaya

- 7) Besarnya energi yang dimiliki oleh suatu benda persatu satuan waktu dikenal sebagai
 - A. daya
 - B. momentum
 - C. usaha
 - D. percepatan

- 8) Kelompok besaran berikut ini yang merupakan kelompok besaran turunan adalah
 - A. daya, kuat arus, suhu, dan usaha
 - B. kecepatan, percepatan, gaya, dan momentum
 - C. usaha, massa, waktu, dan percepatan
 - D. panjang, lebar, luas, dan kecepatan

- 9) $ML^2T^{-3}I^{-1}$ adalah merupakan dimensi dari
 - A. daya listrik
 - B. tegangan listrik
 - C. energi listrik
 - D. hambatan listrik

- 10) Besarnya kecepatan akhir sebuah benda yang menempuh jarak x dengan percepatan tertentu dapat dirumuskan sebagai $v_t^2 = v_0^2 + \frac{k}{xt}$. Jika v_0 kecepatan awal, k suatu konstanta, x jarak, dan t waktu maka dimensi dari k dengan menggunakan analisis dimensional adalah
- A. $L^{-1}T^{-2}$
 - B. $L^{-2}T^{-3}$
 - C. L^2T^{-2}
 - D. L^3T^{-1}

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$
--

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kegiatan Belajar 2

Pengukuran dan Alat Ukur

Pengukuran adalah suatu kegiatan yang dilakukan terhadap suatu objek tertentu dengan menggunakan alat ukur yang bersesuaian dengan objek yang diukur. Jadi, mengukur adalah membandingkan suatu objek yang akan diukur dengan suatu alat yang dianggap sebagai ukuran standar. Alat ukur yang digunakan haruslah memperhatikan nilai objek yang akan diukur agar sesuai dengan peruntukannya. Misalnya, apabila kita ingin mengukur lebar sebuah buku tulis maka alat ukur yang tepat digunakan adalah mistar atau penggaris. Sebaliknya, mengukur ketebalan sehelai rambut misalnya, jika alat ukur yang digunakan penggaris maka hasil yang akan diperoleh tidak akan sah, jadi yang paling tepat digunakan adalah mikrometer.

Pengukuran besaran fisis dalam fisika dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Pengukuran langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat langsung hingga diperoleh besaran fisis yang dikehendaki secara langsung pula. Misalnya, untuk mengukur besarnya kuat arus listrik yang mengalir melalui suatu rangkaian tertutup dapat digunakan alat amper meter, sedangkan pengukuran tidak langsung, yaitu pengukuran suatu besaran yang diperoleh melalui besaran lain, misalnya untuk mengukur besarnya percepatan gravitasi bumi di suatu tempat di atas permukaan bumi, kita tidak dapat melakukannya secara langsung tetapi melalui pengukuran panjang tali dan periode dalam suatu percobaan bandul matematis.

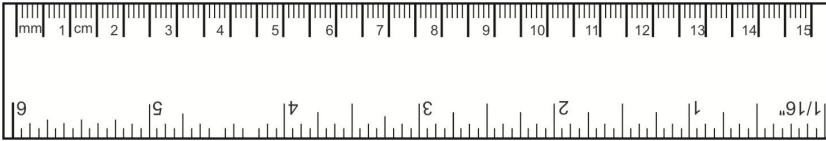
Pada kegiatan belajar ini, kita akan membahas secara terbatas bagaimana cara menggunakan alat ukur yang sesuai untuk pengukuran panjang, waktu, dan massa. Kemudian akan dilanjutkan dengan penulisan hasil pengukuran baik secara langsung maupun melalui perhitungan.

A. PENGUKURAN PANJANG

1. Penggaris

Penggaris atau mistar selain dapat digunakan untuk mengukur panjang/lebar suatu benda juga dapat digunakan untuk menggambar suatu garis. Terdapat berbagai macam tipe dan bentuk penggaris, mulai dari yang bentuknya lurus sampai dengan yang berbentuk segitiga, baik segitiga sama

kaki maupun segitiga siku-siku. Apabila dilihat dari jenis dan bahannya, penggaris dapat dibuat dari plastik, logam maupun yang terbuat dari kayu.



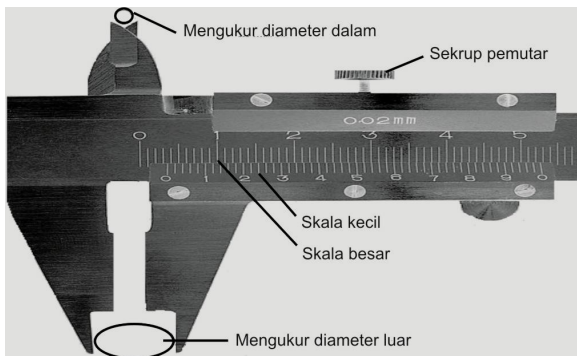
Gambar 1.3.
Alat Ukur Penggaris

Pembacaan pada alat ukur ini kurang teliti dibandingkan dengan mikrometer dan jangka sorong. Kelebihannya adalah dapat digunakan untuk mengukur objek yang jauh lebih panjang. Skala terkecil dari penggaris adalah 1 mm, dengan ketelitian setengah dari skala terkecilnya, yaitu 0,5 mm atau 0,05 cm.

2. Jangka Sorong

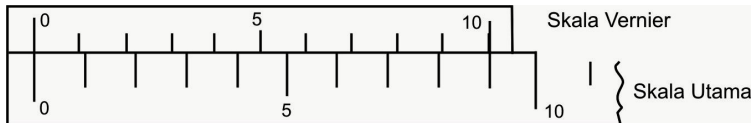
Alat ukur jangka sorong (vernier) ini berasal dari seorang matematikawan berkebangsaan Perancis, yaitu Pierre Vernier pada tahun 1631. Pierre Vernier adalah seorang ilmuwan yang menemukan alat ini dan Dia bergerak dalam penelitian mengenai prinsip-prinsip pengukuran.

