

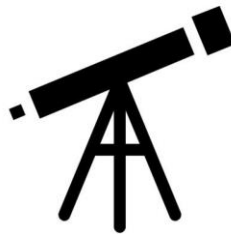


KERJASAMA
DINAS PENDIDIKAN KOTA SURABAYA
DENGAN
FAKULTAS MIPA UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA



MODUL
MATA PELAJARAN IPA

Pengukuran



Dr. Wasis, M.Si.

PELATIHAN PENINGKATAN MUTU GURU
DINAS PENDIDIKAN KOTA SURABAYA
TAHUN 2017

PENGUKURAN

A. PENGANTAR

Mengukur merupakan aktivitas sederhana, tetapi sangat penting dalam kehidupan kita sehari-hari. *Mengukur* adalah kegiatan membandingkan sesuatu dengan sesuatu yang lain yang dipakai sebagai ukuran. Sesuatu yang diukur tersebut dinamakan besaran dan ukuran pembandingnya disebut satuan.

Modul ini berisi materi pengukuran, besaran, dan satuan, diharapkan mampu memperkuat kompetensi Guru IPA dalam membimbing siswa SMP mencapai Kompetensi Dasar (KD) dan Standar Kompetensi Lulusan Ujian Nasional (SKL UN) di bawah ini.

Kompetensi Dasar:

- 3.1 Menerapkan konsep pengukuran berbagai besaran dengan menggunakan satuan standar (baku)
- 4.1 Menyajikan data hasil pengukuran dengan alat ukur yang sesuai pada diri sendiri, makhluk hidup lain, dan benda-benda di sekitar dengan menggunakan satuan tak baku dan satuan baku

Standar Kompetensi Lulusan UN:

1. Siswa dapat memahami tentang pengukuran, besaran, dan satuan.
2. Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan tentang pengukuran.
3. Siswa dapat bernalar terkait pengukuran

B. TUJUAN

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan Peserta Diklat mampu:

1. menjelaskan konsep pengukuran, besaran dan satuan, serta melakukan pengukuran besaran dalam kehidupan sehari-hari menggunakan alat ukur yang sesuai.
2. merumuskan indikator pencapaian kompetensi pengukuran mencakup penguasaan pengetahuan, penerapan, dan penalaran.
3. menyusun butir soal yang bermutu (setara soal ujian nasional) berdasarkan indikator yang telah dirumuskan.

C. URAIAN MATERI

1. Besaran dan Satuan

Sebagaimana diuraikan pada bagian awal bahwa mengukur adalah membandingkan sesuatu yang diukur dengan alat ukurnya atau membandingkan suatu besaran dengan satuannya. Berdasarkan keterukurannya, dikenal besaran fisis dan non-fisis. Besaran fisis atau besaran fisika adalah besaran yang dapat diukur dan hasil

pengukurannya memiliki nilai dan satuan yang terbanding (*comparable*), contohnya panjang. Panjang dapat diukur dengan mistar dan hasil pengukurannya, misalnya 25 cm, memiliki nilai dan satuan yang terbanding. Besaran non-fisis belum dapat diukur atau hasil pengukurannya memberikan hasil yang tidak terbanding, misalnya kesetiaan atau kebaikan.

Besaran fisika dibedakan menjadi dua, yakni *besaran pokok* dan *besaran turunan*. Besaran pokok adalah besaran yang satuannya telah didefinisikan atau ditetapkan secara internasional, misalnya: panjang, massa, dan waktu. Besaran pokok yang lain terdapat dalam Tabel-1.

Tabel 1
Besaran pokok beserta satuan-satuan dasar SI

Besaran Pokok	Satuan	Simbol
Panjang	meter	m
Massa	kilogram	kg
Waktu	sekon	s
Kuat arus listrik	ampere	A
Suhu	kelvin	K
Jumlah zat	mol	mol
Intensitas cahaya	candela	cd

Besaran lain yang satuannya diturunkan dari besaran-besaran pokok disebut besaran turunan, misalnya: volume, massa jenis, dan kelajuan. Carilah minimal 5 (lima) besaran turunan yang lain!

