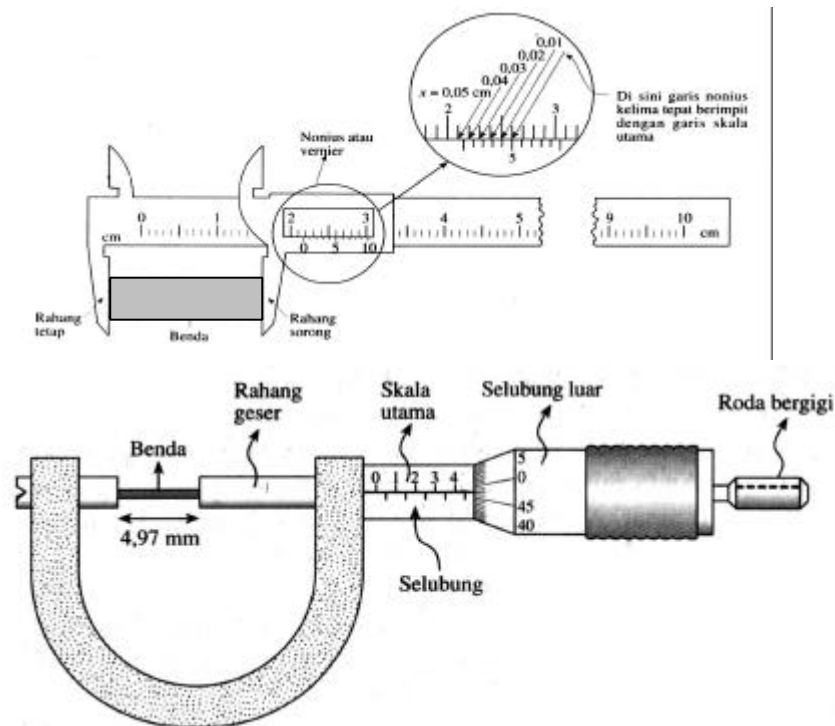


Pembacaan Masalah Mekanik



Kode FIS.02

Pembacaan Masalah Mekanik

Penyusun:

Drs. Madlazim, MSi.

Editor:

Dr. Budi Jatmiko, M.Pd.

Drs. Munasir, M.Si.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

2004

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata-pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

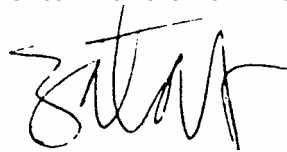
Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak

berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul (penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata-pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004
a.n. Direktur Jenderal Pendidikan
Dasar dan Menengah
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.
NIP 130 675 814

DAFTAR ISI

✍	Halaman Sampul	i
✍	Halaman Francis	ii
✍	Kata Pengantar	iii
✍	Daftar Isi	v
✍	Peta Kedudukan Modul	vii
✍	Daftar Judul Modul	viii
✍	Glosary	ix

I. PENDAHULUAN

A.	Deskripsi	1
B.	Prasarat	1
C.	Petunjuk Penggunaan Modul	2
D.	Tujuan Akhir	3
E.	Kompetensi	4
F.	Cek Kemampuan	5

II. PEMELAJARAN

A.	Rencana Belajar Peserta Diklat	6
----	--------------------------------------	---

B. Kegiatan Belajar

1.	Kegiatan Belajar	7
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran	7
b.	Uraian Materi	7
c.	Rangkuman	43
d.	Tugas	44
e.	Tes Formatif	45
f.	Kunci Jawaban	47
g.	Lembar Kerja	48

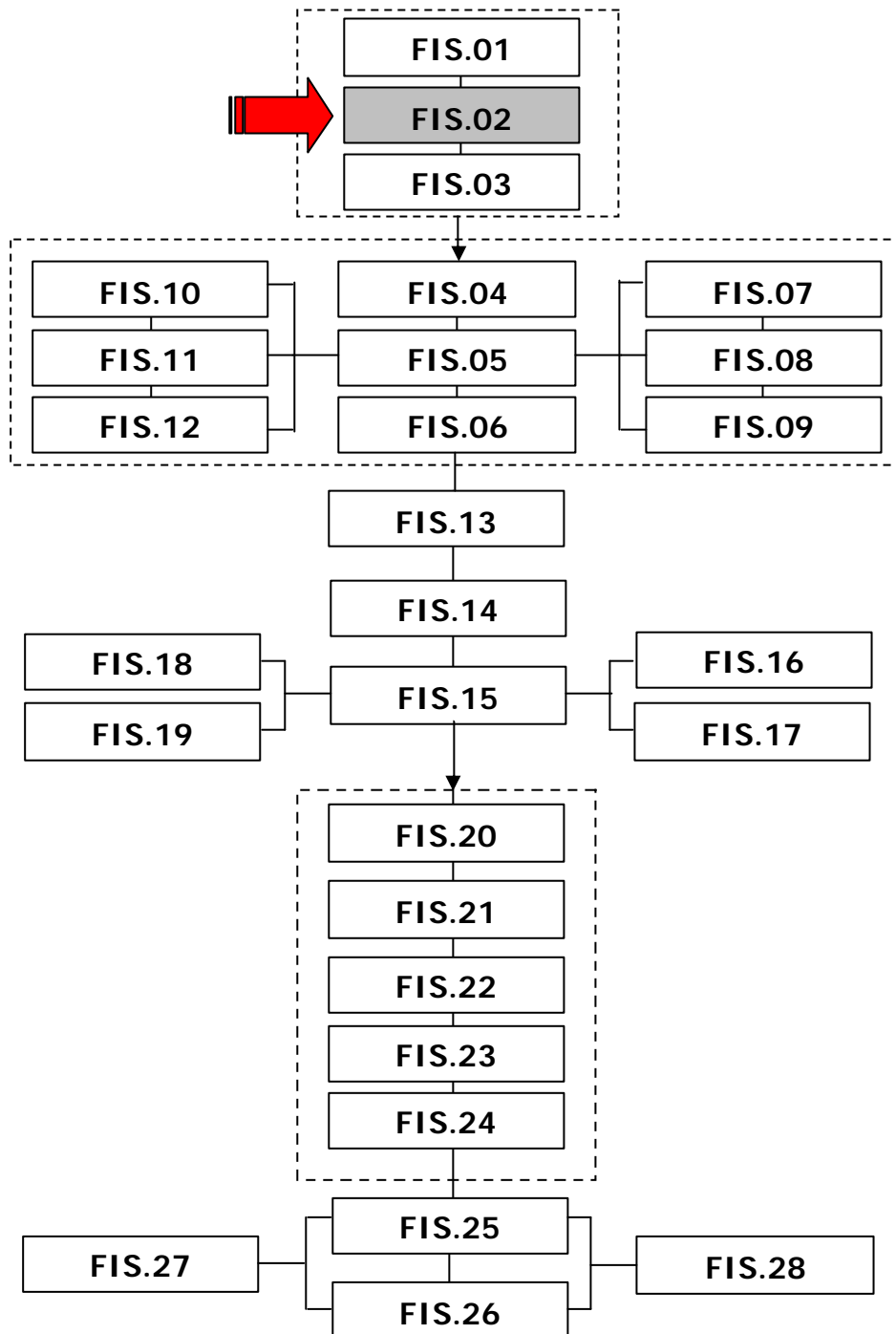
III. EVALUASI

A.	Tes Tertulis	49
B.	Tes Praktik	52

KUNCI JAWABAN

A. Tes Tertulis	54
B. Lembar Penilaian Tes Praktik	55
IV. PENUTUP	58
DAFTAR PUSTAKA	59

Peta Kedudukan Modul



DAFTAR JUDUL MODUL

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	FIS.01	Sistem Satuan dan Pengukuran
2	FIS.02	Pembacaan Masalah Mekanik
3	FIS.03	Pembacaan Besaran Listrik
4	FIS.04	Pengukuran Gaya dan Tekanan
5	FIS.05	Gerak Lurus
6	FIS.06	Gerak Melingkar
7	FIS.07	Hukum Newton
8	FIS.08	Momentum dan Tumbukan
9	FIS.09	Usaha, Energi, dan Daya
10	FIS.10	Energi Kinetik dan Energi Potensial
11	FIS.11	Sifat Mekanik Zat
12	FIS.12	Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar
13	FIS.13	Fluida Statis
14	FIS.14	Fluida Dinamis
15	FIS.15	Getaran dan Gelombang
16	FIS.16	Suhu dan Kalor
17	FIS.17	Termodinamika
18	FIS.18	Lensa dan Cermin
19	FIS.19	Optik dan Aplikasinya
20	FIS.20	Listrik Statis
21	FIS.21	Listrik Dinamis
22	FIS.22	Arus Bolak-Balik
23	FIS.23	Transformator
24	FIS.24	Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik
25	FIS.25	Semikonduktor
26	FIS.26	Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor)
27	FIS.27	Radioaktif dan Sinar Katoda
28	FIS.28	Pengertian dan Cara Kerja Bahan

Glossary

ISTILAH	KETERANGAN
SI	Satuan Sistem Internasional.
Tujuh besaran pokok	Panjang, massa, waktu, kuat arus listrik, suhu, jumlah zat dan intensitas cahaya.
Besaran turunan	Besaran yang diturunkan dari besaran pokok.
Ketelitian suatu alat ukur	skala terkecil pada alat ukur tersebut.
Bilangan penting	Diperoleh dari kegiatan mengukur.
bilangan eksak	Diperoleh dari kegiatan membilang.

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Dalam satuan Sistem Internasional (SI) ada tujuh besaran pokok. Ketujuh besaran pokok berikut satuannya adalah: panjang (m), massa (kg), waktu (s), kuat arus listrik (A), suhu (K), jumlah zat (mol), dan intensitas cahaya (cd). Beberapa contoh besaran turunan berikut satuannya dalam SI adalah luas (m^2), volume (m^3), massa jenis ($kg\ m^{-3}$), kecepatan ($m\ s^{-1}$), percepatan ($m\ s^{-2}$), dan gaya ($kg\ m\ s^{-2}$ atau newton).

Tiga dimensi besaran pokok yang paling sering anda jumpai dalam bab ini adalah panjang [L], massa [M], dan waktu [T]. Dimensi besaran turunan diperoleh dari dimensi besaran-besaran pokok sesuai dengan rumus besaran turunan tersebut jika dinyatakan hanya dalam besaran-besaran pokok. Dua besaran atau lebih hanya dapat dijumlahkan atau dikurangkan jika keduanya memiliki dimensi yang sama. Dalam persamaan fisika, dimensi ruas kiri = dimensi ruas kanan.

Ketelitian suatu alat ukur sama dengan skala terkecil pada alat ukur tersebut. Ketelitian mistar, jangka sorong, mikrometer sekrup berturut-turut adalah 1 mm; 0,1 mm; dan 0,01 mm. Bilangan penting diperoleh dari kegiatan mengukur, sedangkan bilangan eksak diperoleh dari kegiatan membilang. Hasil perkalian atau pembagian antara bilangan penting dengan bilangan eksak hanya boleh memiliki angka penting sebanyak bilangan pentingnya.

B. Prasyarat

Agar dapat mempelajari modul ini anda harus telah dapat menggunakan penggaris, neraca dan stopwatch masing-masing sebagai alat ukur panjang/tinggi benda, massa dan waktu.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema modul akan nampak kedudukan modul yang sedang anda pelajari ini di antara modul-modul yang lain.
2. Pahami setiap materi teori dasar yang akan menunjang penguasaan masalah pembacaan mekanik. Apabila terdapat evaluasi, maka kerjakan evaluasi tersebut sebagai sarana latihan.
3. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pengukuran agar mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.
4. Jawablah tes formatif dengan jawaban yang singkat dan jelas serta kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
5. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan jika perlu konsultasikan hasil tersebut pada guru/instruktur.
6. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada guru pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi yang lain yang berhubungan dengan materi modul agar Anda mendapatkan pengetahuan tambahan.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat:

- ✍ memahami besaran pokok dan besaran turunan dalam SI.
- ✍ memahami satuan.
- ✍ memahami penetapan satuan standar.
- ✍ melakukan penetapan sistem pengukuran.
- ✍ teliti dalam menerapkan sistem satuan SI.
- ✍ menggunakan faktor konversi untuk mengubah dari satu jenis satuan ke satuan lainnya.
- ✍ menurunkan satuan besaran-besaran turunan.
- ✍ menurunkan dimensi besaran-besaran turunan,
- ✍ menuliskan hasil pengukuran dengan notasi ilmiah.

- ✍ menggunakan konsep angka penting dalam perhitungan.
- ✍ menerapkan prinsip-prinsip pembacaan alat ukur mekanik.
- ✍ melakukan pengukuran panjang, massa dan waktu dengan benar.
- ✍ menuliskan hasil pengukuran dengan benar.
- ✍ menjawab dengan benar soal-soal tes formatif.

E. Kompetensi

Kompetensi : MENGUKUR BESARAN-BESARAN MEKANIK
 Program Keahlian : Program Adaptif
 Mata Diklat-Kode : FISIKA-FIS.03
 Durasi Pembelajaran : 10 jam @ 45 menit

Sub Kompetensi	Kriteria unjuk kerja	Lingkup belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Ketrampilan
Mengukur besaran-besaran mekanik	? Besaran mekanik diukur sesuai dengan satuan menurut SI. ? Besaran turunan diturunkan dari besaran pokok mekanik.	? Besaran pokok mekanik. ? Besaran turunan ? Satuan SI. ? Pelaksanaan pekerjaan yang menggunakan alat ukur mekanik.	? Teliti dalam menerapkan satuan SI.	? Pengertian besaran pokok dan besaran turunan dalam SI. ? Pengertian satuan. ? Penetapan satuan standar.	? Menerapkan prinsip-prinsip pembacaan alat-alat ukur mekanik.

F. Cek Kemampuan

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Jelaskan perbedakan besaran pokok dua besaran turunan.
2. Jelaskan bagaimana cara mengkonversi untuk mengubah dari satu jenis satuan ke satuan lainnya.
3. Turunkan satuan besaran-besaran turunan.
4. Turunkan dimensi besaran-besaran turunan.
5. Tuliskan hasil pengukuran dengan notasi ilmiah.
6. Jelaskan cara menggunakan konsep angka penting dalam perhitungan.
7. Definisikan atau jelaskan yang berikut:
 - a. Mengukur
 - b. Besaran
 - c. Satuan SI
 - d. Besaran pokok
 - e. Besaran turunan
 - f. Faktor konversi
 - g. Dimensi
 - h. Ketelitian
 - i. Kesalahan paralaks
 - j. Kesalahan mutlak
 - k. Angka penting
 - l. Bilangan penting
 - m. Bilangan eksak

BAB II. PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Peserta Diklat

Kompetensi : Mengukur besaran dan satuan

Sub Kompetensi : Mengukur besaran-besaran mekanik

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1

a . Tujuan kegiatan pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar, diharapkan anda dapat:

- ? memahami besaran pokok dan besaran turunan dalam SI.
- ? memahami satuan.
- ? memahami penetapan satuan standar.
- ? melakukan penetapan sistem pengukuran.
- ? teliti dalam menerapkan sistem satuan SI.
- ? menggunakan faktor konversi untuk mengubah dari satu jenis satuan ke satuan lainnya.
- ? menurunkan satuan besar-besaran turunan.
- ? menurunkan dimensi besaran-besaran turunan.
- ? menuliskan hasil pengukuran dengan notasi ilmiah.
- ? menggunakan konsep angka penting dalam perhitungan.
- ? menerapkan prinsip-prinsip pembacaan alat ukur mekanik.
- ? melakukan pengukuran panjang, massa dan waktu dengan benar.
- ? menuliskan hasil pengukuran dengan benar.
- ? menjawab dengan benar soal-soal tes formatif.

b . Uraian Materi

a) Besaran Pokok dan Satuannya

Anda dapat melihat puncak tugu Monas dengan berdiri pada jarak tertentu di depan tugu. Secara menakjubkan, dengan hanya menghitung banyaknya langkah anda dari kaki tugu, anda dapat memprakirakan tinggi tugu Monas. Bagaimana suatu pengamatan sederhana seperti ini digunakan untuk memprakirakan tinggi tugu Monas?