Jangka sorong yang ada saat ini sudah beraneka ragam baik yang digital maupun yang biasa (analog). Berikut adalah gambar dan bentuk dari jangka sorong beserta bagian-bagiannya.



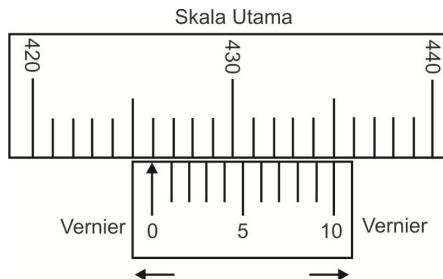
Gambar 1.4.
Jangka Sorong dan Bagian-bagiannya

Dengan jangka sorong kita dapat mengukur diameter sebuah pipa, baik diameter bagian dalam ataupun bagian luar. Kedalaman suatu bejana pun dapat diukur. Jangka sorong mempunyai dua bagian skala, yaitu skala utama dan skala vernier. Jika diperhatikan maka 10 bagian dari skala vernier akan tepat berimpit dengan 9 bagian dari skala utama.



Gambar 1.5.
9 Bagian Skala Utama Berimpit dengan 10 Bagian Skala Vernier

Pembacaan pada jangka sorong secara umum tekniknya sama dengan pembacaan pada mikrometer. Barangkali hanya besar kecilnya skala yang berbeda. Gambar berikut ini adalah berbagai kemungkinan pembacaan pada jangka sorong.

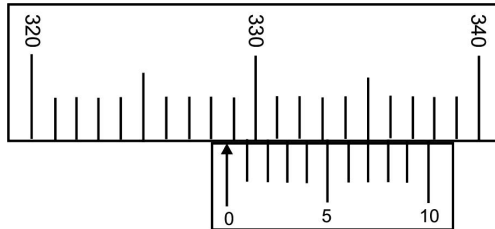


Gambar 1.6.
Pembacaan Jangka Sorong

Vernier dapat digeser ke kiri dan ke kanan secara bebas mengikuti ketebalan objek yang akan diukur. Pada kedudukan ini maka pembacaannya adalah 426 tepat (dalam sembarang satuan yang digunakan). Kita lihat lebih teliti maka jarak pisah antar garis pada vernier tidak sama dengan jarak pisah pada skala utama. Garis nol pada vernier adalah segaris pada angka 426 pada skala utama, namun garis 10 pada vernier segaris dengan angka 435 pada skala. Jadi, jarak pisah pada vernier adalah 90% dari jarak pisah pada skala.

Contoh:

Tentukanlah skala yang ditunjukkan oleh jangka sorong berikut ini.

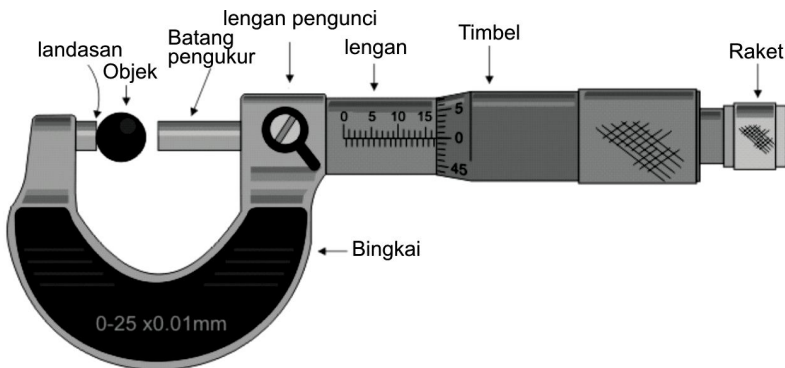


Penyelesaian:

Kita lihat pada gambar pertama, penunjuk skala utama berada pada angka antara 328,5 dan 329, sedangkan pada vernier yang segaris dengan salah satu garis pada skala utama adalah garis 7. Ini berarti pembacaan yang ditunjukkan oleh jangka sorong adalah 328,7.

3. Mikrometer

Mikrometer merupakan sebuah alat yang dapat digunakan untuk mengukur suatu benda yang berukuran kecil. Alat ini banyak digunakan di laboratorium fisika, misalnya untuk mengukur ketebalan sehelai rambut, mengukur diameter sebuah kawat, tebal kaca. Berikut ini adalah sebuah gambar mikrometer lengkap dengan nama-nama tiap bagian dari alat tersebut.

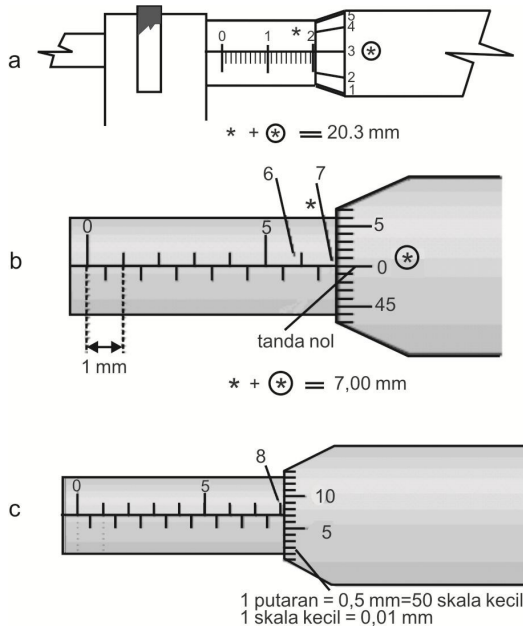


Gambar 1.7.
Mikrometer

Timbel pada mikrometer, dapat diputar maju mundur sesuai dengan tebal-tipisnya objek yang akan diukur. Pada badan timbel terdapat garis-garis yang menunjukkan skala pembacaan. Satu putaran penuh timbel terdiri dari 50 skala yang bersesuaian dengan ketebalan suatu objek setengah milimeter.