Besaran fisika juga dibedakan menjadi besaran *vektor* dan *skalar*. Besaran fisika disebut besaran vektor bila besaran tersebut memiliki besar dan arah, misalnya perpindahan, kecepatan, percepatan, dan gaya. Sedangkan, besaran fisika yang hanya memiliki besar tetapi tidak memiliki arah disebut besaran skalar, misalnya panjang, massa, waktu, suhu, dan energi. Pemahaman besaran vektor dan skalar sangat penting, sangat dibutuhkan ketika kita hendak memahami gejala-gejala alam dengan melihat keterkaitan berbagai besaran tersebut. Diskusikan, tekanan termasuk besaran vektor atau skalar?

Satuan pengukuran ada yang baku dan ada yang tidak baku. Satuan tidak baku, misalnya: hasta, depa, dan jengkal. Sistem satuan baku yang dipergunakan secara luas adalah SI (*Système Internationale*). SI merupakan hasil adaptasi sistem metrik yang telah dipergunakan oleh ilmuwan Perancis sejak tahun 1795. Sistem metrik diusulkan menjadi satuan baku, karena satuan-satuan dalam sistem ini dihubungkan dengan bilangan pokok 10 sehingga lebih memudahkan penggunaannya. Pada Tabel-1 tercantum satuan dasar SI untuk tujuh besaran pokok berdasarkan Konferensi Umum mengenai Berat dan Ukuran ke-14 tahun 1971, dan Tabel-2 menunjukkan awalan-awalan yang direkomendasi oleh Konferensi tersebut untuk menyatakan nilai-nilai yang lebih besar atau lebih kecil dari satuan dasar.

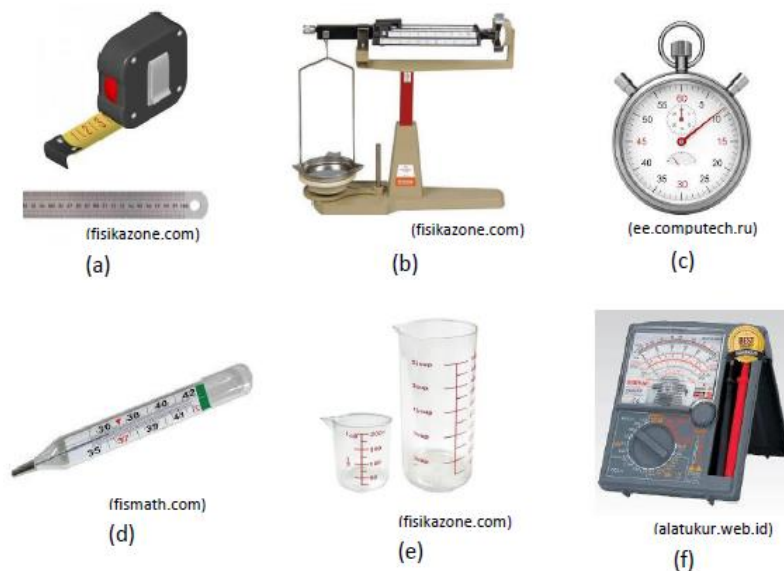
Tabel 2
Awalan-awalan dalam SI

Faktor	Awalan	Simbol	Faktor	Awalan	Simbol
10^{18}	eksa	E	10^{-1}	desi	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^9	giga	G	10^{-6}	mikro	μ
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	kilo	k	10^{-12}	piko	p
10^2	hekto	h	10^{-15}	femto	f
10^1	deka	da	10^{-18}	atto	a

Diskusikan, mengapa dalam kehidupan sehari-hari atau untuk kepentingan ilmiah lebih memilih menggunakan satuan baku? Apakah yang harus dilakukan jika dalam suatu kasus ditemukan hasil pengukuran menggunakan satuan yang berbeda-beda, termasuk di dalamnya satuan tidak baku?