Untuk mencapai suatu tujuan tertentu di dalam fisika, kita biasanya melakukan pengamatan yang disertai dengan pengukuran.

Pengamatan suatu gejala secara umum tidaklah lengkap apabila tidak disertai data kuantitatif yang didapat dari hasil pengukuran. **Lord Kelvin**,



seorang ahli fisika berkata, bila kita dapat mengukur apa yang sedang kita bicarakan dan menyatakannya dengan angka-angka, berarti kita mengetahui apa yang sedang kita bicarakan itu.

Apa yang anda lakukan sewaktu melakukan pengukuran? Misal anda mengukur panjang meja belajar anda dengan menggunakan jengkal, dan mendapatkan bahwa panjang meja adalah 6 jengkal. Jadi, *mengukur adalah membandingkan sesuatu yang diukur dengan sesuatu lain yang sejenis yang ditetapkan sebagai satuan.* Dalam pengukuran di atas anda telah mengambil jengkal sebagai satuan panjang.

Sesuatu yang dapat diukur dan dinyatakan dengan angka disebut besaran. Contoh besaran adalah panjang, massa, dan waktu. Besaran pada umumnya memiliki satuan. Panjang memiliki satuan meter, massa memiliki satuan kilogram, dan waktu memiliki satuan sekon. Tetapi nanti akan anda jumpai juga beberapa besaran yang tidak memiliki satuan, misalnya indeks bias cahaya dan massa jenis relatif.

Sebelum adanya standar internasional, hampir setiap negara menetapkan sistem satuannya sendiri. Sebagai contoh, satuan panjang di negeri kita dikenal *hasta* dan *jengkal*, di Inggris dikenal *inci* dan *kaki (feet)*, dan di Perancis adalah meter. Penggunaan bermacam-macam satuan untuk suatu besaran ini menimbulkan kesukaran. Kesukaran *pertama* adalah diperlukannya bermacam-macam alat ukur yang sesuai dengan satuan yang digunakan. Kesukaran *kedua* adalah kerumitan konversi dari satu satuan ke

satuan lainnya, misalnya dari jengkal ke kaki. Ini disebabkan tidak adanya keteraturan yang mengatur konversi satuan-satuan tersebut.

Akibat kesukaran yang ditimbulkan oleh penggunaan sistem satuan yang berbeda maka muncul gagasan untuk menggunakan hanya satu jenis satuan saja untuk besaran-besaran dalam ilmu pengetahuan alam dan teknologi. Suatu perjanjian internasional telah menetapkan *satuan sistem internasional (International System of Units)* disingkat satuan SI. Satuan SI ini diambil dari sistem metrik yang telah digunakan di Perancis. Kita akan menampilkan standar SI untuk satuan panjang, massa, dan waktu.

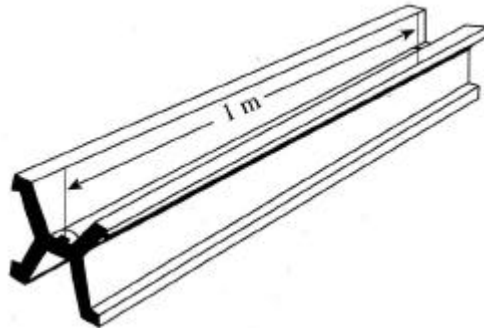
Standar **panjang** internasional yang pertama adalah sebuah batang yang terbuat dari campuran platina-iridium, yang kita sebut meter standar. Meter standar ini disimpan di *The International Bureau of Weights and Measures, Sevres, dekat paris*. *Satu meter didefinisikan sebagai jarak antara dua goresan pada meter standar (Gambar 1) sehingga jarak dari kutub utara ke khatulistiwa melalui Paris adalah 10 juta meter (Gambar 2).*

Meter standar sulit untuk dibuat ulang, karena itu dibuatkan turunan-turunannya dengan proses yang sangat teliti, dan disebarkan ke berbagai laboratorium standar di berbagai negara. Standar sekunder inilah yang digunakan untuk mengkalibrasi berbagai alat ukur lain.

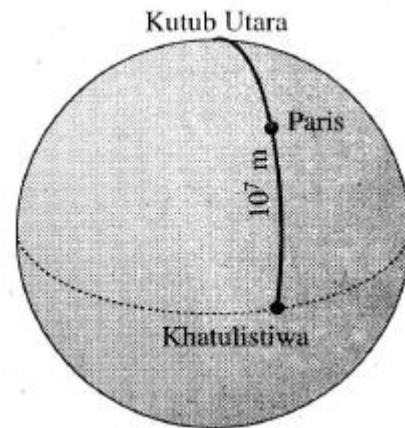
Ada beberapa kendala dalam penggunaan meter standar ini sebagai standar primer untuk panjang. *Pertama*, meter standar mudah rusak (misalnya oleh kebakaran) dan jika rusak, batang ini sukar dibuat ulang. *Kedua*, ketelitian pengukuran tidak lagi memadai untuk ilmu pengetahuan dan teknologi modern. Sebagai bukti adalah diperlukannya koreksi-koreksi perhitungan dalam perjalanan misi ruang angkasa.

Untuk mengatasi kendala tersebut, pada pertemuan ke-11 Konferensi Umum Mengenai Berat dan Ukuran tahun 1960, ditetapkan suatu standar atomik untuk panjang. Pilihan jatuh kepada gelombang cahaya yang dipancarkan oleh gas Krypton-86 (simbol Kr-86). *Satu meter didefinisikan sama dengan 1650 763, 73 kali panjang gelombang sinar jingga yang*

dipancarkan oleh atom-atom gas Krypton-86 (Kr-86) di dalam ruang hampa pada suatu loncatan listrik.



Gambar 1. Meter standar



Gambar 2. Satu meter ditetapkan atas dasar jarak dari kutub utara ke khatulistiwa melalui Paris

Pada bulan Nopember 1983, definisi standar meter diubah lagi. *Satu meter adalah jarak yang ditempuh cahaya (dalam vakum) pada selang waktu $\frac{1}{299\,792\,458}$ sekon.* Perubahan ini dilakukan berdasarkan nilai kecepatan cahaya yang dianggap selalu konstan 299 792 458 m/s.

Standar internasional untuk **massa** adalah sebuah silinder platina-iridium yang disebut kilogram standar. Kilogram standar ini (Gambar 3) disimpan di Lembaga Berat dan Ukuran Internasional, Sevres, dekat Paris, dan berdasarkan perjanjian internasional disebut memiliki massa satu kilogram. Jadi, *satu kilogram adalah massa sebuah kilogram standar yang disimpan di Lembaga Berat dan Ukuran Internasional.* Standar sekunder dibuat dan disebarakan ke Lembaga Berat dan Ukuran berbagai negara. Massa berbagai benda lain dapat ditentukan dengan menggunakan neraca ber lengan sama.



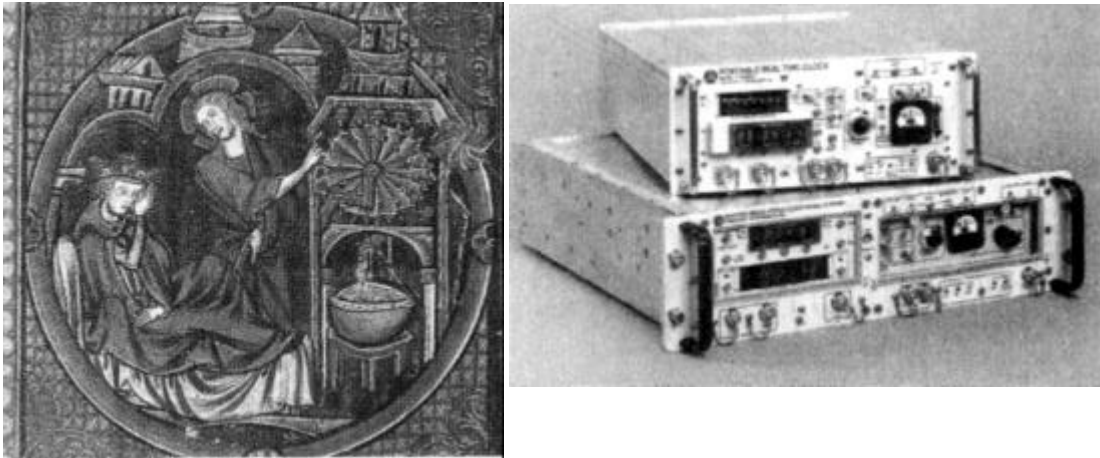
Gambar 3. Kilogram standar

Standar internasional untuk satuan **waktu** adalah sekon (disingkat s) atau *detik*. Mula-mula satu sekon didasarkan pada rotasi bumi sebagai $\frac{1}{60} \times \frac{1}{60} \times \frac{1}{24}$ atau $\frac{1}{86\,400}$ dari rata-rata lama hari matahari. Sekarang ini, satu sekon didefinisikan berkaitan dengan frekuensi cahaya yang dipancarkan oleh atom cesium setelah atom tersebut menyerap energi. *Satu sekon didefinisikan sebagai selang waktu yang diperlukan oleh atom cesium-133 untuk melakukan getaran sebanyak 9 192 631 770 kali.* Alat ukur waktunya adalah jam atom cesium yang diperkirakan hanya akan membuat kesalahan kira-kira 1 sekon selama 6 000 tahun (Gambar 4b).

Besaran panjang, massa dan waktu disebut **besaran pokok**, yaitu besaran yang satuannya telah ditetapkan terlebih dahulu. Secara lengkap ada *tujuh* besaran pokok menurut SI, seperti diperlihatkan pada tabel 1.

Satu keunggulan dari sistem metrik yang juga diadopsi dalam satuan SI adalah mirip dengan sistem bilangan kita, yaitu sistem desimal. Satuan tiap besaran fisik dapat dinyatakan dalam satuan pokok SI, yaitu m, kg, dan s hanya dengan menggunakan *awalan*. Awalan menyatakan kelipatan yang semuanya merupakan pangkat dari 10 (10^n dengan n adalah bilangan bulat), persis seperti sistem desimal. Awalan-awalan ini ditunjukkan pada Tabel 2. Awalan-awalan ini dapat digunakan untuk semua sistem SI. Sebagai contoh

0,01 m sama dengan 1 cm, 0,001 sekon sama dengan 1 ms, 1000 sama dengan 1 kg, dan 1000000 watt sama dengan 1 MW.



Gambar 4. (a) Jam air yang digunakan untuk mengukur selang waktu pada abad ke-13, (b) Jam atom cesium modern yang mudah di bawa-bawa.

Tabel 1.
Besaran pokok, satuan dan dimensinya

Besaran pokok	Satuan	Singkatan	Dimensi
Panjang	Meter	m	[L]
Massa	Kilogram	kg	[M]
Waktu	Sekon	s	[T]
Kuat arus listrik	Ampere	A	[I]
Suhu	Kelvin	K	[?]
Jumlah zat	Mol	mol	[N]
Intensitas cahaya	Kandela	cd	[J]

Tabel 2.

Awalan-awalan pada satuan SI (menyatakan pangkat dari 10)

Awalan	Singkatan	Kelipatan	Contoh	
piko	p	1/1 000 000 000 000 atau 10^{-12}	pikometer	(pm)
nano	n		nanometer	(nm)
mikro	?	1/1 000 000 000 atau 10^{-9}	mikrogram	(mg)
mili	m	1/1 000 000 atau 10^{-6}	miligram	(mg)
senti	c	1/1 000 atau 10^{-3}	sentimeter	(cm)
desi	d	1/100 atau 10^{-2}	desimeter	(dm)
		1/10 atau 10^{-1}		
Pengali				
tera	T	1 000 000 000 000 atau 10^{12}	terameter	(Tm)
giga	G	1 000 000 000 atau 10^9	gigameter	(Gm)
mega	M	1 000 000 atau 10^6	megagram	(Mg)
kilo	k	1 000 atau 10^3	kilometer	(km)
hekto	h	100 atau 10^2	hektometer	(hm)
deka	da	10 atau 10^1	dekagram	(dag)

b) Besaran Turunan

Besaran turunan adalah besaran yang diturunkan dari besaran pokok.

Dengan demikian satuan besaran turunan diturunkan dari satuan besaran pokok. Sebagai contoh, besaran turunan yang telah anda kenal di SLTP adalah luas, volume, massa jenis, kecepatan, dan percepatan.

Luas sebuah persegi panjang adalah hasil kali panjang dan lebar. Baik panjang maupun lebar termasuk besaran pokok panjang yang bersatuan meter, sehingga satuan volume = m . m = m². *Volume* sebuah balok adalah hasil kali panjang, lebar, dan tinggi, sehingga satuan volume = m . m . m = m³. *Massa jenis* adalah hasil bagi massa (satuan kg) dengan volume (satuan m³), sehingga satuan massa jenis adalah kg/m³ atau kg m⁻³. Kecepatan adalah hasil bagi perpindahan (satuan m) dengan waktu (satuan s), sehingga

satuan kecepatan = m/s atau $m s^{-1}$. *Percepatan* adalah hasil bagi kecepatan (satuan $m s^{-1}$) dengan waktu (s), sehingga satuan percepatan = $m s^{-1}/s = m/s^2$ atau $m s^{-2}$. Beberapa satuan besaran turunan yang akan anda pelajari di kelas 1 terdaftar pada Tabel 3.

Tabel 3.
Beberapa besaran turunan, dimensi, dan satuannya.

