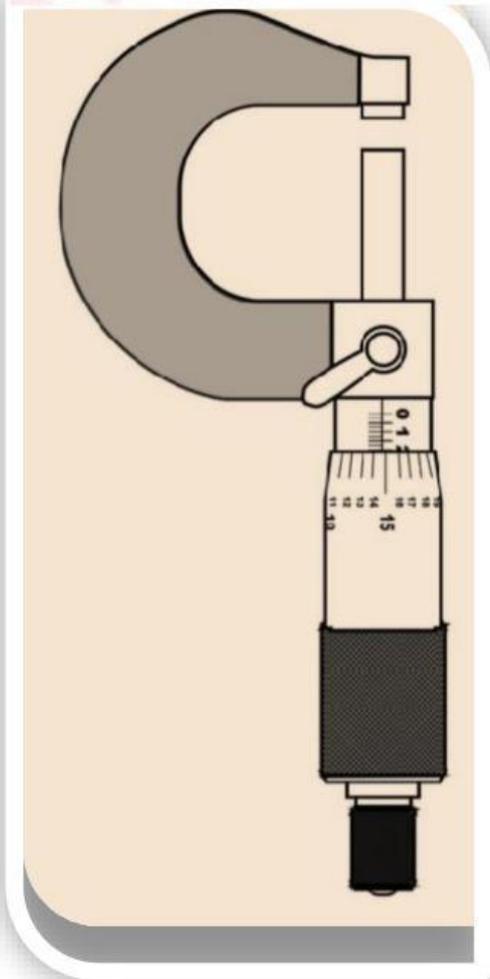
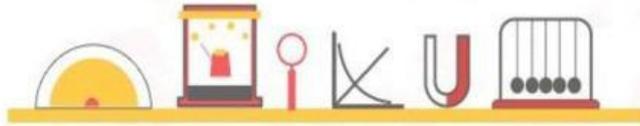


KETIDAKPASTIAN RELATIF



ANGGOTA KELOMPOK :

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____



Lampiran 1

LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

Judul Eksperimen : Ketidakpastian Relatif

Tujuan :

1. Menentukan jumlah angka penting dan jenis-jenis ketidakpastian dalam pengukuran
2. Mengolah data dari hasil pengukuran tebal sehelai kertas dengan menggunakan mikrometer sekrup
3. Menemukan faktor yang menyebabkan terjadinya ketidakpastian dalam pengukuran
4. Menemukan cara mengurangi kesalahan dalam pengukuran
5. Menemukan cara menentukan jumlah angka penting hasil pengukuran
6. Membedakan antara ketidakpastian mutlak dan ketidakpastian relatif
7. Membuat laporan

Alat dan Bahan :

- Mikrometer Sekrup
- Kertas
- Jangka sorong
- Neraca
- Kubus

Langkah – langkah Kegiatan :

1. Peserta didik melakukan pengukuran

2. Menuliskan hasil pengukuran pada tabel

Pengukuran Tunggal

Tabel 1

Pengukuran ke-	Objek Yang Diukur	Mikrometer Sekrup	Jangka Sorong	
		Ketebalan	Lebar	Tinggi
1	Kertas			
2	Kubus			

Pengukuran Berulang

Tabel 2

Pengukuran ke-	Massa Kubus	Volume Kubus	Massa Jenis Kubus	Kuadrat Massa Jenis Kubus
1				
2				
3				
4				
5				
			$\sum \rho =$	$\sum \rho^2 =$

3. Hitunglah nilai ketidakpastian pengukuran berulang dan tuliskan hasil pengukuran tersebut lengkap dengan ketidakpastiannya!

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N(\sum N_i^2) - (\sum x_i)^2}{N - 1}}$$

Menurut Anda, apa yang pengaruh pengukuran berulang terhadap ketidakpastian dalam pengukuran?

.....

Faktor apa saja yang bisa mengurangi kesalahan dalam pengukuran?

.....

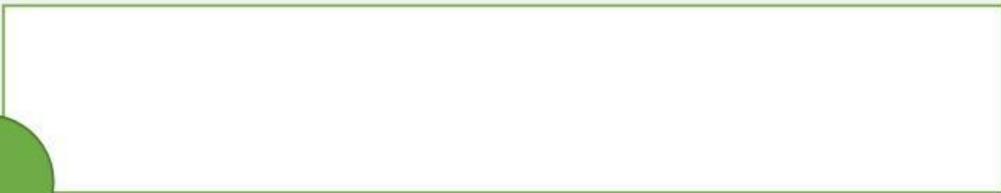
Analisis Data

Hubungan presisi dan akurasi dalam pengukuran dengan ketidakpastian relatif dalam menentukan hasil pengukuran yang sebenarnya?