2. Pengukuran

Sebagaimana dijelaskan pada bagian awal bahwa mengukur pada hakikatnya adalah membandingkan besaran yang diukur dengan alat ukurnya. Di bawah ini disajikan berbagai alat ukur untuk beberapa besaran yang sering kita temukan dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 1 (a) mistar dan meteran untuk mengukur panjang
 (b) neraca lengan untuk mengukur massa
 (c) stopwatch untuk mengukur waktu
 (d) termometer untuk mengukur suhu
 (e) gelas ukur untuk mengukur volume
 (f) AVO untuk mengukur kuat arus, tegangan, dan hambatan listrik

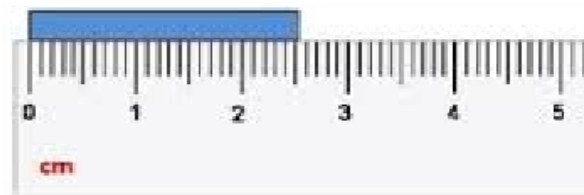
Setiap alat ukur memiliki satuan dan tingkat ketelitian berbeda-beda. Kita harus menggunakan alat ukur secara benar dan menuliskan hasil pengukuran sesuai aturan agar hasilnya akurat.

Ketelitian hasil pengukuran

Ketika seseorang melakukan pengukuran, apakah hasil pengukurannya bernilai pasti? Contoh, hasil pengukuran panjang suatu benda ditulis 10 cm. Apakah hasil pengukuran tersebut pasti tepat 10 cm? Mengapa?

Pada bagian ini kita akan mendiskusikan ketidakpastian yang muncul pada kegiatan pengukuran. Setiap alat memiliki skala terkecil yang memberikan kontribusi pada kepresisian pengukuran. Skala terkecil suatu alat adalah nilai atau ukuran antara dua gores skala bertetangga terdekat pada alat tersebut.

Umumnya, secara fisik mata manusia kesulitan membaca secara pasti ukuran yang lebih kecil dari skala terkecil suatu alat. Karena itu perkiraan pembacaan skala maksimal hanya sampai **setengah skala terkecil**. Perhatikan pengukuran benda menggunakan mistar di bawah ini.



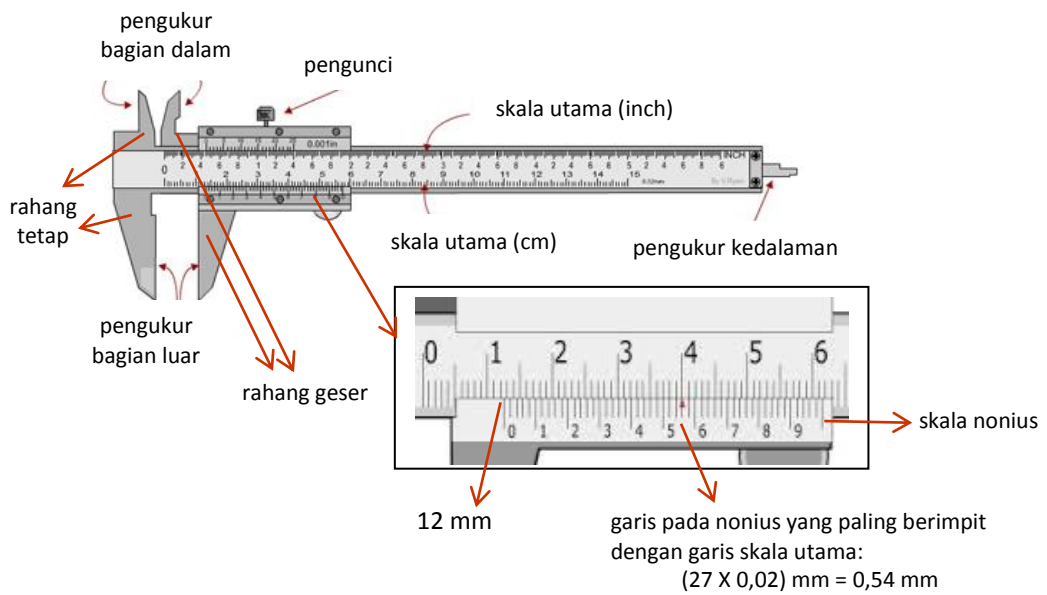
Gambar 2 Pengukuran panjang menggunakan penggaris
(mafiaol.com)

Skala terkecil mistar pada Gambar 2 adalah 1 mm, maka perkiraan maksimal pembacaan skalanya adalah $(0,5 \times 1 \text{ mm}) = 0,5 \text{ mm}$. Dengan demikian, panjang benda yang diukur pada Gambar 2 adalah $(25 \pm 0,5) \text{ mm}$. Artinya panjang benda tidak tepat 25 mm, tetapi pasti berada di antara 24,5 mm dan 25,5 mm.