Besaran Turunan	Rumus	Dimensi	Satuan dan Singkatan
Luas	panjang x lebar	$[L]^2$	m^2
Volume	panjang x lebar x tinggi	$[L]^3$	m^3
Massa jenis	$\frac{massa}{volum}$	$[M][L]^{-3}$	$kg m^{-3}$
Kecepatan	$\frac{perpindahan}{waktu}$	$[L][T]^{-1}$	$m s^{-1}$
Percepatan	$\frac{kecepatan}{waktu}$	$[L][T]^{-2}$	$m s^{-2}$
Gaya	massa x percepatan	$[M][L][T]^{-2}$	$kg m s^{-2} = \text{newton (N)}$
Usaha dan energi	gaya x perpindahan	$[M][L]^2[T]^{-2}$	$kg m^2 s^{-2} = \text{joule (J)}$
Tekanan	$\frac{gaya}{luas}$	$[M][L]^{-1}[T]^{-2}$	$kg m^{-1} s^{-2} = \text{pascal (Pa)}$
Daya	$\frac{usaha}{waktu}$	$[M][L]^2[T]^{-3}$	$kg m^2 s^{-3} = \text{watt (W)}$
Impuls dan momentum	gaya x waktu	$[M][L][T]^{-1}$	$kg m s^{-1} = N s$

c) Strategi Pemecahan Masalah

Konversi Satuan

Satuan-satuan dikalikan dan dibagi persis seperti operasi aljabar biasa. Fakta ini memudahkan kita mengkonversi dari satu satuan ke nilai ekuivalen dalam satuan lainnya. Ide kunci adalah bahwa kita dapat menyatakan suatu besaran fisika dalam dua satuan yang berbeda dan membentuk suatu persamaan. Sebagai contoh, 1 menit = 60 s, tidak kita artikan bahwa 1 sama dengan angka 60. Tetapi yang kita maksudkan adalah selang waktu 1 menit

sama dengan selang waktu 60 s. Jika pada persamaan itu kedua ruas kita bagi dengan 60 s, kita peroleh:

$$\frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} = 1 \text{ atau } \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ menit}} = 1$$

$\frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} = 1$ atau $\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ menit}} = 1$ disebut faktor konversi. Jadi *faktor konversi* memiliki nilai 1.

Karena setiap besaran dapat dikalikan dengan 1 tanpa mengubah nilainya, kita dapat mengkonversi 5 menit menjadi nilai ekuivalennya dalam sekon

dengan mengalikannya dengan faktor konversi $\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ menit}}$:

$$5 \text{ menit} = 5 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ menit}} = 300 \text{ s}$$

Jika anda mengalikannya dengan faktor konversi $\frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}}$:

$$5 \text{ menit} = 5 \text{ menit} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}}$$

Anda tidak dapat mencoret satuan menit karena keduanya terdapat pada pembilang. Ini menyatakan bahwa faktor konversi harus *dibalik*.

Contoh 1. Konversi Satuan

Ubahlah setiap besaran di ruas kiri menjadi nilai ekuivalennya dalam satuan di ruas kanan.

$$(a) 50 \text{ mm} = \dots \text{ m} \quad (b) 0,08 \text{ hm}^2 = \dots \text{ m}^2 \quad (c) 72 \frac{\text{km}}{\text{jam}} = \dots \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tips: Anda harus membuat dahulu persamaan yang menghubungkan 1 satuan di ruas kanan (untuk satuan yang menggunakan awalan kelipatan 10^n seperti pada Tabel 2. untuk mendapatkan faktor konversi yang bernilai 1.

Jawab:

(a) $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$ (diperoleh dari Tabel 2)

Bagi kedua ruas dengan 10^{-3} m sehingga diperoleh faktor konversi:

$$\frac{1 \text{ mm}}{10^{-3} \text{ m}} \text{ atau } \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}}$$

Untuk mengkonversi 50 mm ke nilai ekuivalennya dalam meter, kita

gunakan faktor konversi $\frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}}$ supaya mm terdapat pada pembilang

dan penyebut, sehingga dapat dicoret $50 \text{ mm} = 50 \text{ mm} \times \frac{10^{-3} \text{ m}}{1 \text{ mm}}$

(b) $1 \text{ hm} = 10^2 \text{ m}$ (diperoleh dari tabel 2)

Bagi kedua ruas dengan 10^2 m sehingga diperoleh faktor konversi:

$$\frac{1 \text{ hm}}{10^2 \text{ m}} \text{ atau } \frac{10^2 \text{ m}}{1 \text{ hm}}$$

Sekarang anda dapat mengkonversi $0,08 \text{ hm}^2$ ke nilai ekuivalennya dalam m.

$$\begin{aligned} 0,08 \text{ hm}^2 &= 0,08 \times 1 \text{ hm} \times 1 \text{ hm} \times \frac{10^2 \text{ m}}{1 \text{ hm}} \times \frac{10^2 \text{ m}}{1 \text{ hm}} \\ &= 0,08 \times 10^4 \text{ m}^2 = \mathbf{800 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

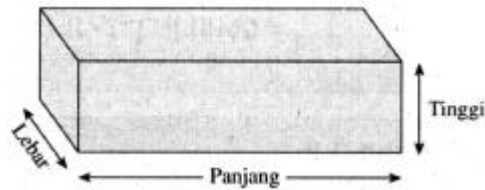
(c) $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ faktor konversi = $\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}$

$1 \text{ jam} = 3600 \text{ s}$ faktor konversi = $\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}}$

$$\begin{aligned} 72 \frac{\text{km}}{\text{jam}} &= 72 \times \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ jam}} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ jam}} \\ &= \frac{72000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

d) **Dimensi**

Volume sebuah balok adalah hasil kali panjang, lebar dan tingginya (Gambar 5). Panjang, lebar, dan tinggi adalah besaran yang identik, yaitu ketiganya memiliki dimensi panjang. Oleh karena itu, dimensi volume adalah panjang³. Jadi, *dimensi suatu besaran menunjukkan cara besaran itu tersusun dari besaran-besaran pokok.*



Gambar 5. Dimensi sebuah balok

Dimensi besaran pokok dinyatakan dengan lambang huruf tertentu (ditulis huruf besar) dan diberi kurung persegi, seperti diperlihatkan pada Tabel 3. Dengan alasan praktis, sering anda jumpai tanda kurung persegi ini dihilangkan. Dimensi suatu besaran turunan ditentukan oleh rumus besaran turunan tersebut dinyatakan dalam besaran-besaran pokok. Kasus ini ditunjukkan pada contoh soal berikut ini.

Contoh 2. Menentukan dimensi suatu besaran

Tentukan dimensi dari besaran-besaran berikut:

- | | |
|----------------|---------------|
| a. volume | c. percepatan |
| b. massa jenis | d. usaha |

Tips: Anda harus menulis dahulu rumus dasar dari besaran turunan yang akan anda tentukan dimensinya (lihat Tabel 1.3 kolom ke-2). Kemudian, rumus tersebut anda uraikan sampai ruas kananya hanya terdiri dari besaran-besaran pokok.

Jawab:

(a) Volume adalah hasil kali panjang, lebar, dan tinggi yang ketiganya memiliki dimensi panjang yaitu [L]. Oleh karena itu, dimensi volume:

$$\begin{aligned} [\text{volume}] &= [\text{panjang}] \cdot [\text{lebar}] \cdot [\text{tinggi}] \\ &= [L] \cdot [L] \cdot [L] = \mathbf{[L]^3} \end{aligned}$$

(b) Massa jenis adalah hasil bagi massa dan volume. Massa memiliki dimensi [M] dan volume memiliki dimensi [L]³. Oleh karena itu, dimensi massa jenis:

$$\begin{aligned} [\text{massa jenis}] &= \frac{[\text{massa}]}{[\text{volum}]} \\ &= \frac{[M]}{[L]^3} = \mathbf{[M][L]^{-3}} \end{aligned}$$

(c) Percepatan adalah hasil bagi kecepatan (besaran turunan) dengan waktu (dimensi = [T]), sedang kecepatan adalah hasil bagi perpindahan (dimensi = [L]) dengan waktu. Karena itu, dimensi kecepatan ditentukan dahulu baru kemudian dimensi percepatan.

$$\begin{aligned} [\text{kecepatan}] &= \frac{[\text{perpindahan}]}{[\text{waktu}]} = \frac{[L]}{[T]} = [L][T]^{-1} \\ [\text{percepatan}] &= \frac{[\text{kecepatan}]}{[\text{waktu}]} = \frac{[L][T]^{-1}}{[T]} = \mathbf{[L][T]^{-2}} \end{aligned}$$

(d) Usaha adalah hasil kali gaya (besaran turunan) dengan perpindahan (dimensi = [L]), sedang gaya adalah hasil kali massa (dimensi = [M]) dengan percepatan (besaran turunan). Karena itu kita tentukan dahulu dimensi percepatan (lihat c), kemudian dimensi gaya dan akhirnya dimensi usaha.

$$\begin{aligned} [\text{percepatan}] &= [L][T]^{-2} \text{ (diperoleh dari hasil (c))} \\ [\text{gaya}] &= [\text{massa}] \cdot [\text{percepatan}] \\ &= [M] \cdot ([L][T]^{-2}) = [M][L][T]^{-2} \\ [\text{usaha}] &= [\text{gaya}] \cdot [\text{perpindahan}] \\ &= [M][L][T]^{-2} \cdot [L] = \mathbf{[M][L]^2 [T]^{-2}} \end{aligned}$$

Dua besaran atau lebih hanya dapat anda jumlahkan atau kurangkan jika kedua atau semua besaran itu memiliki dimensi yang sama. Sebagai contoh anda tidak dapat menjumlahkan besaran kecepatan dengan besaran percepatan. Jadi, $A + B + C$ hanya dapat anda jumlah jika ketiganya memiliki dimensi yang sama.

Contoh 3: Penjumlahan dua atau lebih besaran

Lintasan sebuah partikel dinyatakan dengan $x = A + Bt + Ct^2$. Dalam persamaan ini x menunjukkan perpindahan dan t adalah waktu. Tentukan dimensi dan satuan SI dari A, B, C .

Tips: Dimensi ruas kanan persamaan harus sama dengan ruas kiri, yaitu dimensi perpindahan ($[L]$). Karena ruas kanan merupakan penjumlahan dari tiga besaran, maka ketiganya hanya dapat dijumlahkan jika ketiganya memiliki dimensi yang sama, yaitu dimensi perpindahan ($[L]$).

Jawab:

$$x = A + Bt + Ct^2$$

Dimensi $x = [L]$ dan dimensi $t = [T]$ sehingga,

$$[L] = [A] + [B] [T] + [C] [T]^2 \dots (*)$$

Sesuai dengan prinsip penjumlahan besaran maka dari (*) Anda peroleh:

$$[A] = [L]$$

$$[B] [T] = [L] \Rightarrow [B] = \frac{[L]}{[T]} = [L] [T]^{-1}$$

$$[C] [T]^2 = [L] \Rightarrow [C] = \frac{[L]}{[T]^2} = [L] [T]^{-2}$$

Jika dimensi suatu besaran telah ditentukan maka satuan SI dari besaran itu dengan mudah dapat anda tetapkan dengan memasukkan satuan-satuan SI untuk setiap dimensi (meter untuk $[L]$ dan sekon untuk $[T]$).

Karena dimensi $A = [L]$, maka satuannya adalah m.

Karena dimensi $B = [L] [T]^{-1}$, maka satuannya adalah $m s^{-1}$.

Karena dimensi $C = [L] [T]^{-2}$, maka satuannya adalah $m s^{-2}$.

Contoh 4. Membuktikan dua besaran setara

Bukti bahwa usaha dan energi adalah dua besaran skalar yang setara.

Tips: Dari rumus usaha dan rumus energi (misalnya energi kinetik = $\frac{1}{2} mv^2$), tentukan dimensi usaha dan dimensi energi. Bila anda memperoleh dimensi yang sama untuk kedua besaran ini, maka keduanya adalah besaran yang setara.

Jawab:

Dimensi usaha telah anda tentukan pada Contoh 1.2 (d), yaitu $[M] [L]^2 [T]^{-2}$

Sekarang kita tentukan dimensi energi dari rumus energi = $\frac{1}{2} mv^2$, m = massa, memiliki dimensi $[M]$, dan v = kecepatan, memiliki dimensi $[L][T]^{-1}$ (lihat contoh 1.2 (c)).

Perhatikan, suatu bilangan (dalam kasus ini $\frac{1}{2}$) *tidak* memiliki dimensi.

Jadi, dimensi energi:

$$\begin{aligned} [\text{energi}] &= [m] [v]^2 \\ &= [M] ([L][T]^{-1})^2 = [M] [L]^2 [T]^{-2} \end{aligned}$$

Karena usaha dan energi memiliki dimensi yang sama, yaitu $[M] [L]^2 [T]^{-2}$, maka keduanya adalah besaran yang **setara**.

Seringkali kita dapat menentukan bahwa suatu rumus salah hanya dengan melihat dimensi atau satuan dari kedua ruas persamaan. Sebagai contoh, ketika kita menggunakan rumus $A = 2\pi r$ untuk menghitung luas. Dengan melihat dimensi kedua ruas persamaan, yaitu $[A] = L^2$ dan $[2\pi r] = L$ kita dengan cepat dapat menyatakan bahwa rumus tersebut salah karena dimensi kedua ruasnya tidak sama. Tetapi ingat, jika ruas memiliki dimensi yang sama, itu *tidak* berarti bahwa rumus tersebut benar. Hal ini disebabkan pada rumus mungkin terdapat suatu angka atau konstanta yang tidak memiliki dimensi, misalnya $E_k = \frac{1}{2} mv^2$, dimana $\frac{1}{2}$ tidak bisa diperoleh dari analisis dimensi.

Contoh 5. Menentukan persamaan salah atau mungkin benar

Selidiki dengan analisis dimensi apakah persamaan-persamaan berikut salah atau mungkin benar!

(a) $\lambda = \frac{v}{T}$

(b) $v^2 = v_0^2 + 2as$

Tips: Tentukan dimensi ruas kiri dan ruas kanan persamaan. Jika kedua ruas memiliki dimensi sama maka persamaan mungkin benar, tetapi jika kedua ruas dimensinya tidak sama maka persamaan pasti salah.

Jawab:

(a) Panjang gelombang λ termasuk besaran panjang (dimensi = [L]), kecepatan v memiliki dimensi $[L] [T]^{-1}$ dan periode T memiliki dimensi [T]. Mari kita selidiki dimensi dari kedua ruas.

$$[\lambda] = \frac{[v]}{[T]}$$

$$[L] \stackrel{?}{=} \frac{[L][T]^{-1}}{[T]}$$

$$[L] \stackrel{?}{=} [L] [T]^{-2}$$

Karena kedua ruas dimensinya tidak sama, maka persamaan $\lambda = \frac{v}{T}$

$= \frac{[v]}{[T]}$ adalah **salah**.

(b) Kecepatan v memiliki dimensi $[L] [T]^{-1}$, percepatan a memiliki dimensi $[L] [T]^{-2}$, dan perpindahan s memiliki dimensi [L]. mari kita selidiki dimensi dari kedua ruas persamaan :

$$[v]^2 \stackrel{?}{=} [v_0]^2 + 2[a][s]$$

$$([L] [T]^{-1})^2 \stackrel{?}{=} ([L] [T]^{-1})^2 + ([L] [T]^{-2}) ([L]) \quad (2 \text{ tak berdimensi})$$

$$[L]^2 [T]^{-2} = [L]^2 [T]^{-2} + [L]^2 [T]^{-2}$$

Karena kedua ruas memiliki dimensi yang sama, maka persamaan $v^2 = v_0^2 + 2as$ **mungkin benar**.

Contoh 6. Analisis dimensi untuk menentukan dimensi konstanta

Gaya gesekan yang dialami oleh sebuah bola dengan jari-jari r yang bergerak dengan kelajuan v di dalam sejenis zat cair kental dirumuskan oleh $F = k r v$, dengan k adalah suatu konstanta. Tentukan dimensi dan satuan k .