Contoh:

Tentukanlah ukuran suatu objek apabila kondisi mikrometer menunjukkan seperti gambar berikut ini.



Penyelesaian:

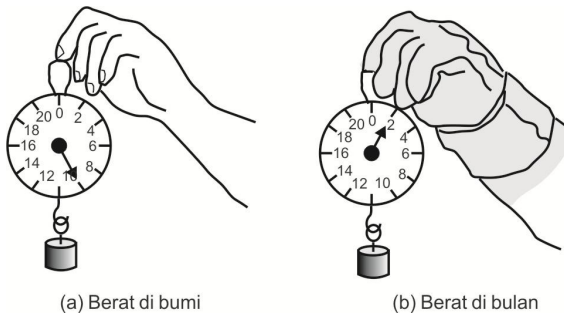
- Skala utama pada mikrometer menunjukkan angka 2 yang berarti 20 mm, sedangkan skala pada timbel yang sejajar dengan skala utama adalah angka 3. Oleh karena itu, ukuran objek tersebut adalah 20,3 mm.
- Skala utama pada mikrometer menunjukkan angka 7 yang berarti 7 mm, sedangkan skala pada timbel yang sejajar dengan skala utama adalah angka 0. Oleh karena itu, ukuran objek tersebut adalah 7,00 mm.
- Skala utama pada mikrometer menunjukkan angka 8 yang berarti 8 mm, sedangkan skala pada timbel yang sejajar dengan skala utama adalah angka 7. Oleh karena itu, ukuran objek tersebut adalah 8,07 mm.

B. PENGUKURAN MASSA

Massa merupakan konsep utama dalam mekanika klasik dan objek lain yang berhubungan. Massa adalah salah satu sifat fisis dari suatu benda, yang secara umum dapat digunakan untuk menggambarkan banyaknya materi yang terdapat dalam suatu benda. Dalam Sistem Internasional, massa diukur dalam satuan kg. Alat yang digunakan untuk mengukur massa biasanya adalah timbangan atau neraca. Tidak seperti berat, massa di setiap tempat selalu sama. Misalnya, massa kita ketika berada di bumi dan berada di bulan adalah sama, akan tetapi berat kita di bumi dan di bulan sudah pasti akan berbeda. Jadi secara fisika, ada perbedaan mendasar antara berat dan massa. Hubungan antara massa dan berat adalah berat (W) merupakan hasil kali antara massa (m) dan percepatan gravitasi bumi (g), yaitu:

$$W = mg \quad (1.2)$$

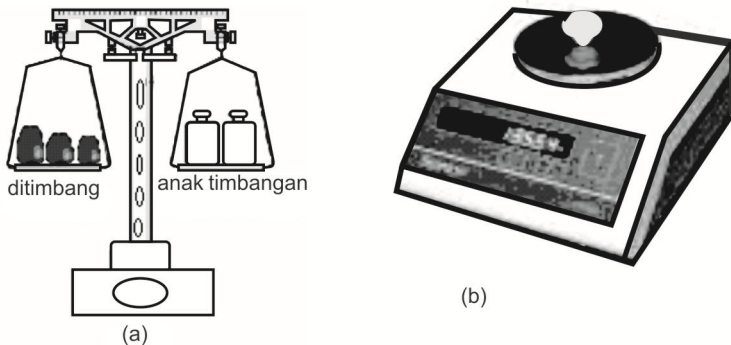
Massa seseorang akan selalu sama di manapun dia berada, akan tetapi berat orang tersebut akan berbeda untuk satu tempat dengan tempat yang lain karena pengaruh gravitasi yang berbeda-beda. Sebagai contoh, berat orang di kutub akan lebih besar dari pada beratnya di khatulistiwa. Mirip dengan hal itu, berat suatu benda di atas permukaan laut akan lebih besar daripada beratnya pada puncak gunung yang tinggi. Hal ini disebabkan karena percepatan gravitasi di kutub lebih besar daripada di katulistiwa dan percepatan gravitasi di atas permukaan laut lebih besar dari pada di tempat yang lebih tinggi, sebab jaraknya ke pusat bumi lebih jauh.



Gambar 1.8.

Pengukuran berat dari massa yang sama (a) di bumi, (b) di bulan. Berat benda di bumi lebih besar dibanding di bulan seperti terlihat pada alat.

Ada banyak jenis-jenis alat ukur massa, yang penggunaannya bergantung pada besar kecil ukuran dan berat benda yang mau diukur. Salah satu alat ukur massa yang sering saudara jumpai sehari-hari adalah **timbangan**, seperti terlihat pada gambar berikut ini.



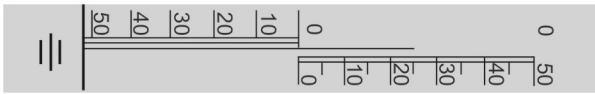
Gambar 1.9.
Alat Ukur Massa/Berat (a) Timbangan lengan, (b) Timbangan digital

C. PENGUKURAN WAKTU

Waktu dapat diukur dengan menggunakan bermacam-macam alat ukur waktu, di antaranya arloji dan *stopwatch*. Alat ini juga ada yang model analog dan ada juga yang model digital.

D. PENGUKURAN SUHU

Termometer adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur suhu. Istilah termometer berasal dari bahasa Latin *thermo* yang berarti panas dan *meter* yang berarti mengukur. Prinsip kerja termometer ada bermacam-macam, yang paling umum digunakan adalah termometer air raksa. Ada bermacam-macam jenis termometer menurut cara kerjanya, yaitu termometer air raksa, termokopel, termometer inframerah, termometer Galileo, termistor, termometer bimetal mekanik.