Hasil pengukuran bagaimana yang lebih benar!

Apa Kesimpulannya?

Berdasarkan hasil analisis data, buat kesimpulan tentang ketidakpastian dalam pengukuran



Lampiran 2

BAHAN BACAAN GURU DAN PESERTA DIDIK

Ketidakpastian Mutlak dan Ketidakpastian Relatif

Aktivitas Manusia tidak pernah lepas dari pengukuran. Pada saat mengisi bahan bakar di SPBU, kamu dapat melihat alat ukur volume bahan bakar yang dibeli oleh konsumen. Ketika ke pasar, supermarket semua kebutuhan sehari-hari selalu ada ukurannya : gula pasir 1 kg, minyak goreng 2 liter, teh 100 gr, dan sebagainya. Apa yang akan terjadi jika tidak ada pengukuran?

Pada setiap aktivitas pengukuran, kesalahan pengukuran tidak dapat dihindarkan, apalagi jika pengukuran hanya dilakukan sekali, peluang ketidaksesuaian antara hasil pengukuran dengan kondisi sebenarnya semakin besar. Banyak faktor kesalahan yang dapat menyebabkan hasil pengukuran tidak sesuai dengan kondisi aslinya.

Untuk mengurangi faktor kesalahan pengukuran tersebut, Kalian dapat mengatasinya dengan cara melakukan pengukuran secara berulang. Pengambilan data untuk pengukuran berulang minimal dilakukan sebanyak lima kali. Bagaimana cara mengetahui nilai ketidakpastian pengukuran berulang? Untuk mendapatkan nilai ketidakpastian pengukuran berulang, Kalian dapat menggunakan persamaan standar deviasi yang dinyatakan sebagai berikut.

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N - 1}} \quad (1.3)$$

dengan

N = banyaknya data

x_i = data ke-i

x_i^2 = data ke-i dikuadratkan

$\sum x_i^2$ = penjumlahan seluruh kuadrat data ke-i

$\sum x_i$ = penjumlahan seluruh data ke-i

$(\sum x_i)^2$ = kuadrat penjumlahan seluruh data ke-i

Biasanya pengolahan data hasil pengukuran menghasilkan banyak angka di belakang desimal. Bagaimana aturan membulatkan angka hasil pengolahan data?

Langkah pertama, menentukan nilai ketidakpastian relatifnya dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Ketidakpastian Relatif} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1.4)$$

Langkah kedua, cocokkan persentase ketidakpastian relatif yang didapatkan dengan aturan sebagai berikut.

Aturan penulisan hasil pengolahan data berdasarkan ketidakpastian relatif:

- Jika persentase ketidakpastian relatif sebesar 0,1 %, jumlah angka hasil pengolahan data yang dituliskan 4 angka;
- Jika persentase ketidakpastian relatif sebesar 1 %, jumlah angka hasil pengolahan data yang dituliskan 3 angka;
- Jika persentase ketidakpastian relatif sebesar 10 %, jumlah angka hasil pengolahan data yang dituliskan 2 angka.

Hasil pengolahan data dapat dituliskan dengan cara yang ditunjukkan oleh persamaan 1.2 dengan \bar{x} merupakan rata-rata nilai besaran yang diukur secara berulang.

Kalian sudah membaca uraian materi mengenai nilai ketidakpastian untuk pengukuran berulang, perhatikanlah contoh pengolahan data berikut.

Lima orang peserta didik mengukur diameter sebuah tutup botol dengan menggunakan jangka sorong secara bergantian. Masing-masing peserta didik mendapatkan kesempatan satu kali mengukur, sehingga didapatkan tabel hasil pengukurannya adalah sebagai berikut.

Percobaan	Nama Peserta didik yang mengukur	Diameter tutup botol (cm)
1	Dini	3,12
2	Akifa	3,14
3	Vina	3,15
4	Alesya	3,11
5	Syila	3,14

Mereka diminta untuk menentukan luas permukaan tutup botol beserta nilai ketidakpastiannya. Berikut ini tabel pengolahan datanya.