Tips: Persamaan $F = k r v$ ditulis sebagai $k = \frac{F}{rv}$, sehingga dimensi k dapat ditentukan dengan menentukan terlebih dahulu dimensi dari F , r , dan v .

Jawab: Dimensi gaya F adalah $[M][L][T]^{-2}$ (telah diturunkan pada contoh 1.2 (d)). Dimensi jari-jari sama dengan dimensi panjang, $[L]$, dan dimensi kelajuan v adalah $[L][T]^{-1}$ (telah diturunkan pada contoh 1.2 (c)). Jadi, dimensi tetapan k adalah:

$$[k] = \frac{[F]}{[r][v]} = \frac{[M][L][T]^{-2}}{[L]([L][T]^{-1})} = [M][L]^{-1}[T]^{-1}$$

Jika anda bisa menentukan bagaimana suatu besaran bergantung pada besaran-besaran lainnya, maka anda dapat menggunakan metode analisis dimensional untuk menentukan suatu persamaan yang menghubungkan besaran-besaran tersebut. Anda harus ingat karena dalam suatu persamaan mungkin muncul angka tanpa dimensi, maka angka tersebut kita wakili dengan suatu konstanta tanpa dimensi, misalnya konstanta k . Untuk jelasnya pelajarilah contoh berikut ini.

Contoh 7. Analisis dimensi untuk menurunkan persamaan

(a) Perhatikan gerak melingkar horizontal yang ditempuh oleh sebuah batu yang diikat pada ujung seutas tali. Kita anggap bahwa gaya tegang F dalam kawat bergantung pada besaran-besaran berikut: massa batu m , kelajuan batu v , dan jari-jari lintasan r . Tentukan persamaan gaya tegang dalam kawat (F).

Tips: Kita dapat menulis persamaan gaya tegang dalam kawat sebagai:

$$F = k m^x v^y r^z \dots (*)$$

dimana x , y , dan z adalah pangkat yang tak diketahui dan k adalah tetapan tanpa dimensi. Selanjutnya dengan menggunakan prinsip: *dimensi ruas kiri = dimensi ruas kanan*, kita bisa menghitung nilai-nilai x , y , dan z , dan akhirnya menemukan persamaan untuk gaya tegang dalam kawat.

Jawab: Dimensi gaya F adalah $[M] [L] [T]^{-2}$ (lihat contoh 1.2 (d)), dimensi massa m adalah $[M]$, dimensi kelajuan v adalah $[L] [T]^{-1}$ (lihat contoh 1.2 (c)), dan dimensi jari-jari r adalah $[L]$.

$$\begin{aligned}
 [F] &= k[m]^x[v]^y[r]^z \\
 [M] [L] [T]^{-2} &= ([M])^x ([L] [T]^{-1})^y ([L])^z && (k \text{ tak berdimensi}) \\
 [M]^1 [L]^1 [T]^{-2} &= [M]^x [L]^{y+z} [T]^{-y} && [M] [L] [T]^{-2} \text{ ditulis} \\
 &&& \text{sebagai } [M]^1 [L]^1 [T]^{-2}
 \end{aligned}$$

Supaya dimensi ruas kiri = dimensi ruas kanan, maka pangkat dari $[M]$, $[L]$ dan $[T]$ di kedua ruas harus sama. Kita peroleh:

$$\text{pangkat } [M] : 1 = x \quad \Rightarrow x = 1$$

$$\text{pangkat } [T] : -2 = -y \quad \Rightarrow y = 2$$

$$\text{pangkat } [L] : 1 = y+z$$

$$1 = 2 + z \quad \Rightarrow z = -1$$

masukkan nilai-nilai x , y , dan z di atas ke dalam persamaan (*), sehingga akan kita peroleh persamaan gaya tegang dalam tali:

$$F = k m^1 v^2 r^{-1} \text{ atau } F = k \frac{m v^2}{r}$$

Dalam modul 6 anda bisa melihat bahwa gaya tegang dalam tali ini merupakan gaya sentripetal yang selalu mengarah ke pusat lingkaran dan menyebabkan suatu benda menempuh gerak melingkar.

(b) Perhatikan getaran dari suatu bandul sederhana. Kita anggap bahwa period bandul T bergantung pada besaran-besaran berikut: massa beban bandul m , panjang bandul ℓ , dan percepatan gravitasi g . Tentukan persamaan period (T) sebuah bandul sederhana.

Tips: Kita dapat menulis persamaan periode bandul sederhana sebagai:

$T = k m^x \ell^y g^z \dots$ (*) dengan k adalah tetapan tanpa dimensi. Selanjutnya dengan cara seperti pada contoh (a) kita dapat menurunkan persamaan untuk periode bandul sederhana.

Jawab: Dimensi period T adalah [T], dimensi massa m adalah [M], dimensi panjang bandul ℓ adalah [L], dan dimensi percepatan gravitasi g adalah [L][T]⁻² (lihat contoh 1.2 (c)). Dari persamaan (*) kita peroleh:

$$[T] = k[m]^x [\ell]^y [g]^z$$

$$[T] = ([m])^x ([L])^y ([L][T]^{-2})^z \quad (k \text{ tak berdimensi})$$

Ruas kiri [T] dapat kita tulis sebagai [M]⁰ [L]⁰ [T]¹ sehingga:

$$[M]^0 [L]^0 [T]^1 = [M]^x [L]^{y+z} [T]^{-2z}$$

Dengan menyamakan pangkat dari [M], [L] dan [T] di kedua ruas kita peroleh:

$$\text{Pangkat [M]} : 0 = x \quad \Rightarrow x = 0$$

$$\text{Pangkat [T]} : 1 = -2z \quad \Rightarrow z = \frac{-1}{2}$$

$$\text{Pangkat [L]} : 0 = y + z \quad \Rightarrow y = -z \quad \Rightarrow y = \frac{1}{2}$$

Dengan memasukkan nilai-nilai x, y, z ke dalam persamaan (*), akan kita peroleh persamaan periode bandul sederhana:

$$T = k m^0 \ell^{1/2} g^{-1/2}$$

$$T = k \frac{\ell^{1/2}}{g^{1/2}} \text{ atau } T = k \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

e. Notasi Ilmiah

Pengukuran dalam fisika terbentang mulai dari ukuran partikel yang sangat kecil, seperti massa elektron, sampai dengan ukuran yang sangat besar, seperti massa bumi. Penulisan hasil pengukuran benda sangat besar, misalnya massa bumi kira-kira.

6 000 000 000 000 000 000 000 000 kg

atau hasil pengukuran partikel sangat kecil, misalnya massa sebuah elektron kira-kira:

0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 911 kg

memerlukan tempat yang lebar dan sering salah dalam penulisannya. Untuk mengatasi masalah tersebut, kita dapat menggunakan *notasi ilmiah* atau *notasi baku*.

Dalam notasi ilmiah, hasil pengukuran dinyatakan sebagai:

$$a, \dots\dots\dots \times 10^n \dots\dots\dots \quad (1.1)$$

di mana:

a adalah bilangan asli mulai dari 1 sampai dengan 9,
 n disebut *eksponen* dan merupakan bilangan bulat.

Dalam persamaan (1.1),

$a, \dots\dots\dots$ disebut *bilangan penting*,
 10^n disebut *orde besar*.

(Bilangan penting akan dibahas lebih lanjut)

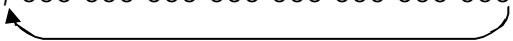
f) Strategi Pemecahan Masalah

Penulisan dengan Notasi Ilmiah

Dalam mengubah penulisan hasil pengukuran dari notasi biasa ke notasi ilmiah, pertama kali yang perlu anda perhatikan adalah apakah bilangan hasil pengukuran lebih besar atau sama dengan 10 atautkah lebih kecil daripada 1.

Jika bilangan adalah *lebih besar* atau *sama dengan* 10, berilah koma desimal di akhir bilangan tersebut jika bilangan tersebut belum memiliki koma desimal, kemudian pindahkan koma desimal tersebut ke kiri sampai tersisa hanya satu angka di kiri koma desimal. Contohnya untuk massa bumi,

6 000 000 000 000 000 000 000 000 kg
 6 000 000 000 000 000 000 000 000, kg *koma desimal di akhir bilangan*
 6, 000 000 000 000 000 000 000 000, kg *koma desimal dipindah ke kiri sampai tersisa hanya satu angka di kiri, yaitu 6*



Selanjutnya, hitung banyak angka yang dilewati ketika anda memindahkan koma desimal ke kiri. Banyak angka tersebut menyatakan *eksponen positif*.

$$6,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000, \text{ kg} = 6 \times 10^{+24} \text{ kg}$$

melewati 24 angka

Dalam kasus ini, bilangan penting = 6 dan orde besar = 10^{24} . Perhatikan, angka nol di kanan 6 kita anggap bukan angka penting (aturan angka penting akan dijelaskan dalam Subbab 1.6.).

Jika bilangan adalah *lebih kecil* daripada 1, pindahkan koma desimal ke kanan sampai ketemu satu angka bukan nol di kiri koma desimal. Contohnya untuk massa elektron.

$$0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,911 \text{ kg}$$

$$0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,0009,11 \text{ kg}$$

koma desimal dipindah ke kanan sampai ketemu satu angka bukan nol di kiri koma desimal, yaitu angka 9.

Selanjutnya, hitung banyaknya angka yang dilewati ketika Anda memindahkan koma desimal ke kanan. Banyaknya angka tersebut menyatakan *eksponen negatif*.

$$0,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,9,11 \text{ kg} = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

melewati 31 angka

Dalam kasus ini, bilangan penting = 9,11 dan orde besar = 10^{-31} .

Contoh 8. Penulisan dengan notasi ilmiah

Tuliskan hasil-hasil pengukuran berikut dalam notasi ilmiah. Sebutkan juga bilangan penting dan orde besarnya.

- (a) 357 s
- (b) 67 750, 6 kg
- (c) 86 000 000 000 m
- (d) 0,008 kg
- (e) 0,003 50 m
- (f) 0,000 000 095 s

Tips: Untuk bilangan yang lebih besar dari 10 (soal (a), (b), dan (c)), pindahkan koma desimal ke kiri dan eksponennya positif. Sedang untuk

bilangan yang lebih kecil dari 1 (soal (d), (e), dan (f)), pindahkan koma desimal ke kanan dan eksponenya negatif (lihat kotak pemecahan masalah).

Jawab:

(a) 357, s Tulis koma desimal di akhir bilangan

3,57, s Pindahkan koma desimal ke kiri sampai diperoleh satu angka di kiri koma desimal

$3,57, s = 3,57 \times 10^2 s$ eksponen positif

melewati 2 angka Bilangan penting = 3,57
orde besar = 10^2

(b) 67 750,6 Bilangan ? 10 dan telah memiliki koma desimal

$6,7\ 750,6\ \text{kg} = 6,77506 \times 10^4\ \text{kg}$ eksponen positif

melewati 4 angka Bilangan penting = 6,77506
orde besar = 10^4

(c) 86 000 000 000, m Koma desimal di akhir bilangan

$8,6\ 000\ 000\ 000, m = 8,6 \times 10^{10}\ \text{kg}$ eksponen positif

melewati 10 angka Bilangan penting = 8,6
orde besar = 10^{10}

(d) 0,008 kg Bilangan < 1

$0,008, \text{kg} = 8 \times 10^{-3}\ \text{kg}$ eksponen negatif

melewati 3 angka Bilangan penting = 8
orde besar = 10^{-3}

(e) 0,003 50 m Bilangan < 1

$0,003, 50\ \text{m} = 3,50 \times 10^{-3}\ \text{m}$ eksponen negatif

3 angka Bilangan penting = 3,5
orde besar = 10^{-3}

(f) 0,000 000 095 s Bilangan < 1

$0,000\ 000\ 09,5\ \text{s} = 9,5 \times 10^{-8}\ \text{s}$ eksponen negatif

8 angka Bilangan penting = 9,5
orde besar = 10^{-8}

Penulisan dengan notasi ilmiah memudahkan hitungan aljabar: tambah, kurang, bagi dan kali. Perlu anda perhatikan bahwa operasi tambah atau kurang hanya dapat dilakukan jika eksponennya sama. Jika eksponennya tidak sama maka anda terlebih dahulu harus menyamakan eksponennya.

Contoh 9. Penjumlahan dan pengurangan dalam notasi ilmiah

Tentukan nilai penjumlahan dan pengurangan berikut. Tulis jawaban akhir dalam notasi ilmiah juga.

(a) $3 \times 10^6 \text{ m} + 5 \times 10^6 \text{ m} = (3 + 5) \times 10^6 \text{ m}$ eksponen sudah sama.
 $= 8 \times 10^6 \text{ m}$

(b) $4,0 \times 10^6 \text{ m} + 7 \times 10^5 \text{ m}$
 $= 4,0 \times 10^6 \text{ m} + (0,7 \times 10^1) \times 10^5 \text{ m}$ menyamakan eksponen dengan 6
 $= 4,0 \times 10^6 \text{ m} + 0,7 \times 10^6 \text{ m} = \mathbf{4,7 \times 10^6 \text{ m}}$

(c) $7,4 \times 10^{-3} \text{ m} - 2,8 \times 10^{-3} \text{ m}$
 $= (7,4 - 2,8) \times 10^{-3} \text{ m} = \mathbf{4,6 \times 10^{-3} \text{ m}}$

(d) $5,0 \times 10^{-6} \text{ kg} - 3 \times 10^{-8} \text{ kg}$
 $= 5,0 \times 10^{-6} \text{ kg} - (0,03 \times 10^2) \times 10^{-8} \text{ kg}$ menyamakan eksponen dengan -6
 $= 5,0 \times 10^{-6} \text{ kg} - 0,03 \times 10^{-6} \text{ kg} = \mathbf{4,97 \times 10^{-6} \text{ kg}}$

Tidak seperti operasi tambah atau kurang, dalam operasi kali atau bagi eksponennya tidak perlu sama. Dalam operasi kali, eksponen dijumlahkan, sedangkan dalam operasi bagi, eksponen dikurangkan.

Contoh 10. Perkalian dan pembagian dalam notasi ilmiah

Tentukan hasil operasi berikut dan tulis hasilnya dalam notasi ilmiah.