Gambar 2.10.
Termometer

Termometer air raksa adalah termometer yang dibuat dari air raksa yang ditempatkan pada suatu tabung kaca. Tanda yang di kalibrasi pada tabung membuat temperatur dapat dibaca sesuai panjang air raksa di dalam gelas dan bervariasi sesuai dengan suhu. Untuk meningkatkan ketelitian, biasanya ada bohlam air raksa pada ujung termometer yang berisi sebagian besar air raksa; pemuain dan penyempitan volume air raksa kemudian dilanjutkan ke bagian tabung yang lebih sempit. Ruangan di antara air raksa dapat diisi atau dibiarkan kosong. Sebagai pengganti air raksa, beberapa termometer mengandung alkohol dengan tambahan berwarna merah.

Jenis khusus termometer air raksa, disebut termometer maksimum, bekerja dengan adanya katup pada leher tabung dekat bohlam. Saat suhu naik, air raksa didorong ke atas melalui katup oleh gaya pemuain. Saat suhu turun air raksa tertahan pada katup dan tidak dapat kembali ke bohlam yang membuat air raksa tetap di dalam tabung. Selanjutnya, kita dapat membaca temperatur maksimum selama waktu yang telah ditentukan. Untuk mengembalikan fungsinya, termometer harus diayunkan dengan cara mengipas-ngipaskan ujungnya.

Air raksa akan membeku pada suhu $-38,83^{\circ}\text{C}$ dan hanya dapat digunakan pada suhu di atasnya. Air raksa, tidak seperti air, tidak mengembang saat membeku sehingga tidak memecahkan tabung kaca, membuatnya sulit diamati ketika membeku. Jika termometer mengandung nitrogen, gas mungkin mengalir turun ke dalam kolom dan terjebak di tempat tersebut ketika temperatur naik. Jika ini terjadi termometer tidak dapat digunakan hingga kembali ke kondisi awal. Untuk menghindarinya, termometer air raksa sebaiknya dimasukkan ke dalam tempat yang hangat saat temperatur di bawah -37°C . Termometer air raksa umumnya menggunakan skala suhu Celsius dan Fahrenheit. Anders Celsius merumuskan skala Celsius, yang dipaparkan pada publikasinya "the origin of the Celsius temperature skala" pada tahun 1742. Celsius memakai dua titik penting pada skalanya: suhu saat es mencair dan suhu penguapan air.

E. CARA MELAPORKAN HASIL PENGUKURAN

Dalam sebuah eksperimen di mana tujuan pokoknya adalah melakukan pengukuran-pengukuran untuk memperoleh data, tentu saja langkah berikutnya setelah data tersebut di peroleh adalah mengerjakan pengolahan data. Pada tahap pengolahan data hasil pengukuran ini, harus dilakukan perhitungan-perhitungan yang melibatkan proses reduksi data. Reduksi data di sini, artinya dari banyak data yang diperoleh lewat pengukuran barangkali hanya memerlukan beberapa data akhir saja yang diperoleh melalui suatu perhitungan atau formulasi. Kemudian untuk dapat melaksanakan reduksi data dengan baik maka Anda harus memperhatikan ketidakpastian dari masing-masing variabel fisis yang terlibat, memperhatikan apakah perhitungan-perhitungan yang dilakukan sudah memenuhi kaidah-kaidah angka penting, serta bagaimana ketidakpastian masing-masing variabel fisis diperhitungkan.

1. Aturan Melaporkan Hasil Ukur

Suatu hasil pengukuran x seharusnya dinyatakan beserta ketidakpastian, yaitu $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$ satuan dalam bentuk ralat mutlak atau dapat juga dituliskan dengan $x = \bar{x} \text{ satuan} \pm \% \Delta x$ dalam bentuk ralat relatif. Di mana \bar{x} adalah nilai rata-rata besaran fisis dari sejumlah pengukuran ulang atau hasil pengukuran tunggal terbaik yang dapat kita peroleh, sedangkan Δx adalah ketidakpastian pengukuran yang menggambarkan simpangan hasil pengukuran kita dari nilai benar. Dalam hal ini, untuk menyatakan baik \bar{x} maupun Δx , terutama untuk besaran fisis yang tidak dapat diperoleh secara langsung, misalnya diperoleh melalui perhitungan rumus maka Anda perlu memperhatikan konsep angka penting dan metode perambatan ralat. Mengapa demikian? Jawabannya adalah suatu hasil ukur yang kita tuliskan dengan $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$, sekaligus menyatakan tingkat ketelitian alat ukur atau hasil ukur. Sebagai contoh, apabila kita ingin menghitung nilai tahanan R dengan rumus hukum Ohm $R = V/I$ dengan masukan nilai $V = (100 \pm 1)$ volt dan $I = (3,0 \pm 0,1)$ A maka dengan kalkulator dapat dihitung bahwa $R = 33,3333333333 \Omega$ sampai digit terakhir yang dapat ditampilkan oleh kalkulator. Apabila kita tuliskan hasilnya seperti itu tentu saja ini tidak logis karena ketelitian dari nilai tegangan (V) dan arus (I) itu sendiri tidak sampai 2 digit di belakang tanda koma. Oleh karena itu, penting sekali mengetahui aturan untuk menuliskan suatu hasil ukur, yaitu sebagai berikut.

- a. Ketidakpastian pengukuran biasanya menyertakan hanya sampai satu angka yang paling meragukan di belakang tanda koma.
- b. Angka penting paling akhir dari hasil seluruhnya biasanya mempunyai orde sama (dalam posisi desimal yang sama) dengan ketidakpastian.

Contoh:

Tuliskanlah hasil sebuah pengukuran bila menghasilkan nilai terbaik 213,42 satuan dengan ketidakpastian:

- a. 0,3 satuan.
- b. 3 satuan
- c. 30 satuan.