No	Diameter tutup botol d (cm)	Luas permukaan tutup botol $A = \frac{1}{4} \pi d^2$ (cm ²)	Kuadrat luas permukaan tutup botol A^2 (cm ⁴)
1	3,12	7,64	58,4
2	3,14	7,74	59,9
3	3,15	7,79	60,7
4	3,11	7,59	57,6
5	3,14	7,74	59,9
ΣA		38,5 cm ²	
$X = (\Sigma A)^2$		1482,25 cm ⁴	
$Y = \Sigma A^2$		296,5 cm ⁴	

Diketahui :

Jumlah data N = 5

X = 1482,25 cm⁴

Y = 296,5 cm⁴

Jawaban:

Menentukan nilai rerata luas permukaan tutup botol

$$\bar{A} = \frac{\Sigma A}{N}$$

$$\bar{A} = \frac{38,5}{5}$$

$$\bar{A} = 7,70 \text{ cm}^2$$

Menentukan nilai ketidakpastian pengukuran berulang

$$\Delta x = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2}{N - 1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \Sigma A^2 - (\Sigma A)^2}{N - 1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{5Y - X}{5 - 1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{5(296,5) - 1482,25}{5-1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{1482,50 - 1482,25}{5-1}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{0,25}{4}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{1}{16}}$$

$$\Delta A = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{4}$$

$$\Delta A = \frac{1}{20}$$

$$\Delta A = 0,05 \text{ cm}^2$$

Nilai ketidakpastian relatifnya adalah

$$\text{Ketidakpastian Relatif} = \frac{\Delta A}{A} \times 100\%$$

$$\text{Ketidakpastian Relatif} = \frac{0,05}{7,70} \times 100\%$$

$$\text{Ketidakpastian Relatif} = 0,65\%$$

Ketidakpastian relatifnya 0,65 % mendekati 1% (3 Angka Penting), Maka hasil pengukurannya dapat ditulis seperti berikut ini :

$$\text{Hasil Pengukuran (HP)} = (7,70 \pm 0,05) \text{ cm}$$

GLOSARIUM

Presisi ketelitian dalam melakukan pengukuran, keyakinan akan sebuah pengukuran

Akurasi Ketepatan

Delta(Δ) Parameter perubahan

Angka Penting nilai dari hasil pengukuran yang terdiri atas angka pasti dan angka taksiran

Notasi Ilmiah cara menuliskan nilai untuk mengakomodir nilai yang terlalu kecil atau terlalu besar

Mikrometer satuan panjang yang besarnya satu persepuluhan meter

DAFTAR PUSTAKA

Kemdikbud. 2020. *Profil Pelajar Pancasila*. Jakarta:Kemdikbud.

Kemdikbud. 2021. *Capaian Pembelajaran Fase E Mata Pelajaran Fisika, Kimia, Biologi*. Jakarta

Ruwanto, B. (2020). *Fisika untuk SMA Kelas X*. Jakarta : Penerbit Yudhistira.

Meyla Widya Utami, Firda Reza Agustina (2023). *Fisika untuk SMA/MA Kelas X(Fase E)*. Jakarta : Penerbit Mediatama.