(a) $(3 \times 10^6 \text{ m}) (2 \times 10^2 \text{ m}) = (3 \times 2) \times 10^{6+2} \text{ m}^2 = \mathbf{6 \times 10^8 \text{ m}^2}$

(b) $(5 \times 10^3 \text{ kg}) (6 \times 10^{12} \text{ m}) = (5 \times 6) \times 10^{3+12} \text{ kg m} = 30 \times 10^{15}$
 $= \mathbf{3 \times 10^{16} \text{ kg m}}$

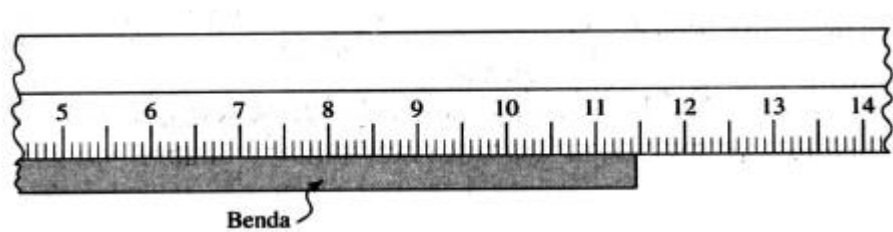
(c) $\frac{6 \times 10^6 \text{ m}}{2 \times 10^4 \text{ s}} = (6 : 2) \times 10^{6-4} = 3 \times 10^2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(d) $\frac{8 \times 10^6 \text{ kg}}{2 \times 10^{7-2} \text{ m}^3} = (8 : 2) \times 10^{6-(-2)} = 4 \times 10^8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

g. Pengukuran Mekanik Dengan Alat Ukur Yang Berbeda Ketelitiannya

Telah anda ketahui bahwa mengukur adalah membandingkan sesuatu yang diukur dengan sesuatu lain yang sejenis yang ditetapkan sebagai satuan. Dalam hal ini kita akan melakukan pengukuran panjang dengan menggunakan alat ukur yang berbeda tingkat ketelitiannya, yaitu: penggaris, jangka sorong, dan mikrometer sekrup. *Ketelitian* didefinisikan sebagai ukuran ketepatan yang dapat dihasilkan dalam suatu pengukuran, dan ini berhubungan dengan skala terkecil dari alat ukur yang digunakan dalam pengukuran.

Berdasarkan skala terkecilnya, ada berbagai macam mistar. Mistar yang skala terkecilnya 1 mm disebut mistar berskala mm dan yang skala terkecilnya 1 cm disebut mistar berskala cm. Mistar yang biasa anda gunakan di sekolah adalah *mistar mm*, seperti ditunjukkan pada gambar 6. Satu bagian skala terkecil mistar ini adalah 1 mm atau 0,1 cm, sehingga ketelitian mistar ini adalah 1 mm atau 0,1 cm.

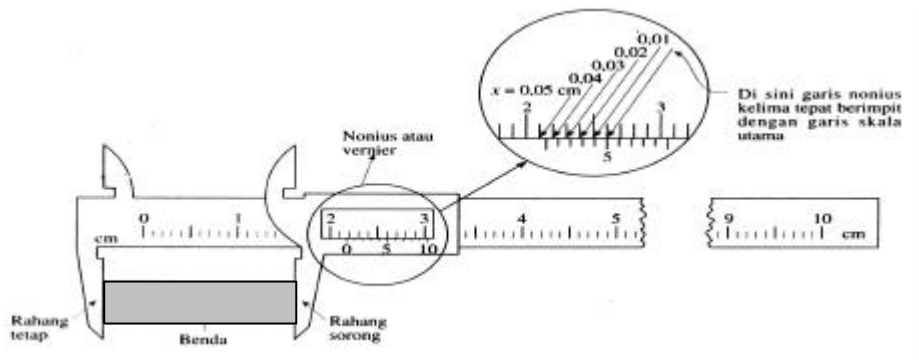


Gambar 6. Mengukur panjang benda dengan mistar berskala mm.

Pada gambar 6 ditunjukkan bagaimana mengukur panjang benda dengan mistar. Tampak bahwa panjang benda lebih dari 11,4 cm karena ujung benda berada di antara garis skala 11,4 cm dan 11,5 cm. Kita tulis hasil pengukuran panjang tersebut sebagai 11,45 cm atau 114,5 mm. Tentu saja angka terakhir, yaitu angka 5 adalah *angka taksiran*.

Jangka sorong, seperti ditunjukkan pada Gambar 7, memiliki bagian utama yang disebut *rahang tetap* dan *rahang sorong* (rahang geser). Skala panjang yang tertera pada rahang sorong disebut *nonius* atau *vernier*. Nonius memiliki panjang 9 cm dan dibagi atas 10 skala, sehingga beda satu skala

nonius dengan satu skala utama adalah 0,1 mm atau 0,01 cm. Nilai 0,1 mm atau 0,01 cm merupakan ketelitian jangka sorong.



Gambar 7. Pengukuran panjang benda dengan jangka sorong.

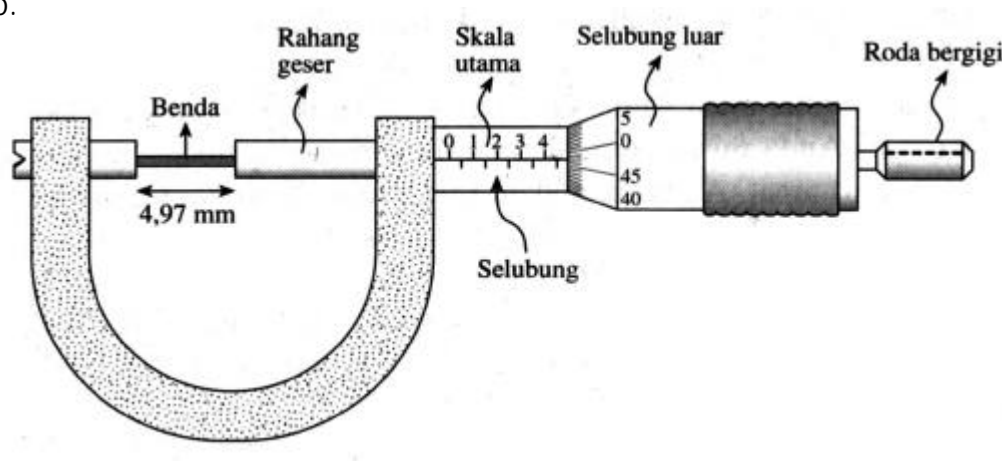
Contoh 11 Pengukuran panjang dengan jangka sorong

Tentukan panjang benda yang diukur dengan jangka sorong, seperti yang terlihat pada Gambar 7.

Jawab: Cara mendapatkan hasil pengukuran dengan jangka sorong adalah sebagai berikut:

- Perhatikan angka pada skala utama yang berdekatan dengan angka 0 pada nonius. Dalam kasus pada gambar 7, angka tersebut adalah 2,1 cm dan 2,2 cm.
- Perhatikan garis nonius yang tepat berimpit dengan garis pada skala utama. Dalam kasus di sini, garis nonius yang tepat berimpit dengan garis pada skala utama adalah garis *kelima*.
- Dari (a) dan (b) diperoleh bacaan jangka sorong:
 $2,1 + 0,05 = 2,15$ cm atau 21,5 mm tanpa ada angka yang ditaksir, seperti pada mistar. Karena hasil pengukuran selalu mengandung angka terakhir sebagai angka taksiran, maka pengukuran panjang di atas harus dilaporkan sebagai **21,50 mm**.

Mikrometer sekrup ditunjukkan pada Gambar 8. Jika selubung luar diputar lengkap 1 kali maka rahang geser dan juga selubung luar maju atau mundur 0,5 mm. Karena selubung luar memiliki 50 skala, maka 1 skala pada selubung luar sama dengan jarak maju atau mundur rahang geser sejauh $0,5 \text{ mm} / 50 = 0,01 \text{ mm}$. Bilangan 0,01 mm ini merupakan ketelitian mikrometer sekrup.



Gambar. 8 Pengukuran panjang dengan mikrometer sekrup.

Contoh 12 Pengukuran panjang dengan mikrometer sekrup

Tentukan panjang benda yang diukur dengan mikrometer sekrup, seperti yang terlihat pada gambar 8.

Jawab: Cara mendapatkan hasil pengukuran dengan mikrometer sekrup adalah sebagai berikut:

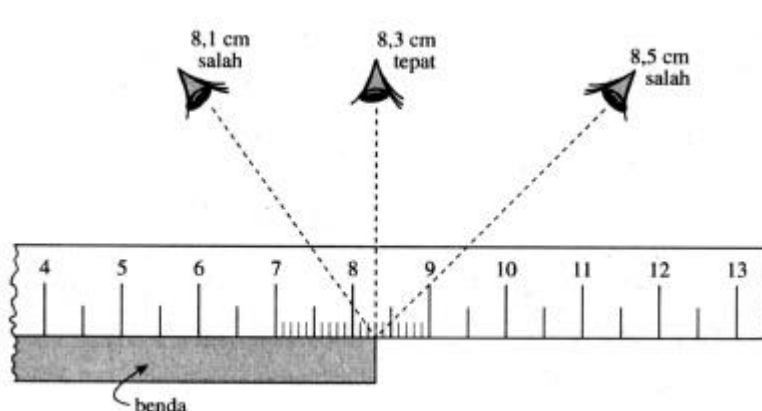
- a. Perhatikan garis skala utama yang terdekat dengan tepi selubung luar. Dalam kasus pada gambar 8, garis skala utama tersebut adalah 4,5 mm lebih.
- b. Perhatikan garis mendatar pada selubung luar yang berimpit dengan garis mendatar pada skala utama. Dalam kasus di sini, garis mendatar pada selubung luar yang berimpit dengan garis mendatar pada skala utama adalah garis ke-47 (lihat gambar 8 dengan seksama).
- c. Dari (a) dan (b) diperoleh bacaan mikrometer sekrup:

$$\begin{aligned}
 4,5 \text{ mm} + 47 \text{ bagian} &= 4,5 \text{ mm} + 0,47 \text{ mm} \\
 &= 4,97 \text{ mm tanpa ada angka yang ditaksir.}
 \end{aligned}$$

Karena hasil pengukuran selalu mengandung angka terakhir sebagai angka taksiran, maka pengukuran panjang di atas dilaporkan sebagai **4,970 mm**.

Anda telah mengetahui ketelitian pengukuran sebagai ukuran ketepatan yang dapat dihasilkan dalam suatu pengukuran. Ketelitian pengukuran bergantung pada alat ukur yang digunakan. Dalam pengukuran juga dikenal tentang *kesalahan pengukuran*. Kesalahan pengukuran dapat disebabkan oleh manusia pemakai alat ukur atau oleh alat ukur itu sendiri. Kesalahan pengukuran oleh faktor manusia yang akan dibahas hanyalah *kesalahan paralaks*, sedang kesalahan pengukuran oleh alat ukur yang akan dibahas hanyalah *kesalahan mutlak*.

Sewaktu anda mengukur panjang suatu benda dengan mistar maka pembacaan tanda garis skala yang tepat adalah jika mata anda tepat tegak lurus pada tanda garis skala yang akan anda baca. Jika posisi mata anda miring terhadap tana garis skala maka hasil bacaan anda tentang panjang benda tidaklah tepat. Anda dikatakan melakukan *kesalahan paralaks*. Jadi, **kesalahan paralaks** adalah kesalahan membaca skala alat ukur karena posisi mata tidak tepat seperti yang dianjurkan. Pada gambar 9 diilustrasikan tentang kesalahan paralaks. Pembacaan yang tepat memberikan hasil 8,3 cm. Jika posisi mata miring ke kanan diperoleh hasil bacaan yang lebih kecil, yaitu 8,1 cm dan jika posisi mata miring ke kiri diperoleh hasil bacaan yang lebih besar, yaitu 8,5 cm.



Gambar 9. Ilustrasi kesalahan paralaks

Kesalahan mutlak suatu pengukuran adalah kesalahan terbesar yang mungkin timbul dalam pengukuran. Kesalahan mutlak sama dengan ketelitian alat ukur yang digunakan. Jika anda menggunakan mistar berskala milimeter, jangka sorong dan mikrometer sekrup dalam mengukur panjang suatu benda, maka kesalahan mutlaknya berturut-turut 1 mm, 0,1 mm dan 0,01 mm. *Persen kesalahan* ialah hasil bagi kesalahan mutlak dengan hasil pengukuran dikalikan dengan 100%. Pada tabel 1.4 ditunjukkan persen kesalahan dalam pengukuran benda yang panjangnya 5 mm ketika anda menggunakan mistar, jangka sorong dan mikrometer sekrup.

Tabel 4. Persen kesalahan mutlak

Alat Ukur	Ketelitian	Panjang benda	Persen kesalahan mutlak
Mistar	1 mm	5 mm	$\frac{1 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} \times 100\% = 20\%$
Jangka sorong	0,1 mm	5 mm	$\frac{0,1 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} \times 100\% = 2\%$
Mikrometer sekrup	0,01 mm	5 mm	$\frac{0,01 \text{ mm}}{5 \text{ mm}} \times 100\% = 0,2\%$

h. Angka Penting

Anda telah mengukur panjang benda dengan mistar berskala mm dan melaporkan hasilnya dalam 4 angka penting, yaitu 114,5 mm. Jika panjang benda ini anda ukur dengan jangka sorong maka hasilnya dilaporkan dalam 5 angka penting, misalnya 114,40 mm, dan jika anda ukur dengan mikrometer sekrup maka hasilnya dilaporkan dalam 6 angka penting, misalnya 114,390 mm. Ini menunjukkan bahwa banyak angka penting yang anda laporkan sebagai hasil pengukuran mencerminkan ketelitian suatu pengukuran. *Makin banyak angka penting yang dapat Anda laporkan, makin teliti pengukuran itu.* Tentu saja pengukuran panjang dengan mikrometer sekrup lebih teliti dari jangka sorong dan mistar.

Perhatikan kembali hasil pengukuran mistar yang anda nyatakan sebagai bilangan penting yang mengandung 4 angka penting 114,5 mm. Tiga angka pertama, yaitu 1, 1, dan 4 adalah angka eksak karena dapat anda baca pada skala, sedang satu angka terakhir, yaitu 5 adalah angka taksiran karena angka ini tidak bisa anda baca pada skala, tetapi hanya Anda taksir. Dapatlah kita definisikan bahwa *angka penting adalah semua angka yang diperoleh dari hasil pengukuran, yang terdiri dari angka eksak dan satu angka terakhir yang ditaksir (atau diragukan).*

Misalkan ujung benda dekat pada tanda 114 mm maka dalam kasus seperti ini anda harus melaporkan hasil pengukuran sebagai 114,0 mm. Nol di sini termasuk angka penting karena angka ini menyampaikan informasi. Selanjutnya, *semua angka bukan nol yang diperoleh dari hasil pengukuran termasuk angka penting.*

Angka nol sering menimbulkan suatu masalah. Angka nol pada 114,0 mm termasuk angka penting. Tetapi *angka nol yang hanya berfungsi sebagai tempat titik desimal bukanlah angka penting.* Sebagai contoh, pada 0,0048 kg hanya mengandung dua angka penting, yaitu 4 dan 8, sedangkan dua angka nol sebelum angka 48 bukan angka penting. Pada hasil pengukuran 0,004800 terdapat empat angka penting karena kedua angka nol sesudah angka 48 termasuk angka penting. Dengan demikian *angka nol yang terletak pada deretan akhir dari angka-angka yang ditulis di belakang koma desimal termasuk angka penting.*

Bagaimanakah dengan banyak angka penting pada hasil pengukuran yang dilaporkan sebagai 1300 gram? Kedua angka nol di kanan angka 3 bisa saja termasuk angka penting tetapi bisa juga tidak. Atau bisa saja angka nol tepat di kanan angka 3 termasuk angka penting sedang angka nol berikutnya bukan angka penting, melainkan hanya sebagai tempat titik desimal. Untuk menghindari masalah seperti ini, pengukuran seperti ini harus dilaporkan dalam *notasi ilmiah*. Dalam kondisi ilmiah maka semua angka yang tampil sebelum orde besar termasuk angka penting. Dengan demikian 1300 gram ditulis:

$1,3 \times 10^3$ gram memiliki *dua* angka penting, yaitu 1 dan 3

$1,30 \times 10^3$ gram memiliki *tiga* angka penting, yaitu 1, 3, dan 0

$1,300 \times 10^3$ gram memiliki *empat* angka penting, yaitu 1, 3, 0, dan 0

Akhirnya dapatlah kita rangkum aturan-aturan tentang angka penting yang dapat kita gunakan untuk menentukan banyak angka penting pada suatu hasil pengukuran, seperti ditunjukkan berikut ini.