Untuk meningkatkan akurasi hasil pengukuran, antara lain dapat dilakukan dengan pengukuran berulang dan pemilihan alat ukur yang memiliki ketelitian tinggi. Semakin sempit jarak goresan bertetangga terdekat pada suatu alat, semakin teliti hasil pengukuran yang dihasilkan. Contoh alat ukur panjang dengan skala terkecil di bawah 1 mm, adalah jangka sorong dan mikrometer sekrup.

Ketelitian jangka sorong

Skala terkecil jangka sorong bergantung pada pembagian skala noniusnya. Hal ini dapat dilihat pada rahang gesernya. **Perhatian:** sering dihafalkan ketelitian jangka sorong selalu = 0,1 mm. Hal ini tidak benar, tidak bermanfaat, bahkan justru menyesatkan.

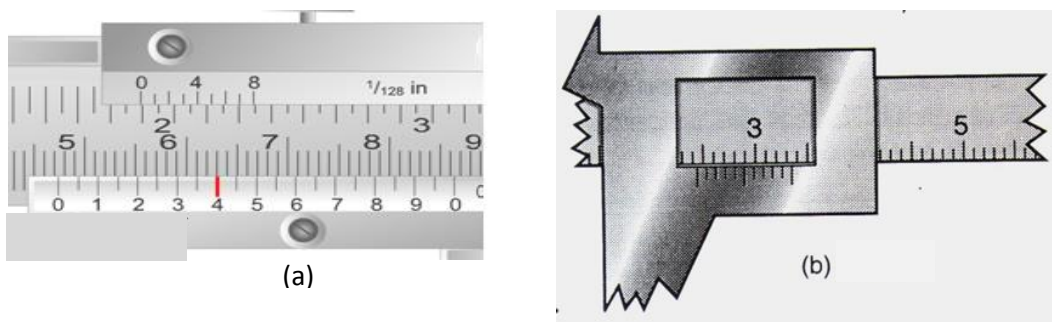


Gambar 3 Jangka sorong dan bagian-bagiannya (mafiaol.com)

Nonius pada Gambar 3 memiliki 50 skala, berarti nonius tersebut membagi 1 mm pada skala utama menjadi 50 bagian = 0,02 mm. Dengan demikian jangka sorong pada Gambar 3 memiliki ketelitian 0,02 mm, bukan 0,1 mm. Penunjukan skala jangka sorong sebagaimana ditunjukkan Gambar 3 di atas adalah:

$$12 \text{ mm} + 0,54 \text{ mm} = 12,54 \text{ mm} = 1,254 \text{ cm}$$

Di pasaran terdapat jangka sorong dengan skala nonius berbeda-beda, misalnya ditunjukkan Gambar 4a dan 4b.

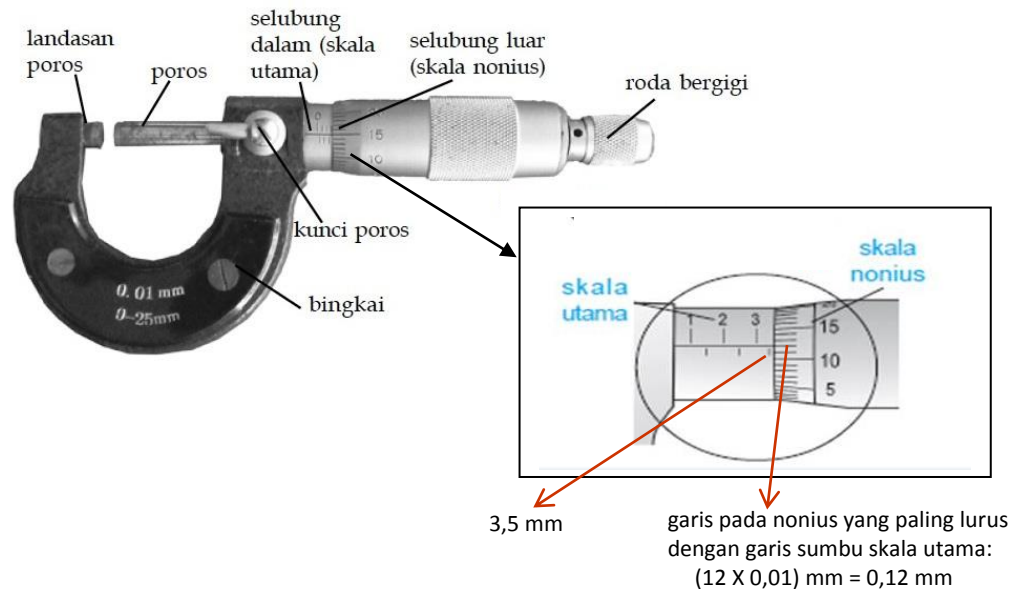


Gambar 4 Jangka sorong dengan nonius berbeda (wordpress.com)