Lampiran 3

A. ASESMEN KOGNITIF

No	Soal	Skor	Rubrik penilaian																																										
1	<p>Pak Wahab mengukur ketebalan uang logam menggunakan mikrometer sekrup dan diperoleh hasil bahwa ketebalan uang logam adalah 1,80 mm. Tuliskan hasil pengukuran dengan tepat!</p>	<p>$X_0 = 1,80 \text{ mm}$ dan nilai skala terkecil = 0,01 mm, maka penulisan yang tepat adalah :</p> $x = x_0 \pm \Delta x$ $\Delta x = \frac{1}{2} \times NST$ $\Delta x = \frac{1}{2} \times 0,01 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$ $x = (1,80 \pm 0,05) \text{ mm}$	2	<p>Dijawab benar nilai 2 Dijawab salah nilai 1 Tidak dijawab nilai 0</p>																																									
2	<p>Suatu pengukuran berulang terhadap panjang pensil diperoleh hasil seperti berikut.</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>N o.</th> <th>I_i mA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>11,8</td></tr> <tr><td>2</td><td>11,2</td></tr> <tr><td>3</td><td>11,5</td></tr> <tr><td>4</td><td>12,1</td></tr> <tr><td>5</td><td>11,9</td></tr> <tr><td>6</td><td>11,4</td></tr> </tbody> </table> <p>Laporkan hasil pengukuran berulang tersebut lengkap dengan ketidakpastiannya!</p>	N o.	I_i mA	1	11,8	2	11,2	3	11,5	4	12,1	5	11,9	6	11,4	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>I_i mA</th> <th>I_i^2 mA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>11,8</td><td>139,24</td></tr> <tr><td>2</td><td>11,2</td><td>125,44</td></tr> <tr><td>3</td><td>11,5</td><td>132,25</td></tr> <tr><td>4</td><td>12,1</td><td>146,41</td></tr> <tr><td>5</td><td>11,9</td><td>141,61</td></tr> <tr><td>6</td><td>11,4</td><td>129,96</td></tr> <tr> <td></td> <td>$\sum I = 69,9$</td> <td>$\sum I_i^2 = 814,91$</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$\bar{I} = 11,65 \text{ mA}$</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> $\Delta I = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N(\sum I_i^2) - (\sum I)^2}{N - 1}}$ $\Delta I = \frac{1}{6} \sqrt{\frac{6(814,91) - (69,9)^2}{6 - 1}}$	No.	I_i mA	I_i^2 mA	1	11,8	139,24	2	11,2	125,44	3	11,5	132,25	4	12,1	146,41	5	11,9	141,61	6	11,4	129,96		$\sum I = 69,9$	$\sum I_i^2 = 814,91$		$\bar{I} = 11,65 \text{ mA}$		5	<p>Dijawab benar lengkap dengan cara nilai 5 Dijawab hanya Sebagian tidak sampai selesai 3 Dijawab salah nilai 1 Tidak dijawab nilai 0</p>
N o.	I_i mA																																												
1	11,8																																												
2	11,2																																												
3	11,5																																												
4	12,1																																												
5	11,9																																												
6	11,4																																												
No.	I_i mA	I_i^2 mA																																											
1	11,8	139,24																																											
2	11,2	125,44																																											
3	11,5	132,25																																											
4	12,1	146,41																																											
5	11,9	141,61																																											
6	11,4	129,96																																											
	$\sum I = 69,9$	$\sum I_i^2 = 814,91$																																											
	$\bar{I} = 11,65 \text{ mA}$																																												

		$\Delta I = 0,16 \sqrt{\frac{4,889,46 - 4,886,01}{5}}$ $\Delta I = 0,16 \sqrt{\frac{3,45}{5}}$ $\Delta I = 0,16 \sqrt{0,69}$ $\Delta I = 0,16(0,83066)$ $\Delta I = 0,133 \text{ mA}$ $\text{Kepastian Relatif (KSR)} = \frac{\Delta I}{I} \times 100\%$ $\text{Kepastian Relatif} = \frac{0,133}{11,65} \times 100\%$ $\text{Kepastian Relatif} = 0,0114 \times 100\%$ $\text{Kepastian Relatif} = 1,14 \%$ <p style="text-align: center;">→ 3 AP (ANGKA PENTING)</p> $\text{Hasil Pengukuran} = (\bar{I} \pm \Delta x) \text{ mA}$ $\text{Hasil Pengukuran} = (11,6 \pm 0,1) \text{ mA}$		
3	Hasil pengukuran diameter koin dengan jangka sorong adalah 1,14 cm. Jika NST jangka sorong 0,1 mm, tunjukkan hasil pengukuran tersebut disertai ketidakpastian dan persentase ketelitiannya!	$d = 1,14 \text{ cm}$ $\Delta d = \frac{1}{2} \times nst = \frac{1}{2} \times 0,1 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm} = 0,005 \text{ cm}$ <p>Hasil pengukuran dituliskan :</p> $d = d \pm \Delta d$ $KR = \frac{0,005}{1,14} \times 100\% = 0,439 \%$ $d = (1,140 \pm 0,005) \text{ cm}$ $\text{Ketelitian (\%)} = 100\% - 0,4\% = 99,6\%$	3	Dijawab benar nilai 3 Dijawab salah nilai 1 Tidak dijawab nilai 0

Penilaian

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimal}} \times 100$$

Keterangan

0 - 40 % : Belum mencapai, remedial di seluruh bagian

41 - 65 % : Belum mencapai ketuntasan, remedial di bagian yang diperlukan

66 - 85 % : Sudah mencapai ketuntasan, tidak perlu remedial

86 - 100% : Sudah mencapai ketuntasan, perlu pengayaan atau tantangan lebih

B. LEMBAR OBSERVASI SIKAP P3

Petunjuk :

1. Lembar observasi ini digunakan oleh guru untuk melihat sikap ilmiah peserta didik dalam pembelajaran.
2. Berilah tanda cek (√) pada kolom yang disediakan jika indikator sikap ilmiah peserta didik yang diharapkan muncul.