Aturan-aturan Angka Penting:

1. Semua angka bukan nol adalah angka penting.
2. Angka nol yang terletak di antara dua angka bukan nol termasuk angka penting.
3. Semua angka nol yang terletak pada deretan akhir dari angka-angka yang ditulis di belakang koma desimal termasuk angka penting.
4. Angka-angka nol yang digunakan hanya untuk tempat titik desimal adalah bukan angka penting.
5. Bilangan-bilangan puluhan, ratusan, ribuan, dan seterusnya yang memiliki angka-angka nol pada deretan akhir harus dituliskan dalam notasi ilmiah agar jelas apakah angka-angka nol tersebut adalah angka penting atau bukan.

Contoh 13 Menentukan banyak angka penting

- (a) 836,5 g memiliki **empat** angka penting (*Aturan 1*)
- (b) 75,006 kg memiliki **lima** angka penting (*Aturan 2*)
- (c) 0,006 m memiliki **satu** angka penting (*Aturan 4*)
- (d) 0,0060 m memiliki **dua** angka penting (*Aturan 3*)
- (e) 8900 g ditulis $8,9 \times 10^3$ memiliki **dua** angka penting (*Aturan 5*)
- (f) 8900 g ditulis $8,90 \times 10^3$ memiliki **tiga** angka penting (*Aturan 5*)
- (g) 8900 g ditulis $8,900 \times 10^3$ memiliki **empat** angka penting (*Aturan 5*).

Anda harus dapat membedakan antara bilangan penting dan bilangan eksak. *Bilangan penting* adalah bilangan yang diperoleh dari hasil

pengukuran, yang terdiri dari angka-angka penting yang sudah pasti (terbaca pada alat ukur) dan satu angka terakhir yang ditaksir atau diragukan. Sedangkan *bilangan eksak* adalah bilangan yang sudah pasti (tidak diragukan nilainya), yang diperoleh dari kegiatan membilang. Sebagai contoh ketika anda membilang (menghitung) banyak telur dalam suatu keranjang. Anda menyatakan bahwa ada 100 butir telur; bilangan 100 ini adalah bilangan eksak.

Contoh 14 Membedakan bilangan penting dan bilangan eksak

Termasuk bilangan penting atautkah bilangan eksak pada bilangan-bilangan yang dicetak miring berikut ini?

(a) Tinggi Badi *165* cm.

165 adalah **bilangan penting** karena diperoleh dari hasil pengukuran panjang.

(b) Skor PSIS – Persebaya *2 – 1*

Bilangan 2 dan 1 adalah **bilangan eksak** karena diperoleh dari kegiatan membilang, bukan mengukur.

(c) Penduduk kabupaten Tanah Toraja Juli 1993 adalah *326 693* jiwa.

Bilangan 326 693 adalah **bilangan eksak** karena diperoleh dari kegiatan membilang jumlah penduduk.

(d) Tegangan dan arus listrik di rumah anda adalah *220 V 16* A.

Bilangan 220 dan 16 adalah **bilangan penting** sebab diperoleh dari hasil pengukuran tegangan listrik dan kuat arus listrik.

Berhitung Dengan Angka Penting

Dalam perhitungan kita sering memperoleh jawaban yang memiliki lebih banyak angka daripada yang telah kita tetapkan dalam suatu aturan. Karena itu sangatlah perlu untuk meniadakan angka-angka tidak penting agar dapat menyatakan jawaban dengan banyak angka penting yang sesuai. Ketika angka-angka ditiadakan dari suatu bilangan, nilai dari angka terakhir yang dipertahankan ditentukan dengan suatu proses yang disebut sebagai

pembulatan bilangan. Ada dua aturan yang akan digunakan dalam buku ini untuk membulatkan bilangan.

Aturan 1:

Jika angka pertama setelah angka yang akan anda pertahankan adalah 4 atau lebih kecil, angka itu dan seluruh angka di sebelah kanannya ditiadakan. Angka terakhir yang dipertahankan tidak berubah. Sebagai contoh mari kita bulatkan sampai empat angka:

$$75,494 = \mathbf{75,49}$$

↙ *Angka ini ditiadakan*

$$1,00839 = 1,008$$

↙ *Kedua angka ini ditiadakan*

Aturan 2 :

Jika angka pertama setelah angka yang akan anda pertahankan adalah 5 atau lebih besar, angka itu dan seluruh angka di sebelah kanannya ditiadakan. Angka terakhir yang dipertahankan bertambah satu. Sebagai contoh mari kita bulatkan sampai empat angka:

$$1,037878 = \mathbf{1,038}$$

↙ *ketiga angka ini ditiadakan*
↘ *Angka ini diubah ke 8*

$$28,027500 = \mathbf{28,03}$$

↙ *ketiga angka ini ditiadakan*
↘ *Angka ini diubah ke 3*

$$12,897 = \mathbf{12,90}$$

↙ *Angka ini ditiadakan*
↘ *Angka ini diubah ke 8*

Hasil operasi matematis yang diperoleh dari pengukuran tidak bisa lebih teliti daripada hasil pengukuran dengan ketelitian paling kecil. Misalkan diperoleh hasil-hasil pengukuran panjang: 8,16 m dan 16,3 m. Anda diminta untuk menyatakan hasil penjumlahan dari kedua pengukuran tersebut. Telah anda ketahui, hasil pengukuran 8,16 m memiliki ketelitian 0,1m (sebab angka terakhir, yaitu 6 adalah angka taksiran), sedang hasil pengukuran 16,3 m

memiliki ketelitian 1 meter (sebab angka terakhir 3 adalah angka taksiran). Sesuai dengan aturan maka hasil penjumlahan hanya boleh memiliki ketelitian 1 meter, yaitu hasil pengukuran dengan ketelitian paling kecil. Pertama, jumlahkan 8,16 m dengan 16,3 m untuk memperoleh hasil 24,46 m. Kemudian, bulatkan hingga hasilnya memiliki ketelitian 1 m. Diperoleh hasil 24,5 m, dimana angka 5 adalah angka taksiran (atau angka yang diragukan). Jadi, dapatlah kita nyatakan bahwa *hasil penjumlahan atau pengurangan hanya boleh mengandung satu angka taksiran (ingat bahwa angka taksiran adalah angka terakhir).*

Contoh 15 Penjumlahan atau pengurangan bilangan-bilangan penting

- (a) Jumlahkan 273,219 g; 15,5 g dan 8,43 g.
- (b) Jumlahkan $2,74 \times 10^4$ g dan $5,950 \times 10^3$ g.
- (c) Kurangkan 468,39 m dengan 412 m.
- (d) Kurangkan $5,4 \times 10^2$ dengan 265 m.

Tips: Lakukan operasi penjumlahan atau pengurangan secara biasa, kemudian bulatkan hasilnya hingga memiliki ketelitian sama dengan ketelitian terkecil dari salah satu bilangan yang terlibat dalam operasi tersebut.

Jawab:

- | | | |
|-----------------------|--------------|--|
| (a) 273,21 <u>9</u> g | \leftarrow | 9 angka taksiran |
| 15, <u>5</u> g | \leftarrow | 5 angka taksiran |
| 8,4 <u>3</u> g | \leftarrow | 3 angka taksiran |
| ----- + | | |
| 297, <u>149</u> | \leftarrow | dibulatkan 297,1 g karena hanya boleh mengandung satu angka taksiran. |

(b) $2,74 \times 10^4 \text{ g} = 27,4 \times 10^3 \text{ g}$ ✍ 4 angka taksiran
 $5,950 \times 10^3 \text{ g} = 5,950 \times 10^3 \text{ g}$ ✍ 0 angka taksiran

$$\begin{array}{r} \text{-----} + \\ 33,350 \times 10^3 \text{ g} \end{array}$$
 ✍ dibulatkan $33,4 \times 10^3 \text{ g}$
 karena hanya boleh mengandung satu angka taksiran. Dalam notasi ilmiah dituliskan sebagai **$3,34 \times 10^4 \text{ g}$** .

(c) $468,39 \text{ m}$ ✍ 9 angka taksiran
 412 m ✍ 2 angka taksiran

$$\begin{array}{r} \text{-----} - \\ 56,39 \text{ m} \end{array} = 56 \text{ m}$$
 karena hanya boleh mengandung satu angka taksiran.

(d) $5,4 \times 10^2 = 540 \text{ m}$ ✍ 4 angka taksiran
 265 m ✍ angka taksiran

$$\begin{array}{r} \text{-----} - \\ 275 \text{ m} \end{array} = 280 \text{ m}$$
 karena hanya boleh mengandung satu angka taksiran. Supaya banyak angka pentingnya jelas, yaitu angka 2 dan 8, maka harus ditulis dalam *notasi ilmiah* sebagai:
 $280 \text{ m} = 2,8 \times 10^2 \text{ m}$

Suatu metode berbeda digunakan dalam operasi perkalian atau pembagian bilangan-bilangan penting. Pertama, lakukan prosedur perkalian atau pembagian dengan cara biasa. Kemudian, bulatkan hasilnya hingga memiliki banyak angka penting yang sama dengan salah satu bilangan yang terlibat, yang memiliki angka penting paling sedikit. Untuk lebih jelasnya, perhatikan hasil perkalian tersebut.

$3,22 \text{ m}$ ✍ memiliki tiga angka penting
 $2,1 \text{ m}$ ✍ memiliki dua angka penting (paling sedikit)

$$\begin{array}{r} \text{-----} \times \\ 322 \\ 644 \\ \text{-----} + \\ 6,762 \text{ m}^2 \end{array} = 6,8 \text{ m}^2$$
 karena hasil penjumlahan hanya boleh mengandung satu angka taksiran.

Tampak bahwa hasil perkalian $6,8 \text{ m}^2$ memiliki dua angka penting, dan ini sama dengan banyak angka penting yang dimiliki oleh $2,1 \text{ m}$, yaitu

bilangan yang memiliki angka penting paling sedikit yang terlibat dalam operasi perkalian.

Contoh 16 Perkalian atau pembagian bilangan-bilangan penting

Hitung operasi perkalian atau pembagian bilangan-bilangan berikut:

- (a) $0,6283 \text{ cm} \times 2,2 \text{ cm}$ (b) $4,554 \times 10^5 \text{ kg} : 3,0 \times 10^2 \text{ m}^3$

Tips: Pertama lakukan prosedur perkalian atau pembagian dengan cara biasa, Kemudian bulatkan hasilnya hingga memiliki banyak angka penting yang sama dengan salah satu bilangan yang terlibat dalam operasi, yang memiliki angka penting paling sedikit.

Jawab:

- (a) $0,6283 \text{ cm}$ ✍ empat angka penting
 $2,2 \text{ cm}$
 ----- x
 $1,38226 \text{ cm}^2$ dibulatkan menjadi **$1,4 \text{ cm}^2$** (dua angka penting)
 karena bilangan $2,2 \text{ cm}$ yang terlibat dalam operasi memiliki angka penting paling sedikit, yaitu dua angka penting.

- (b) $4,554 \times 10^5 \text{ g}$ ✍ empat angka penting
 $3,0 \times 10^2 \text{ m}^3$ ✍ dua angka penting (paling sedikit)

 $1,518 \times 10^{5-2} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ dibulatkan menjadi $1,5 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (dua angka penting)
 karena bilangan $3,0 \times 10^2 \text{ m}^3$ yang terlibat dalam operasi memiliki angka penting paling sedikit, yaitu dua angka penting.

Bagaimana jika operasi perkalian atau pembagian dilakukan antara bilangan penting dengan bilangan eksak? Hasil perkalian atau pembagian antara bilangan penting dengan bilangan eksak hanya boleh memiliki angka penting sebanyak angka penting pada bilangan pentingnya.

Contoh 17 Aplikasi perkalian atau pembagian antara bilangan penting dengan bilangan eksak

- (a) Tinggi sebuah batu bata 8,95 cm. Tentukan tinggi dua puluh lima tumpukan batu bata.

Jawab:

$$\begin{array}{r} 8,95 \text{ cm} \quad \text{✍} \quad \text{tiga bilangan penting} \\ 25 \quad \quad \quad \text{✍} \quad \text{bilangan eksak} \\ \hline \text{-----} \times \\ 223,75 \text{ cm} = \mathbf{224} \end{array}$$

Hasil dibulatkan menjadi 224 cm (tiga angka penting) agar sama dengan banyak angka penting pada bilangan penting 8,95 cm.

- (b) Lima siswa diukur tingginya. Hasil pengukuran adalah 155 cm, 159 cm, 1565 cm, 168 cm, dan 174 cm. Hitung tinggi rata-rata.

Jawab:

$$\begin{aligned} \text{tinggi rata-rata} &= \frac{155 + 159 + 165 + 168 + 174}{5} \\ &= \frac{821}{5} = 164,2 \text{ cm} = \mathbf{164 \text{ cm}}. \end{aligned}$$

Hasil dibulatkan sampai tiga angka penting, yaitu 164 cm, agar sama dengan banyak angka penting pada hasil pengukuran tinggi.

Bagaimana jika anda memangkatkan atau menarik akar dari suatu bilangan penting? Hasil memangkatkan atau menarik akar dari suatu bilangan penting hanya boleh memiliki angka penting sebanyak angka penting dari bilangan penting yang dipangkatkan atau ditarik akarnya.

Contoh 18 Aplikasi memangkatkan atau menarik akar suatu bilangan penting

- (a) Tentukan luas sebuah persegi yang memiliki sisi $3,50 \times 10^2$ cm.
- (b) Tentukan volume kubus yang memiliki rusuk 2,5 m.
- (c) Tentukan panjang sisi sebuah persegi yang luasnya 225 m^2 .
- (d) Tentukan panjang rusuk sebuah kubus yang volumenya 64 dm^3 .

Jawab:

- (a) sisi persegi $a = 3,50 \times 10^2$ cm (memiliki tiga angka penting)

$$\begin{aligned} \text{Luas persegi} &= a^2 \\ &= (3,50 \times 10^2 \text{ cm})^2 \\ &= 12,25 \times 10^4 \text{ cm}^2 = \mathbf{1,23 \times 10^5 \text{ cm}^2} \end{aligned}$$

Hasil dibulatkan sampai tiga angka penting karena diperoleh dengan memangkatkan bilangan penting yang memiliki tiga angka penting, yaitu $3,50 \times 10^2$ cm.

- (b) rusuk kubus $a = 2,5$ m (memiliki dua angka penting)

$$\begin{aligned} \text{volume kubus} &= a^3 = (2,5 \text{ m})^3 \\ &= 15,625 \text{ m}^3 = \mathbf{16 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

Volume kubus dibulatkan sampai dua angka penting karena diperoleh dengan memangkatkan bilangan penting yang memiliki tiga angka penting, yaitu 2,5 m.