Berapakah ketelitian jangka sorong pada Gambar 4a dan 4b? Tuliskan berapakah hasil pengukuran yang ditunjukkan kedua gambar jangka sorong tersebut!

Ketelitian mikrometer skrup

Sebagaimana pada jangka sorong, skala terkecil mikrometer skrup juga ditentukan oleh pembagian skala terkecil pada skala utama oleh skala nonius pada rahang putarnya. Perhatikan Gambar 5, rahang putar mikrometer skrup membagi 1 mm skala utama menjadi 100 skala nonius (diperoleh dari 2 putaran x 50 skala nonius). Berarti skala terkecil mikrometer skrup tersebut = $1\text{ mm} : 100 = 0,01\text{ mm}$.



Gambar 5 Mikrometer skrup
(shovasara.blogspot.com dan 4muda.com)

Penunjukan skala mikrometer skrup sebagaimana ditunjukkan Gambar 5 adalah:

$$3,5\text{ mm} + 0,12\text{ mm} = 3,62\text{ mm}$$

Marilah kita berlatih mengukur menggunakan mistar, jangka sorong, dan mikrometer skrup pada *Kegiatan 1*.

Kegiatan 1

Alat: mistar
jangka sorong
mikrometer skrup

Kegiatan

1. Diskusikan dengan kelompok Anda berapa skala terkecil masing alat-alat yang Anda gunakan?
2. Gunakan alat-alat ukur tersebut untuk mengukur panjang benda di sekitar Anda yang ukurannya memungkinkan!

Diskusi

Alat ukur manakah yang paling presisi? Bagaimana Anda mengetahuinya?

D. CONTOH INDIKATOR, SOAL, DAN PENYELESAIAN

Pada bagian ini kita akan berlatih merumuskan indikator soal beserta butir-butir soal yang sesuai dengan tuntutan SKL UN. Rumusan indikator soal, jika memungkinkan terdiri dari *condition/kondisi* (C), *audience/pelaku* (A), *behaviour/perilaku* (B), dan *degree/derajat* (D). Pilihan kata kerja yang menggambarkan perilaku menggunakan tingkatan atau level kognitif yang sudah ditentukan dalam SKL UN, sebagaimana disajikan di bawah ini.