Penyelesaian:

- a. Menurut poin pertama aturan di atas ketidakpastian 0,3 berarti angka 3 adalah angka yang paling meragukan dan menurut poin dua seharusnya hasil dilaporkan dengan $x = (213,4 \pm 0,3)$ satuan.
- b. Dengan cara yang sama diperoleh $x = (213,4 \pm 3)$ satuan.
- c. Dengan cara yang sama diperoleh $x = (213,4 \pm 30)$ satuan.

2. Aturan Konversi

Jika sebuah hasil pengukuran tidak menyertakan ketidakpastian maka dimaknai bahwa untuk hasil ukur $\bar{x} = 1,27$ satuan misalnya, mengandung arti bahwa nilai x berada dalam interval $(1,265 \leq x \leq 1,275)$ satuan, yaitu $x = (1,270 \pm 0,005)$ satuan.

Contoh:

Sebuah pengukuran panjang menghasilkan nilai terbaik 27,6 cm. Apakah makna dari pengukuran hasil ini?

Penyelesaian:

Interval dari hasil pengukuran tersebut kira-kira adalah $(27,55 \leq L \leq 27,65)$ cm, yaitu nilai benar pengukuran berada dalam selang ini.

3. Angka Penting

Untuk menghindari kekeliruan sebaiknya setiap menyatakan suatu hasil pengukuran jangan lupa untuk menyertakan nilai ketidakpastian pengukuran. Selanjutnya, yang perlu diketahui adalah apakah *angka penting* itu? Sebuah pengukuran akan menghasilkan hasil ukur dengan sejumlah digit tertentu. Banyaknya digit yang masih dapat dipercaya disebut dengan angka penting. Berapa jumlah angka penting dalam setiap pengukuran? Jawabnya adalah tergantung pada presisi dari sebuah alat ukur. Makin tinggi ketepatan hasil pengukuran maka makin banyak pula jumlah angka penting yang dapat dituliskan dalam melaporkan hasil ukur. Dalam menuliskan hasil ukur $x = \bar{x} \pm \Delta x$ maka angka yang dilaporkan seharusnya merupakan angka penting, sedangkan angka yang bukan angka penting perlu kiranya untuk dibuang. Berkaitan dengan konsep angka penting maka ada aturan-aturan yang perlu diperhatikan, yaitu sebagai berikut.

- a. Banyaknya angka penting dihitung dari kiri sampai angka paling kanan dengan mengabaikan tanda desimal.
- b. Angka penting mencakup angka yang diketahui dengan pasti maupun satu angka pertama yang paling meragukan atau tidak pasti. Angka selanjutnya yang meragukan tidak perlu disertakan lagi dalam menuliskan hasil ukur.
- c. Semua angka bukan nol adalah angka penting.
- d. Angka nol di sebelah kiri angka bukan nol pertama paling kiri tidak termasuk angka penting.
- e. Angka nol di antara angka bukan nol adalah termasuk angka penting.
- f. Angka di ujung kanan dari suatu bilangan namun di kanan tanda koma adalah angka penting.
- g. Angka nol di ujung kanan seluruh bilangan adalah angka penting, kecuali bila sebelum angka nol terdapat garis bawah.
- h. Untuk menghindari kesalahan penafsiran sebaiknya untuk hasil ukur dengan jumlah digit banyak/besar sebaiknya dinyatakan dalam notasi ilmiah $x = \bar{x} \pm \Delta x \cdot 10^n$ satuan.

Contoh:

Pengukuran panjang sebuah benda menggunakan alat dengan skala terkecil 1 mm, tunjukkanlah angka yang meragukan dari alat tersebut!

Penyelesaian:

Skala terkecil alat adalah 1 mm sehingga angka yang meragukan adalah angka kedua setelah koma jika hasil ukur dinyatakan dalam cm sedang angka pasti adalah digit pertama setelah angka koma (sesuai skala terkecil alat). Oleh karena itu, sebuah pengukuran panjang untuk alat ukur dengan skala terkecil 1 mm, misalnya dinyatakan dengan $L = (21,43 \pm 0,03)$ cm mempunyai empat buah angka penting, yaitu 2, 1, 4, dan 3. Tidak dapat diterima jika kita menuliskan dengan $L = (21,43 \pm 0,025)$ cm karena tidak sesuai dengan batas ketelitian alat.

4. Aturan Angka Penting untuk Perhitungan

Pada hasil pengukuran diperoleh nilai 15, 25, dengan perincian 1, 5, 2 adalah angka pasti, sedangkan angka berikutnya 5 adalah angka yang meragukan. Namun, 15,25 adalah angka penting (empat buah digit) yang dapat digunakan untuk melaporkan hasil ukur. Selanjutnya, pertanyaan yang seharusnya diajukan adalah, bagaimana kita dapat menghitung banyaknya angka penting yang boleh kita sertakan untuk hasil perhitungan? Apabila kita ingin menghitung nilai suatu hambatan $R = \frac{V}{I}$ seperti pada kasus yang disampaikan di atas, di mana masing-masing V dan I diketahui jumlah angka pentingnya, bagaimana kita menuliskan hasil R ?

Tidak semua besaran fisis dapat diukur langsung nilainya dengan alat ukur. Sering kita harus menghitung nilainya dari rumus. Sebagai contoh jika alat yang kita miliki voltmeter dan amper meter maka untuk mengetahui nilai tahanan R harus kita hitung terlebih dahulu dengan rumus menggunakan

hukum Ohm $V=IR$ yaitu $R = \frac{V}{I}$. Contoh lain yang lebih baik untuk

menggambarkan pentingnya konsep angka penting adalah pengukuran luas bidang. Apabila sebuah lingkaran dapat diukur diameternya menghasilkan

$d = 7,9$ mm, berapakah luas lingkaran tersebut? Dengan rumus $A = \frac{\pi d^2}{4}$ jika

dihitung dengan kalkulator menghasilkan $A = 62,21138852$ mm. Ada hal yang mengganggu di sini? Diameter d mempunyai dua buah angka penting sedangkan luas A mempunyai 10 buah angka penting dan ini tentu saja tidak betul. Oleh karena itu, diperlukan aturan berkaitan dengan cara menuliskan angka penting dari hasil perhitungan.

a. Pembagian dan perkalian

Hasil hitung seharusnya mempunyai jumlah angka penting satu lebih banyak dari bilangan terkecil yang memuat angka yang masih dapat dipercaya.