No	Nama Peserta Didik	Dimensi Profil Pelajar Pancasila (P3)												Jumlah skor	Nilai	Predikat	
		Mandiri				Kreatif				Gotong Royong							
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1				
1	Aghniya Salsabila Suryadi																
2	Akbar																
3	Andi Akhdan																
4	April																
5	Arini																
6	Chantika Permatasari																
7	Claudia																
8	Dhivia Syafa Azzahra																
9	Diana																
10	Faturrahman																
11	Gibran Al Farabi																
12	Imelda																
13	Muh. Kaisar																
14	Kayla																
15	Keisya Almira																
16	Keyla																
17	Khaerunnisa																
18	Muflih																
19	Muflih Faturrahman Lubis																
20	Muh Alfin																
21	Muh. Aldyansyah																
22	Muh. Fadhlhan																
23	Muh. Hidayat																
24	Muh. Rahman Nabil																

RUBRIK SIKAP PESERTA DIDIK

No.	Indikator	Aspek yang dinilai			
		4	3	2	1
Mandiri					
1	Perhatian pada obyek yang diamati	Peserta didik memperhatikan sampai akhir tentang langkah kegiatan eksperimen yang Dilakukan	Peserta didik memperhatikan sampai $\frac{3}{4}$ waktu saja tentang langkah kegiatan eksperimen yang dilakukan	Peserta didik memperhatikan sampai setengah saja tentang langkah kegiatan eksperimen yang Dilakukan	Peserta didik tidak memperhatikan langkah kegiatan eksperimen yang dilakukan
Kreatif					
2	Keterampilan menggunakan dan membaca alat ukur	Peserta didik terampil menggunakan alat ukur dan membaca skala dengan tepat	Peserta didik terampil menggunakan alat ukur dan membaca skala tidak tepat	Peserta didik tidak terampil menggunakan alat ukur dan membaca skala dengan tepat	Peserta didik tidak terampil menggunakan alat ukur dan membaca skala tidak tepat
Gotong royong					
3.	Berpartisipasi aktif dalam kelompok	Peserta didik bekerja secara aktif, bersama-sama dengan teman sekelompok	Peserta didik kurang bekerja secara aktif bersama-sama dengan teman sekelompok	Peserta didik terkadang bekerja secara aktif bersama-sama dengan teman sekelompok, dan terkadang mengganggu	Peserta didik hanya menonton kelompoknya yang sedang melakukan kegiatan eksperimen

C. ASESMEN KETERAMPILAN

No.	Nama	Aspek yang dinilai			Jumlah Skor
		Ketepatan Mengukur	Laporan Sistematis, menarik	Tepat waktu dalam mengolah data	
1.	Aghniya Salsabila Suryadi				
2.	Akbar				
3.	Andi Akhdan				
4.	April				
5.	Arini				
6.	Chantika Permatasari				
7.	Claudia				
8.	Dhivia Syafa Azzahra				
9.	Diana				
10.	Faturrahman				
11.	Gibran				
12.	Imelda				
13.	Kaisar				
14.	Keyla				
15.	Keisya Almira				
16.	Keyla				

17	Khaerunnisa				
18	Muflih				
19	Muflih Faturrahman Lubis				
20	Muh Alfin				
21	Muh. Aldyansyah				
22	Muh. Fadhlán				
23	Muh. Hidayat				
24	Muh. Rahman Nabil				
25	Muh. Raja				
26	Mutia				
27	Najwa				
28	Naura				
29	Nur Fatma				
30	Nurul				
31	Nurul Dzihni Gazali				
32	Rayhan Mata Allo				
33	Siti Nurun Najma				
34	Syifa				
35	Widi				

Rentang Skor: 1 – 4

1 = Kurang;

2 = Cukup;

3 = Baik;

4 = Sangat Baik