Tabel 3

Standar Kompetensi Lulusan Ujian Nasional Mapel IPA-Fisika-Kimia SMP

4.2. FISIKA-KIMIA

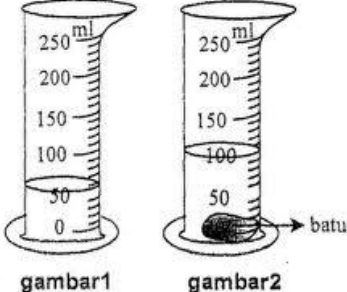
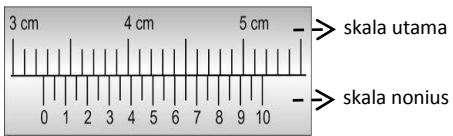
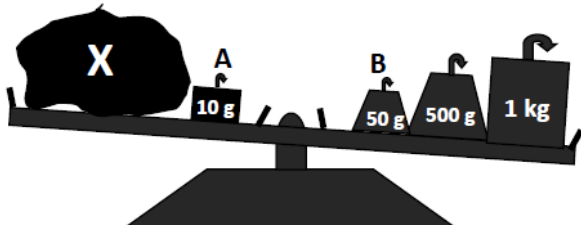
Level Kognitif	Lingkup Materi		
	Pengukuran, zat dan sifatnya	Mekanika dan Tata Surya	Gelombang, Listrik dan Magnet
Pengetahuan dan Pemahaman <ul style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi Menyebutkan Menunjukkan Membedakan Mengelompokkan Menjelaskan 	Siswa dapat memahami tentang: <ul style="list-style-type: none"> pengukuran besaran dan satuan konsep zat dan wujudnya zat dan perubahannya zat aditif, zat adiktif, dan psikotropika partikel zat campuran larutan 	Siswa dapat memahami tentang: <ul style="list-style-type: none"> gerak lurus hukum newton usaha dan energi pesawat sederhana suhu dan kalor tekanan tata surya 	Siswa dapat memahami tentang: <ul style="list-style-type: none"> getaran dan gelombang bunyi optik listrik dan magnet
Aplikasi <ul style="list-style-type: none"> Mengklasifikasi Menginterpretasi Menghitung Mendeskrripsikan Memrediksi Mengurutkan Membandingkan Menerapkan Memodifikasi 	Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan tentang: <ul style="list-style-type: none"> pengukuran konsep zat dan wujudnya zat dan perubahannya zat aditif, zat adiktif, dan psikotropika partikel zat campuran larutan 	Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan tentang: <ul style="list-style-type: none"> gerak lurus hukum newton usaha dan energi pesawat sederhana suhu dan kalor tekanan tata surya 	Siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan tentang: <ul style="list-style-type: none"> getaran dan gelombang bunyi optik listrik dan magnet
Penalaran <ul style="list-style-type: none"> Menemukan Menyimpulkan Menggabungkan Menganalisis Menyelesaikan masalah Merumuskan 	Siswa dapat bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> pengukuran konsep zat dan wujudnya zat dan perubahannya zat aditif, zat adiktif, dan psikotropika partikel zat campuran larutan 	Siswa dapat bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> gerak lurus hukum newton usaha dan energi pesawat sederhana tekanan suhu dan kalor 	Siswa dapat bernalar tentang: <ul style="list-style-type: none"> getaran dan gelombang bunyi optik listrik dan magnet

Untuk materi Pengukuran, contoh indikator soal dan contoh soal yang sesuai, ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4

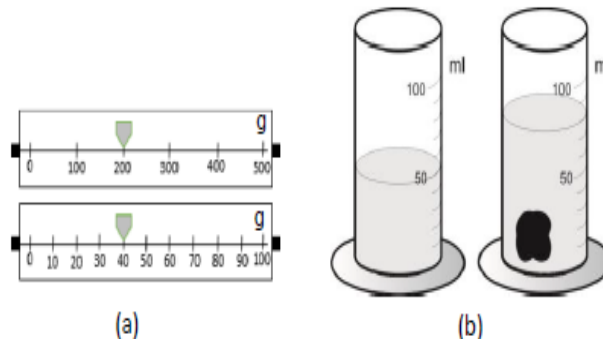
Contoh Indikator Soal dan Soal

Contoh Indikator	Contoh Soal sesuai Indikator																				
1. Diberikan tabel yang berisi berbagai besaran dan satuan, peserta didik dapat mengidentifikasi pasangan besaran, jenis besaran, dan satuan yang benar.	Perhatikan tabel di bawah ini. <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Besaran</th> <th>Jenis Besaran</th> <th>Satuan SI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Suhu</td> <td>Pokok</td> <td>°K</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Berat</td> <td>Turunan</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Kelajuan</td> <td>Turunan</td> <td>m/s</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Volume</td> <td>Pokok</td> <td>m³</td> </tr> </tbody> </table> Pasangan besaran, jenis besaran, dan satuan yang benar adalah <ul style="list-style-type: none"> A. 1 dan 3 <input checked="" type="radio"/> B. 2 dan 3 C. 3 dan 4 D. 1, 2, 3, dan 4 		Besaran	Jenis Besaran	Satuan SI	1	Suhu	Pokok	°K	2	Berat	Turunan	N	3	Kelajuan	Turunan	m/s	4	Volume	Pokok	m ³
	Besaran	Jenis Besaran	Satuan SI																		
1	Suhu	Pokok	°K																		
2	Berat	Turunan	N																		
3	Kelajuan	Turunan	m/s																		
4	Volume	Pokok	m ³																		