- (c) luas persegi $A = 225 \text{ m}^2$ (memiliki tiga angka penting)

$$\begin{aligned} \text{sisi} &= \sqrt{A} = \sqrt{225 \text{ m}^2} = \mathbf{15,0 \text{ m}} \end{aligned}$$

ditulis dalam tiga angka penting karena diperoleh dari penarikan akar bilangan penting yang memiliki tiga angka penting.

- (d) volume kubus V (memiliki tiga angka penting)

$$\begin{aligned} \text{rusuk} &= \sqrt[3]{V} = \sqrt[3]{64,0 \text{ dm}^3} = \mathbf{4,00 \text{ dm}} \end{aligned}$$

ditulis dalam tiga angka penting karena diperoleh dari penarikan akar bilangan penting yang memiliki tiga angka penting.

c . Rangkuman

1. Dalam satuan Sistem Internasional (SI) ada tujuh besaran pokok. Ketujuh besaran pokok berikut satuannya adalah: panjang (m), massa (kg), waktu (s), kuat arus listrik (A), suhu (K), jumlah zat (mol), dan intensitas cahaya (cd).
2. Beberapa contoh besaran turunan berikut satuannya dalam SI adalah: luas (m^2), volume (m^3), massa jenis (kg m^{-3}), kecepatan (m s^{-1}), percepatan (m s^{-2}), dan gaya (kg m s^{-2} atau newton)
3. Satuan-satuan dalam persamaan diperlakukan seperti besaran aljabar lainnya.
4. Faktor konversi yang memiliki nilai 1 memberikan metode yang mudah untuk mengubah suatu satuan ke satuan lainnya.
5. Tiga dimensi besaran pokok yang paling sering anda jumpai dalam bab ini adalah panjang [L], massa [M], dan waktu [T]. Dimensi besaran turunan diperoleh dari dimensi besaran-besaran pokok sesuai dengan rumus besaran turunan tersebut jika dinyatakan hanya dalam besaran-besaran pokok.
6. Dua besaran atau lebih hanya dapat dijumlahkan atau dikurangkan jika keduanya memiliki dimensi yang sama. Dalam persamaan fisika, dimensi ruas kiri = dimensi ruas kanan.
7. Dua besaran skalar (misalnya usaha dan energi) atau dua besaran vektor (misalnya impuls dan momentum) adalah setara jika keduanya memiliki dimensi yang sama.
8. Bilangan yang sangat kecil dan sangat besar paling mudah jika dinyatakan dalam notasi ilmiah:
a, . . . $\times 10^n$ dengan a = bilangan bulat 1 sampai dengan 9
a, . . . menyatakan bilangan penting dan 10^n menyatakan orde besar. Untuk bilangan < 1 , n adalah negatif; untuk bilangan antara 1 dan 10, n adalah nol; dan untuk bilangan > 10 , n adalah positif. Dalam operasi perkalian, eksponen ditambahkan; dalam operasi pembagian,

eksponen dikurangkan; dan dalam operasi pemangkatan, eksponen dikalikan.

9. Ketelitian suatu alat ukur sama dengan skala terkecil pada alat ukur tersebut. Ketelitian mistar, jangka sorong, mikrometer sekrup berturut-turut adalah 1 mm; 0,1 mm; dan 0,01 mm.
10. Bilangan penting diperoleh dari kegiatan mengukur, sedangkan bilangan eksak diperoleh dari kegiatan membilang. Hasil perkalian atau pembagian antara bilangan penting dengan bilangan eksak hanya boleh memiliki angka penting sebanyak bilangan pentingnya.
11. Angka ? 4 ditiadakan dalam pembulatan, sehingga angka sebelumnya tidak berubah. Angka ? 5 dibulatkan ke atas, sehingga angka sebelumnya bertambah dengan satu.
12. Banyak angka penting dalam hasil perkalian atau pembagian bilangan-bilangan penting sama dengan banyak angka penting dari bilangan penting yang memiliki angka penting paling sedikit. Hasil penjumlahan atau pengurangan bilangan-bilangan penting hanya boleh mengandung satu angka taksiran. Hasil memangkatkan atau menarik akar suatu bilangan penting hanya boleh memiliki angka penting sebanyak angka penting dari bilangan penting yang dipangkatkan atau ditarik akarnya.

d . Tugas

1. Apakah yang menentukan ketelitian suatu pengukuran?
2. Tepatkah jika hasil pengukuran panjang dengan menggunakan mistar ditulis sebagai 20,55 mm?
3. Perhatikan persen kesalahan mutlak pada Tabel 1.4. Mengapa tidaklah tepat menggunakan mistar untuk mengukur benda yang panjangnya sekitar 5 mm? Jika diinginkan agar kesalahan mutlak pengukuran tidak lebih dari 5%, alat ukur apakah yang sebaiknya digunakan?

4. Hasil pengukuran panjang dan lebar sebuah meja belajar adalah 158 cm dan 75 cm. Tepatkah jika anda melaporkan luas meja itu sebagai 11 850 cm²? Jika tidak, jelaskanlah!
5. Tinggi sebuah kotak adalah 5,25 cm. Tepatkah jika anda melaporkan tinggi sepuluh kotak yang ditumpuk sama dengan 53 cm? Jika tidak jelaskan.
6. Tepatkah jika seorang siswa melaporkan hasil pengukuran volume adalah 2 500 cm³? Jika tidak, jelaskanlah.
7. Apakah bedanya menyatakan hasil pengukuran gaya: $6,4 \times 10^2$ newton dengan $6,40 \times 10^2$ newton?
8. Apakah setiap besaran harus memiliki satuan?
9. Apakah kejujuran, kebaikan, dan kesenian dapat digolongkan sebagai besaran?
10. Apakah pentingnya diadakan satuan-satuan Sistem Internasional?

e . Tes Formatif

1. Ubahlah setiap besaran di ruas kiri menjadi nilai ekivalennya dalam satuan di ruas kanan.
(a) 45 000 mg = ... kg (b) 200 dm³ = .. m³
2. Tentukan dimensi dari besaran-besaran berikut:
(a) luas (b) momentum
(Rumus untuk besaran-besaran ini dapat anda lihat pada tabel 1.3 kolom ke-2)
3. Kecepatan sebuah partikel dinyatakan dengan $v = P + Qt + Rt^2$. Dalam persamaan ini v menunjukkan kecepatan dan t adalah waktu. Tentukan dimensi dan satuan SI dari P , Q , R .
4. Momentum dan impuls adalah besaran vektor, dimana momentum adalah hasil kali massa dengan kecepatan dan impuls adalah hasil kali gaya dengan waktu. Buktikan bahwa momentum dan impuls adalah dua besaran vektor yang setara.

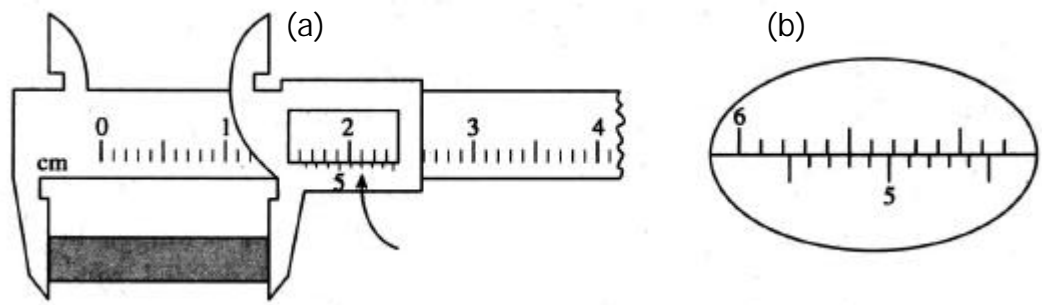
5. Gaya tarik-menarik antara dua benda yang massanya m_1 dan m_2 , dan terpisah sejauh r dapat dinyatakan dengan:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \text{ dengan } G \text{ adalah suatu konstanta.}$$

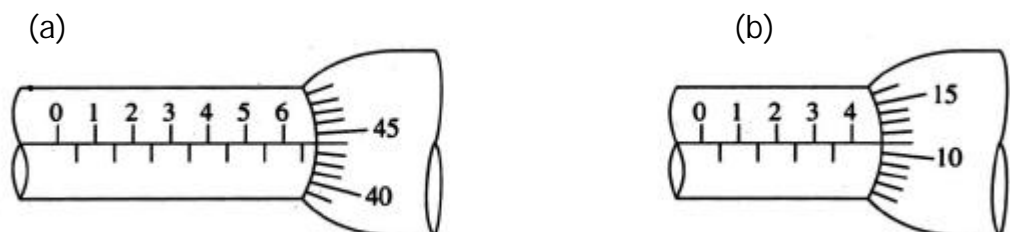
Tentukan dimensi dan satuan G !

6. Perpindahan suatu partikel ketika bergerak dengan percepatan tetap adalah bergantung pada waktu t dan percepatan a . Tentukanlah persamaan perpindahan partikel tersebut.
7. Tulislah bilangan 4200 m berikut dalam notasi ilmiah. Sebutkan juga bilangan penting dan orde besarnya.
8. Tentukan nilai penjumlahan dan pengurangan berikut. Tulis jawaban akhir dalam notasi ilmiah juga.
- (a) $4 \times 10^3 \text{ m} + 3 \times 10^3 \text{ m}$ (b) $6,2 \times 10^{-3} \text{ kg} - 2,8 \times 10^{-3} \text{ kg}$

9. Laporkan hasil pengukuran panjang dengan jangka sorong seperti pada gambar (a) berikut ini.



10. Laporkan hasil pengukuran panjang dengan mikrometer sekrup seperti pada gambar (a) berikut ini.



11. Tentukan banyak angka penting pada hasil-hasil pengukuran ini.

- (a) 32,45 kg (c) 0,00076 kg
 (b) 8,0006 kg (d) 0,000 030 m

12. Bulatkan bilangan-bilangan berikut ini ke banyak angka penting seperti yang ditunjukkan:
 (a) 43,345 (empat angka) (b) 0,08965 (dua angka)
13. Hitung hasil penjumlahan atau pengurangan bilangan-bilangan penting berikut ini.
 (a) $24,686 + 2,343 \text{ m} + 3,21 \text{ m}$ (b) $297,15 \text{ m} - 13,5 \text{ m}$
14. Hitung operasi perkalian atau pembagian bilangan-bilangan berikut:
 (a) $2,5 \text{ m} \times 3,14 \text{ m}$ (b) $323,75 \text{ N} : 5,0 \text{ m}^2$
15. Hasil pengukuran suhu dengan menggunakan termometer yang berbeda ketelitiannya dilaporkan sebagai: 21° ; $21,2^{\circ}$ dan $21,11^{\circ}$.
 Tentukan suhu rata-rata.

f . Kunci Jawaban

1. a. 0,045 kg b. 10^{-3} m^3
2. a. $[\text{L}]^2$ b. $[\text{M}][\text{L}][\text{T}]^{-1}$
3. Dimensi dari :
 P : $[\text{L}][\text{T}]^{-1}$ dan satuannya ms^{-1}
 Q : $[\text{L}][\text{T}]^{-2}$ dan satuannya ms^{-2}
 R : $[\text{L}][\text{T}]^{-3}$ dan satuannya ms^{-3}
4. Rumus : $mv = Ft$
 Dimensi : $[\text{M}][\text{L}][\text{T}]^{-1} = [\text{M}][\text{L}][\text{T}]^{-2} [\text{T}]$
 $= [\text{M}][\text{L}][\text{T}]^{-1}$
 Dimensi momentum (ruas kiri) sama dengan dimensi impuls (ruas kanan)
5. $[\text{M}]^{-1}[\text{L}]^3[\text{T}]^{-2}$ dan satuannya $\text{m}^3(\text{kg})^{-1}\text{s}^{-2}$
6. $S = at^2$
7. $4,2 \times 10^3$ bilangan penting 4,2 dan orde besar 10^3
8. a. 7×10^3 b. $3,4 \times 10^{-3}$

9. 2,07 mm
6. 6,94 mm
7. a. 4 b. 5 c. 2 d. 2
8. a. 43,35 b. 0,090
9. a. 30,24 b. 283,7
10. a. 7,9 m² b. 65 Nm⁻²
11. 21⁰

g . Lembar Kerja

Tujuan: Menciptakan sistem pengukuran

Melakukan Kegiatan Menciptakan Sistem Pengukuran

Dengan menggunakan benda-benda yang anda temukan di ruang kelas atau di rumah anda, ciptakanlah sistem pengukuran anda sendiri untuk panjang, massa, dan volume. Untuk setiap jenis pengukuran, cobalah untuk melibatkan satuan-satuan dari berbagai ukuran berbeda. Yakinkan bahwa "standar" anda harus sesuatu yang tetap konstan sepanjang waktu. Juga yakinkan bahwa anda dapat dengan mudah mengkonversi dari satu satuan ke satuan lainnya.

Begitu sistem pengukuran anda ditetapkan, buatlah suatu daftar benda-benda standar dan satuan yang ditampilkannya. Kemudian tantanglah teman anda untuk menggunakan sistem satuan anda untuk melakukan beberapa pengukuran.

BAB III. EVALUASI

A. TES TERTULIS

1. Ubahlah setiap besaran di ruas kiri menjadi nilai ekivalennya dalam satuan di ruas kanan.

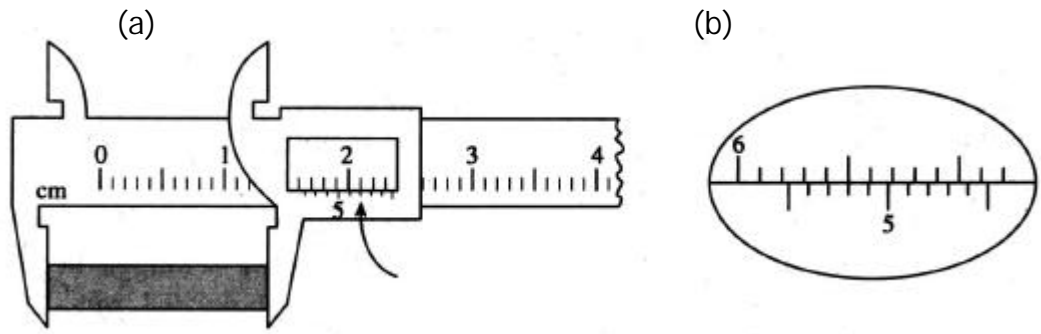
$$0,8 \frac{g}{cm^3} = \dots \frac{kg}{m^3}$$

2. Tentukan dimensi dari besaran-besaran berikut:
 - a. tekanan
 - b. berat jenis
3. Percepatan sebuah partikel dinyatakan dengan $a = Pt + Qt^2 + Rt^3$. Dalam persamaan ini a menunjukkan percepatan dan t adalah waktu. Tentukan dimensi dan satuan SI dari P , Q , R .
4. Usaha dan energi kinetik adalah besaran skalar. Buktikan bahwa usaha dan energi kinetik adalah dua besaran skalar yang setara.
5. Selidiki dengan analisis dimensi apakah persamaan berikut salah atau mungkin benar?
 $s = vt + \frac{1}{2} at^2$
dengan s = jarak, v = kecepatan, dan t = waktu.
6. Energi potensial suatu pegas E yang diregangkan sepanjang x dapat dinyatakan dengan:
 $E = kx^2$, dengan k adalah suatu konstanta.
Tentukan dimensi dan satuan k !
7. Tulislah bilangan 0,0000054 kg berikut dalam notasi ilmiah. Sebutkan juga bilangan penting dan orde besarnya.