Contoh:

Apabila $z = x \cdot y$, dengan $x = 3,7$ dan $y = 3,01$ maka hitunglah harga z !

Penyelesaian:

$$\begin{array}{rcl}
 z = x \cdot y & 3,7 & \text{(bilangan terkecil dengan dua angka penting)} \\
 & 3,01 & \text{(bilangan terbesar dengan tiga angka penting)} \\
 \hline
 & 11,137 & \text{(lima angka penting)}
 \end{array}$$

Dengan aturan di atas maka hasilnya akan mempunyai $2 + 1 = 3$ angka penting. Hasilnya setelah dilakukan pembulatan adalah $z = 11,1$.

b. Penjumlahan dan pengurangan

Hasil hitung untuk penjumlahan dan pengurangan seharusnya mempunyai jumlah angka “desimal” yang sama dengan bilangan yang mengandung jumlah angka desimal paling sedikit.

Contoh:

Apabila $z = x + y$, untuk $x = 10,26$ dan $y = 15,1$ maka carilah nilai z tersebut!

Penyelesaian:

$$\begin{array}{rcl}
 z = x + y, & 10,26 & \text{(dua angka desimal)} \\
 & 15,1 & \text{(satu angka desimal)} \\
 \hline
 & 25,36 & \text{(dua angka desimal)}
 \end{array}$$

Dari hasil perhitungan ini maka hasilnya dapat dinyatakan sebagai $z = 25,4$ (tiga angka desimal).

5. Aturan Pembulatan Angka

Pada contoh di atas kita telah melakukan pembulatan supaya memenuhi aturan penulisan yang sesuai dengan aturan penulisan angka penting. Untuk dapat menerapkan pembulatan maka aturan pembulatan angka ditetapkan sebagai berikut.

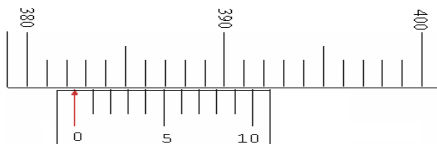
- Apabila pecahan/desimal $< \frac{1}{2}$ maka bilangan dibulatkan ke bawah,
contoh 4,23 dapat dibulatkan menjadi 4,2.
- Apabila pecahan/desimal $> \frac{1}{2}$ maka bilangan dibulatkan ke atas *contoh 3,68 dapat dibulatkan menjadi 3,7.*
- Apabila pecahan/desimal sama dengan $\frac{1}{2}$ maka bilangan tersebut dibulatkan ke atas jika bilangan di depannya ganjil dan dibulatkan ke bawah jika bilangan di depannya genap.



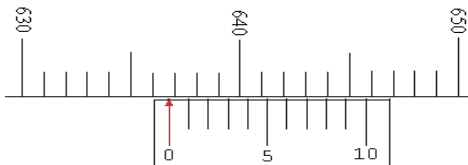
LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

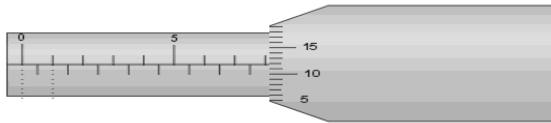
- Tentukan pembacaan yang ditunjukkan jangka sorong berikut ini.



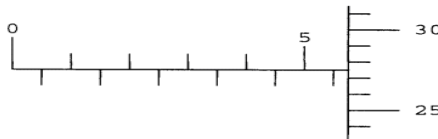
- Tentukan harga pembacaan yang diperlihatkan jangka sorong berikut ini dengan ketidakpastiannya.



- 3) Berapakah pembacaan pada mikrometer berikut ini.



- 4) Tentukan pembacaan pada mikrometer untuk posisi berikut:



- 5) Berapa buah angka penting yang terdapat pada bilangan-bilangan berikut ini.
 (a) 60,0 (b) 0,2070 (c) $1,3 \times 10^8$ (d) 0,00602
- 6) Bulatkan angka berikut ini sampai dengan satu angka desimal!
 (a) 243,52 (b) 30,092

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Skala utama menunjukkan angka antara 382 dan 383, sedangkan skala vernier menunjukkan angka 4 yang garisnya persis sejajar dengan skala utama. Jadi, pembacaan yang ditunjukkan oleh jangka sorong adalah 382,04.
- 2) Pembacaan pada gambar kedua adalah antara 636,5 dan 637,0. Kita lihat garis pada vernier yang segaris dengan garis pada skala utama adalah garis angka 7. Jadi, bacaan kira-kira adalah 636,7. Namun, sebenarnya angka 7 masih di bawah garis pada skala utama, jadi sebenarnya kita boleh menduga hasil ukur yang diterima adalah $636,73 \pm 0,02$. Ralat 0,02 ini adalah angka yang sering diterima untuk pengukuran dengan alat ukur jangka sorong.
- 3) Skala utama pada mikrometer menunjukkan angka 8 yang berarti 8 mm, sedangkan skala pada timbel yang sejajar dengan skala utama adalah angka 12. Oleh karena itu ukuran objek tersebut adalah 8,12 mm.
- 4) Tebal objek adalah $5,500 + 0,275 = 5,775$ mm.
- 5) (a) Tiga buah angka penting, (b) Empat angka penting, (c) Tiga buah angka penting, dan (d) Tiga angka penting.
- 6) (a) 243,5 (b) 30,1



RANGKUMAN

Untuk mengukur panjang suatu objek kita dapat menggunakan berbagai jenis alat ukur. Jenis-jenis alat ukur yang digunakan bergantung pada objek apa yang ingin kita ukur.