Contoh Indikator	Contoh Soal sesuai Indikator
<p>2. Disajikan gambar hasil pengukuran menggunakan alat ukur tertentu, peserta didik dapat menerapkan kemampuan membaca skala yang ditunjukkan alat ukur tersebut.</p>	<p>Perhatikan pengukuran volume batu menggunakan gelas ukur di bawah ini.</p> <div style="text-align: center;">  <p>gambar1 gambar2</p> </div> <p>Berdasarkan gambar di atas, volume batu adalah</p> <p>A. 30 ml <input checked="" type="radio"/> B. 50 ml C. 100 ml D. 250 ml</p> <p>Perhatikan gambar penunjukan skala utama dan nonius jangka sorong di bawah ini.</p> <div style="text-align: center;">  <p>skala utama skala nonius</p> </div> <p>Berdasarkan gambar di atas, hasil pengukuran yang benar adalah</p> <p>A. 51,50 mm B. 45,10 mm <input checked="" type="radio"/> C. 32,65 mm D. 32,50 mm</p>
<p>3. Disajikan gambar pengukuran massa, peserta didik mampu menganalisis hasil pengukuran yang benar.</p>	<p>Seseorang menimbang batu X dengan neraca lengan seperti gambar di bawah ini.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Ternyata neraca menjadi setimbang ketika anak timbangan A dan B ditukar. Berdasarkan informasi di atas, massa batu X adalah</p> <p>A. 1,560 kg B. 1,540 kg C. 1,510 kg <input checked="" type="radio"/> D. 1,460 kg</p>

4. Disajikan hasil pengukuran massa dan volume suatu benda serta tabel massa jenis, peserta didik mampu **menyimpulkan** jenis zat penyusun benda berdasarkan massa jenisnya.

Suatu benda dengan bentuk tidak beraturan diukur massa dan volumenya menggunakan neraca lengan dan gelas ukur. Hasil pengukuran ditunjukkan gambar (a) dan (b).



Berdasarkan hasil pengukuran di atas, serta dengan memperhatikan tabel massa jenis di bawah ini,

No	Nama Zat	Massa Jenis (g/cm^3)
1.	Air (suhu 4°C)	1
2.	Alkohol	0,8
3.	Air raksa/mercury	13,6
4.	Aluminium	2,7
5.	Besi	7,9
6.	Emas	19,3
7.	Es	0,92
8.	Kuningan	8,4
9.	Perak	10,5
10.	Platina	21,45
11.	Seng	7,14

kemungkinan besar zat penyusun benda tersebut adalah

- A. aluminium
- B. besi
- C. emas
- D. platina

E. SOAL-SOAL LATIHAN

Untuk menguji dan memantapkan penguasaan materi tentang pengukuran, besaran, dan satuan, jawablah soal-soal di bawah ini beserta langkah-langkah penyelesaiannya.

Diberikan tabel besaran pokok dan besaran turunan, peserta didik mampu **membedakan** karakteristik besaran-besaran tersebut.

1. Perhatikan tabel di bawah ini.

	Besaran Pokok	Besaran Turunan
1	Menggunakan satuan SI	Menggunakan satuan British
2	Memiliki alat ukur	Tidak memiliki alat ukur
3	Satuannya baku	Satuannya tidak baku
4	Satuannya ditetapkan secara internasional	Satuannya diturunkan dari besaran pokok

Pasangan besaran, jenis besaran, satuan, dan alat ukur yang sesuai adalah

- A. 1 dan 4
- B. 2 dan 4
- C. 2 dan 3
- D. hanya 4

Diberikan tabel berbagai besaran, satuan, dan alat ukurnya, peserta didik mampu **mengidentifikasi** pasangan besaran, jenis besaran, satuan, serta alat ukur yang benar.