8. Tentukan nilai penjumlahan dan pengurangan berikut. Tulis jawaban akhir dalam notasi ilmiah juga.

(a) $4,1 \text{ m} + 1,5468 \times 10^3 \text{ m}$ (b) $2,31 \times 10^{-2} \text{ kg} - 6,1 \times 10^{-3} \text{ kg}$

9. Laporkan hasil pengukuran panjang dengan jangka sorong seperti pada gambar (b) berikut ini.



10. Laporkan hasil pengukuran panjang dengan mikrometer sekrup seperti pada gambar (b) berikut ini.



11. Tentukan banyak angka penting pada hasil-hasil pengukuran berikut ini.

(a) $8,0006 \text{ kg}$ (b) $0,000\ 030 \text{ m}$

12. Bulatkan bilangan-bilangan berikut ini ke banyak angka penting seperti yang ditunjukkan:

(a) $88,016$ (tiga angka) (b) $225,4$ (tiga angka)

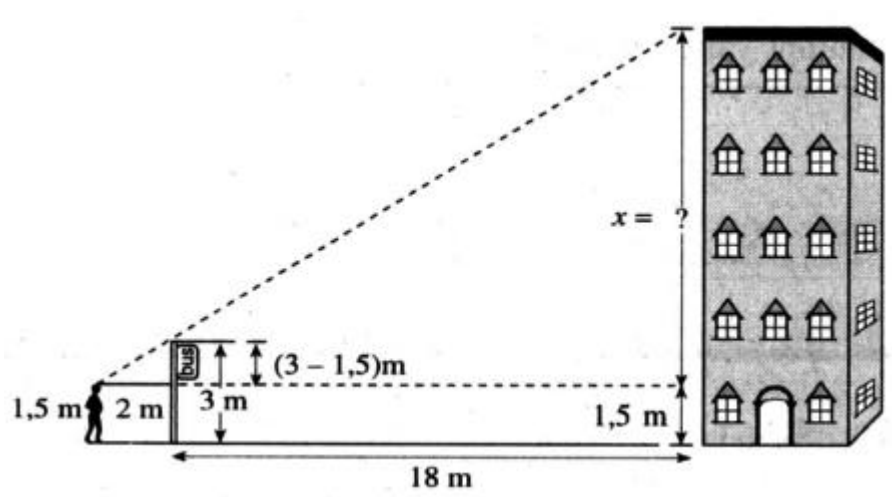
13. Hitung hasil penjumlahan atau pengurangan bilangan penting berikut ini.

$3,67 \times 10^4 \text{ g} + 2,54 \times 10^3 \text{ g}$

14. Hitung operasi perkalian atau pembagian bilangan berikut:

$2,5 \text{ m} \times 4,20 \text{ m} \times 0,3052 \text{ m}$

15. Hasil pengukuran suhu dengan menggunakan termometer yang berbeda ketelitiannya dilaporkan sebagai: 31° ; $31,2^{\circ}$ dan $31,11^{\circ}$. Tentukan suhu rata-rata.
16. Misalkan anda diminta memprakirakan volume air yang terdapat dalam sebuah danau. Ambillah bentangan danau tersebut kira-kira 1 km dan kedalamannya 10 m.
17. Dalam pertanyaan pembuka bab dinyatakan bahwa hanya dengan menghitung banyak langkah anda dari tempat anda mengamati puncak tugu ke kaki tugu Monas, anda dapat memprakirakan tinggi tugu Monas. Contoh ini tidak memprakirakan tinggi tugu Monas, tetapi metode ini dapat anda gunakan untuk memprakirakan tinggi tugu Monas. Contoh di sini akan *mempraktikkan tinggi suatu bangunan*. Misalnya, anda diminta memprakirakan tinggi bangunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, dengan diagram segitiga dan bantuan sebuah tiang, misalnya tiang perhentian bus.



Gambar 10. Diagram segitiga untuk memprakirakan tinggi bangunan

B. TES PRAKTEK

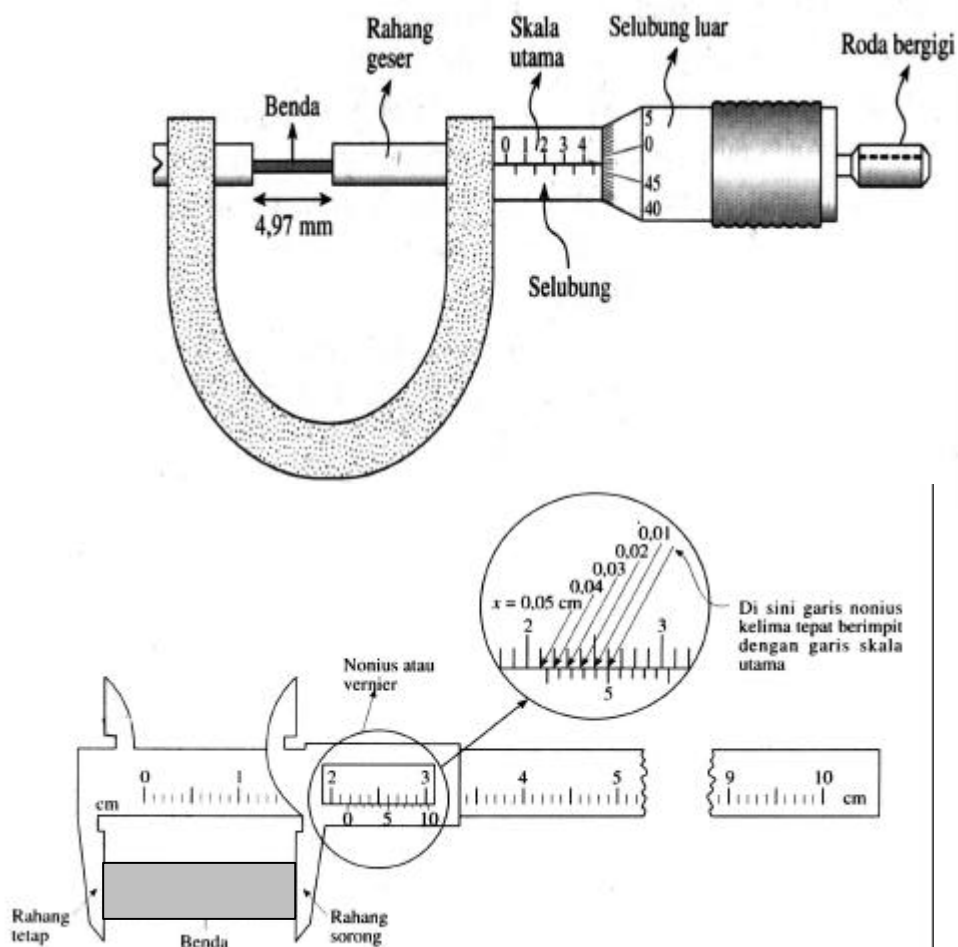
Alat dan bahan:

- ? Jangka sorong
- ? Neraca lengan
- ? Sepotong balok kayu
- ? Sepotong pipa besi

Tugas:

1. Ukurlah diameter luar pipa besi
2. Ukurlah volume balok kayu
3. Ukurlah massa pipa besi
4. Ukurlah massa balok kayu
5. Tentukan massa jenis balok kayu

$$\text{Massa jenis} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$



Langkah Kerja :

1. Lakukan pengukuran diameter luar dan dalam dari pipa besi, dan lakukan pengukuran panjang, lebar dan tinggi balok.
2. Timbang massa dari balok kayu dan pipa besi.
3. Hitung massa jenis balok kayu.

KUNCI JAWABAN EVALUASI

- 800
- a. $[M][L]^{-1}[T]^{-2}$
b. $[M][L]^{-2}[T]^{-2}$
- Dimensi dari ;
P : $[L][T]^{-3}$ dan satuannya ms^{-3}
Q : $[L][T]^{-4}$ dan satuannya ms^{-4}
R : $[L][T]^{-5}$ dan satuannya ms^{-5}
- Rumus : $F.S = \frac{1}{2} MV^2$
Dimensi : $[M][L][T]^{-2}[L] = [M][L]^2[T]^{-2}$
 $[M][L]^2[T]^{-2} = [M][L]^2[T]^{-2}$
Dimensi USAHA (ruas kiri) sama dengan dimensi ENERGI KINETIK (ruas kanan)
- Benar (Dimensi ruas kiri = dimensi ruas kanan)
- $[M][T]^{-2}$
- $5,4 \times 10^{-6} \text{ kg}$
- a. $1,5509 \times 10^3 \text{ m}$ b. $2,92 \times 10^{-2} \text{ kg}$
- 6,23 mm
- 4,11 mm
- a. 5 b. 2
- a. 88,02 b. 225
- $3,92 \times 10^4$
- $3,2 \text{ m}^3$
- 31^0
- $8 \times 10^9 \text{ L}$
- 16,5 m

LEMBAR PENILAIAN TES PRAKTEK

No. Induk :
 Program keahlian :
 Nama Jenis Pekerjaan :

PEDOMAN PENILAIAN

No	Aspek Penilaian	Skor maksimum	Skor perolehan	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	Perencanaan			
	☞ Persiapan alat dan bahan	2		
	☞ Pengenalan terhadap alat ukur yang digunakan.	3		
	Sub Total	5		
II	Model Susunan			
	☞ Merangkai alat dan bahan sesuai dengan gambar	5		
	Sub Total	5		
III	Proses (Sistematika dan Cara Kerja)			
	☞ Cara melakukan pengukuran	7		
	☞ Cara membaca skala Jangka sorong	7		
	☞ Cara membaca skala Mikrometer skrup	7		
	☞ Cara menuliskan hasil pengukuran	7		
	☞ Cara menganalisis data	7		
	Sub Total	35		
IV	Kualitas Hasil Kerja			
	☞ Rangkaian yang disusun sesuai	5		
	☞ Data-data yang diperoleh sesuai	20		
	☞ Kegiatan diselesaikan dengan waktu yang telah ditentukan	10		
	Sub Total	35		
V	Sikap/Etos Kerja			
	☞ Tanggung jawab	2		
	☞ Ketelitian	3		
	☞ Inisiatif	3		
	☞ Kemandirian	2		
	Sub Total	10		
VI	Laporan			
	☞ Sistematika penyusunan laporan	4		
	☞ Ketepatan merumuskan simpulan	6		
	Sub Total	10		
	Total	100		

KRITERIA PENILAIAN

No	Aspek Penilaian	Skor perolehan	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)
I	Perencanaan ☞ Persiapan alat dan bahan	- Alat dan bahan disiapkan sesuai dengan kebutuhan. - Alat dan bahan yang disiapkan tidak sesuai dengan kebutuhan.	2 1
	☞ Pengenalan terhadap alat ukur yang digunakan.	- Mengenal semua alat ukur yang digunakan. - Hanya mengenal sebagian.	3 2
II	Model Susunan ☞ Merangkai alat dan bahan sesuai dengan gambar	- Alat dan bahan yang dirangkai sesuai dengan petunjuk. - Alat dan bahan yang dirangkai tidak sesuai dengan petunjuk.	5 2
	Proses (Sistematika dan Cara Kerja) ☞ Cara melakukan pengukuran	- Tepat sesuai dengan ketentuan. - Kurang tepat.	7 3
III	☞ Cara membaca skala jangka sorong	- Pandangan tegak lurus dengan jarum penunjuk alat. - Jarak pandang dengan alat kurang pas.	7 3
	☞ Cara membaca skala mikrometer skrup	- Pandangan tegak lurus dengan skala penunjuk. - Pandangan tidak tegak lurus dengan skala penunjuk.	7 4
	☞ Cara menuliskan hasil pengukuran	- Sesuai dengan besaran yang diukur dan satuannya. - Tidak sesuai dengan besaran yang diukur dan satuannya.	7 3
	☞ Cara menganalisis data	- Menggunakan metode grafik - Dihitung langsung tanpa grafik.	7 5

IV	Kualitas Hasil Kerja		
	☞ Rangkaian yang disusun sesuai	- Rapi dan mudah diamati - Tidak rapi	5 2
	☞ Data-data yang diperoleh sesuai	- Sesuai dengan besaran yang diukur. - Tidak sesuai dengan besaran yang diukur.	20 5
	☞ Kegiatan diselesaikan dengan waktu yang telah ditentukan	- Menyelesaikan pekerjaan lebih cepat dari waktu yang ditentukan. - Menyelesaikan pekerjaan tepat waktu. - Menyelesaikan pekerjaan melebihi waktu yang ditentukan.	8 10 2
V	Sikap/Etos Kerja		
	☞ Tanggung jawab	- Merapikan kembali alat dan bahan yang telah digunakan. - Tidak merapikan alat setelah melaksanakan kegiatan.	2 1
	☞ Ketelitian	- Tidak banyak melakukan kesalahan kerja. - Banyak melakukan kesalahan kerja	3 1
	☞ Inisiatif	- Memiliki inisiatif dalam bekerja. - Kurang/tidak memiliki inisiatif.	3 1
	☞ Kemandirian	- Bekerja tanpa banyak diperintah - Baru bekerja setelah diperintah.	2 1
VI	Laporan		
	☞ Sistematika penyusunan laporan	- laporan disusun sesuai dengan sistematika. - Laporan disusun tanpa sistematika.	4 2
	☞ Ketepatan merumuskan simpulan	- Simpulan sesuai dengan tujuan. - Simpulan tidak sesuai	6 3

BAB IV PENUTUP

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Mintalah pada guru/instruktur untuk melakukan uji kompetensi dengan system penilaian yang dilakukan langsung oleh pihak dunia industri atau asosiasi profesi yang berkompeten apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari guru/instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh pihak industri atau asosiasi profesi. Kemudian selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan bila memenuhi syarat anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh dunia industri atau asosiasi profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1999. *Soal-soal Evaluasi Belajar Tahap Akhir Nasional (Ebtanas) Tahun 1986 sampai dengan tahun 1999.*

Fishbanr, P.M., et all,1993. *Physics for Scientists and Enggineers Extended Version.* New Jersey: Prentice Hall, Inc.

Halliday dan Resnick,1993. *Fisika Jilid I (Terjemahan).* Jakarta: Penerbit Erlangga.

Hewitt,P.G., 1989. *Conceptual Physics.* California: Addison Wesley Publishing Company, Inc.

Kanginan, M.,1999. *Fisika SMU Kelas 1 Jilid 1A Caturwulan 1.* Jakarta: Penerbit Erlangga.

Stanford,A.L. dan Tonner,J.M., 1990. *Physics for Students of Science and Engineering.* Orlando: Academic Press, Inc.

Serway, R.A., 1999. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics.* New York: Saunders College Publishing.

Tipler, P.A., 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik Jilid I (terjemahan).* Jakarta: Penertbit Erlangga.