Untuk mengukur panjang sebuah benda kita dapat menggunakan meteran atau penggaris maupun jangka sorong. Untuk mengukur jarak suatu tempat terhadap tempat yang lain maka dapat digunakan berbagai cara yang lain yang sesuai.

Massa adalah salah satu sifat fisis dari suatu benda, yang secara umum dapat digunakan untuk menggambarkan banyaknya *materi* yang terdapat dalam suatu benda. Massa merupakan konsep utama dalam *mekanika klasik* dan subyek lain yang berhubungan. Dalam Sistem Internasional, *SI*, massa diukur dalam satuan *kilogram*. Alat yang digunakan untuk mengukur massa biasanya adalah *timbangan* atau neraca. Tidak seperti *berat*, massa di setiap tempat selalu sama. Misalnya, massa kita ketika di bumi dan di bulan sama, akan tetapi berat kita di bumi dan di bulan berbeda.

Hubungan antara massa dan berat adalah berat (W) merupakan hasil kali antara massa (m) dan percepatan gravitasi bumi (g) adalah $W = mg$ dengan W adalah berat atau *gaya (gravitasi bumi)* karena mempunyai dimensi gaya. Menurut fisika, massa seseorang akan selalu sama di manapun dia berada, akan tetapi berat orang tersebut akan berbeda untuk satu tempat dengan tempat yang lain karena secara umum gravitasi di berbeda tempat dapat berbeda. Sebagai contoh, berat orang tersebut di kutub akan lebih besar dari pada beratnya di katulistiwa. Mirip dengan hal itu, berat suatu benda di atas permukaan laut akan lebih besar dari pada beratnya pada puncak gunung yang tinggi. Hal ini disebabkan karena percepatan gravitasi di kutub lebih besar daripada di katulistiwa dan percepatan gravitasi di atas permukaan laut lebih besar dari pada di tempat yang lebih tinggi.

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur *suhu* (temperatur) ataupun perubahan suhu. Istilah termometer berasal dari *bahasa Latin thermo* yang berarti *bahang* dan *meter* yang berarti untuk mengukur. Prinsip kerja termometer ada bermacam-macam, yang paling umum digunakan adalah termometer *air raksa*. Dalam pengukuran diasumsikan tidak ada pengukuran yang benar-benar eksak. Selalu ada ralat pengukuran sehingga untuk pengukuran besaran fisis x hasil ukurnya perlu dituliskan dengan: $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$ satuan. \bar{x} adalah nilai rata-rata besaran fisis dari sejumlah pengukuran yang diulang-ulang atau

hasil pengukuran tunggal *terbaik* yang dapat kita peroleh. Δx adalah ketidakpastian pengukuran (ralat) yang menggambarkan simpangan hasil pengukuran kita dari nilai yang sebenarnya.

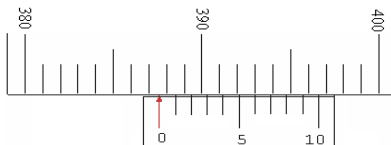
Untuk menyatakan baik \bar{x} maupun Δx , terutama untuk besaran fisis yang tidak dapat diperoleh secara langsung tapi misalnya diperoleh melalui perhitungan rumus maka kita perlu memperhatikan konsep angka penting dan metode perambatan ralat, sebab suatu hasil ukur yang kita tuliskan dengan $x = (\bar{x} \pm \Delta x)$, sekaligus menyatakan tingkat ketelitian alat ukur tersebut.



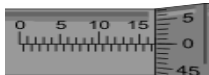
TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Pembacaan alat ukur jangka sorong berikut ini yang tepat adalah



- A. 386,5
B. 386,6
C. 387,5
D. 387,6
- 2) Angka yang ditunjukkan oleh mikrometer berikut ini adalah



- A. 15,45 mm
B. 15,55 mm
C. 16,45 mm
D. 16,55 mm
- 3) Hasil sebuah pengukuran yang menghasilkan nilai terbaik 142,6 cm dengan ketidakpastian 0,213 cm adalah
- A. $x = (142,6 \pm 0,213)$ cm
B. $x = (142,6 \pm 0,21)$ cm
C. $x = (142,6 \pm 0,2)$ cm
D. $x = (142,6 \pm 0,3)$ cm

- 4) Sebuah pengukuran jarak menghasilkan nilai terbaik 14,3 m. Makna dari pengukuran hasil tersebut adalah mempunyai nilai benar pengukuran yang berada dalam selang
- A. $(14,25 \leq x \leq 14,35)$ m
 - B. $(14,20 \leq x \leq 14,30)$ m
 - C. $(14,30 \leq x \leq 14,40)$ m
 - D. $(14,15 \leq x \leq 14,35)$ m
- 5) Jumlah angka penting yang terdapat pada bilangan 0,04184 adalah
- A. 6
 - B. 5
 - C. 4
 - D. 3
- 6) Apabila $z = x \cdot y$, dengan $x = 1,5$ dan $y = 2,013$ maka harga z menurut cara penulisan angka penting adalah
- A. 3,0195
 - B. 3,019
 - C. 3,02
 - D. 3,01
- 7) Apabila $z = x + y$, untuk $x = 14,35$ dan $y = 18,9$ maka carilah nilai z tersebut!
- A. 33,25
 - B. 33,3
 - C. 33,2
 - D. 33
- 8) Apabila dilakukan pembulatan sampai satu angka desimal untuk bilangan 26,4532 adalah
- A. 26,4
 - B. 26,5
 - C. 26,3
 - D. 26,2
- 9) Jumlah angka penting yang terdapat pada bilangan 20,0407 adalah
- A. 3
 - B. 4
 - C. 5
 - D. 6