2. Perhatikan tabel di bawah ini.

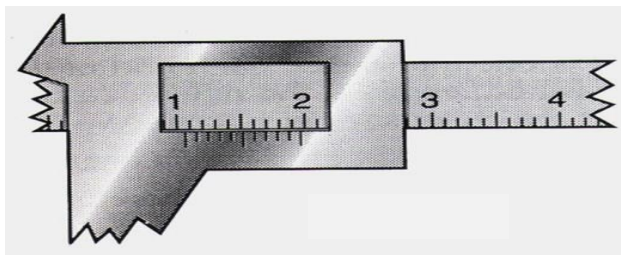
	Besaran	Jenis Besaran	Satuan SI	Alat Ukur
1	Suhu	Pokok	°C	Termometer
2	Waktu	Pokok	detik	Stopwatch
3	Berat	Turunan	kg	Neraca
4	Volume	Turunan	m ³	Gelas Ukur

Pasangan besaran, jenis besaran, satuan, dan alat ukur yang sesuai adalah

- A. 1 dan 4
- B. 2 dan 3
- C. 3 dan 4
- D. hanya 4

Disajikan gambar hasil pengukuran menggunakan alat ukur tertentu, peserta didik dapat **menerapkan kemampuan membaca** skala yang ditunjukkan alat ukur tersebut (soal nomer 3 dan 4).

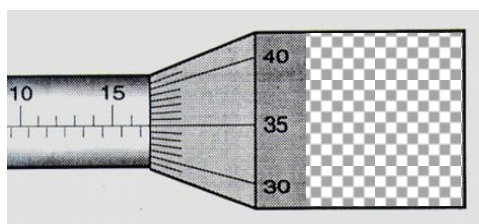
3. Perhatikan gambar penunjukkan skala jangka sorong di bawah ini.



Hasil pengukuran jangka sorong di atas adalah

- A. 1,05 cm
- B. 1,07 cm
- C. 1,50 cm
- D. 1,95 cm

4. Perhatikan gambar penunjukkan skala mikrometer skrup di bawah ini.



Hasil pengukuran mikrometer skrup tersebut adalah

- A. 16,85 mm
- B. 17,00 mm
- C. 18,35 mm
- D. 18,85 mm

Disajikan suatu permasalahan nyata terkait pengukuran, peserta didik mampu **mengusulkan penyelesaian masalah** tersebut.

5. Dalam rumah tangga, apalagi kehidupan di daerah pedesaan, jarang sekali orang memiliki alat ukur yang menggunakan satuan baku, misalnya neraca lengan (neraca Ohaus), stopwatch, meteran, atau gelas ukur. Untuk mengukur berbagai besaran masyarakat menggunakan alat-alat/bahan yang ada di sekitarnya, menggunakan kaleng atau tempurung kelapa untuk menakar beras, menggunakan tali, batang kayu, atau jengkal untuk mengukur panjang, menggunakan botol bekas untuk mengukur volume, dan lain-lain. Cara-cara demikian dinilai mudah dan murah, tetapi dapat menimbulkan perselisihan ketika hasil pengukuran digunakan untuk kepentingan bersama. Manakah di antara usulan di bawah ini yang dapat dipilih untuk menyelesaikan permasalahan di atas?
- A. Mengganti semua alat ukur tradisional tersebut dengan alat ukur modern, karena terbukti telah menimbulkan masalah
 - B. Di setiap daerah disiapkan satu tempat atau lembaga yang melayani semua pengukuran berbagai besaran yang dibutuhkan masyarakat
 - C. Dilakukan peneraan terhadap alat-alat ukur tradisional dengan cara membandingkan dengan alat ukur standar, setelah itu dapat digunakan
 - D. Tetap menggunakan alat-alat ukur tradisional seperti sebelumnya, karena sudah terbukti sangat murah dan mudah diperoleh di lingkungan sekitar

F. LATIHAN MERUMUSKAN INDIKATOR DAN MEMBUAT BUTIR SOAL

Berdasarkan contoh-contoh di atas, rumuskan sekurang-kurangnya 3 (tiga) indikator soal dengan level kognitif berbeda, mengacu pada SKL UN. Berdasarkan indikator yang telah Anda rumuskan, kembangkan sekurang-kurangnya satu soal untuk setiap indikator. Soal berbentuk pilihan ganda (PG) dengan 4 (empat) pilihan, dilengkapi penyelesaian. Indikator dan soal dikumpulkan pada pertemuan berikutnya.

Level Kognitif	Indikator Soal	Soal	Penyelesaian
Pengetahuan dan Pemahaman			
Aplikasi			
Penalaran			

G. DAFTAR PUSTAKA

- Giancoli, D.C. (1995). *Physics (4th ed.)*. Mexico City: Prentice Hall.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2001). *Fundamentals of physics: Problem Supplement. (6th ed.)*. New York: John Wiley & Sons, Inc.