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) D. $1,2 \text{ gr/cm}^3 = 1,2 \times 10^{-3} \text{ kg/10}^{-6} \text{ m}^3 = 1200 \text{ kg/m}^3$.
- 2) B. $0,00000275 \text{ m} = 2,75 \times 10^{-6} \text{ m} = 2,75 \text{ } \mu\text{m}$.
- 3) D. Satuan dari momentum adalah $p = F t = \text{Ns}$ di mana Newton sekon ini sama dengan kg m/s .
- 4) C. Kuat medan listrik dirumuskan sebagai gaya persatuan muatan, yaitu $E = F/q = \text{N/C}$.
- 5) D. Kuat arus listrik $i = dq/dt$ atau $dq = i dt$. Jadi, ampere sekon adalah bentuk lain dari coulomb.
- 6) A. Kelajuan, massa, dan waktu merupakan besaran skalar, sebab hanya memiliki besarnya saja tanpa mempunyai arah.
- 7) A. Daya adalah besarnya energi yang dimiliki oleh suatu benda persatu satuan waktu $P = W/t$
- 8) B. Kecepatan $v = s/t$, percepatan $a = dv/dt$, gaya $F = ma$, dan momentum $p = mv$.
- 9) B. Dimensi tegangan listrik
 $[V] = P/I = (W/t)/I = (\text{kg m}^2/\text{s}^3)/\text{A} = \text{ML}^2\text{T}^{-3}\text{I}^{-1}$.
- 10) D. $k/(xt) = 2ax$. Satuan dari $k = 2ax \cdot xt = (\text{m/s}^2) (\text{m}) \cdot (\text{ms}) = \text{m}^3/\text{s}$.
 Jadi dimensi $[k] = \text{L}^3\text{T}^{-1}$.

Tes Formatif 2

- 1) D. Skala utama menunjukkan angka antara 387 dan 388, sedangkan skala vernier menunjukkan angka 6 yang garisnya persis sejajar dengan skala utama. Jadi, pembacaan yang ditunjukkan oleh jangka sorong adalah 387,6.
- 2) B. Skala utama pada mikrometer menunjukkan angka antara 16,5 dan 17,0, sedangkan skala pada timbel yang sejajar dengan skala utama adalah angka 0. Oleh karena itu, ukuran objek tersebut adalah 16,55 mm.
- 3) D. Sebuah pengukuran apabila menghasilkan nilai terbaik 142,6 cm dengan ketidakpastian 0,213 cm maka dapat dinyatakan sebagai $x = (142,6 \pm 0,2) \text{ cm}$ (ralatnya harus mengikuti jumlah angka desimal pada pokoknya).

- 4) C. Sebuah pengukuran jarak menghasilkan nilai terbaik 14,3 m. Makna dari pengukuran hasil tersebut adalah mempunyai nilai benar pengukuran yang berada dalam selang antara 14,25 – 14,35
- 5) D. Angka penting yang terdapat pada bilangan 0,04184 adalah 5 buah.

- 6) A. $z = x \times y$ 1,5 (bilangan terkecil dengan dua angka penting)
 2,013 (bilangan terbesar dengan empat angka penting)

$$\begin{array}{r} \hline 3,0195 \end{array} \times$$

3,0195 (lima angka penting)

Dengan aturan penulisan angka penting maka hasilnya akan mempunyai $2 + 1 = 3$ angka penting. Hasilnya setelah dilakukan pembulatan adalah $z = 3,02$.

- 7) A. $z = x + y$, 14,35 (dua angka desimal)
 18,9 (satu angka desimal)

$$\begin{array}{r} \hline 33,25 \end{array} +$$

33,25 (empat angka desimal)

Dari hasil perhitungan ini maka hasilnya dapat dinyatakan sebagai $z = 33,2$ (tiga angka desimal), dan bukan 33,3 sebab angka 2 merupakan bilangan genap.

- 8) B. Apabila dilakukan pembulatan sampai satu angka desimal untuk bilangan 26,4532 secara berurutan adalah $26,453 \rightarrow 26,45 \rightarrow 26,4$.
- 9) B. Semua angka yang terdapat pada 20,0407 adalah merupakan angka penting, yaitu sebanyak 6 buah angka penting.

Glosarium

Besaran fisis	: sesuatu yang dapat dinyatakan keberadaannya dengan suatu angka atau nilai.
Besaran turunan	: besaran fisis yang terdiri dari dua atau lebih besaran yang dapat diturunkan dari beberapa besaran pokok.
<i>Hyperfine</i>	: struktur halus yang banyak digunakan pada efek Zeeman.
Pengukuran	: proses mengukur suatu besaran, yaitu membandingkan nilai besaran yang sedang kita ukur dengan besaran lain sejenis yang dipakai sebagai acuan.
Satu ampere	: arus tetap yang mana jika dipasang dua penghantar sejajar lurus panjang tanpa batas, yang panampang-lintang lingkaranya diabaikan, dan ditempatkan 1 meter terpisah di dalam ruang hampa, akan dihasilkan antara konduktor ini suatu gaya sebesar 2×10^{-7} Newton per meter di antara kedua kawat.
Satuan standar	: satuan yang menyatakan nilai suatu besaran supaya dapat dimengerti oleh semua kalangan.
Dimensi	: jenis satuan untuk suatu besaran fisis.
Analisis dimensional	: cara menentukan jenis satuan dari suatu besaran turunan.
Termometer	: alat yang dapat digunakan untuk mengukur suhu.

Daftar Pustaka

D. Halliday & R. Resnick. (1979). *Physics*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Halman, J.P. (1999). *Experimental Methods for Engineers*. Mc Graw Hill International Edition.

Kirkup, L. (1999). *Experimental Methods*. John Wiley.

M. Alonso & E.J. Finn. (1979). *Fundamentals University Physics*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.