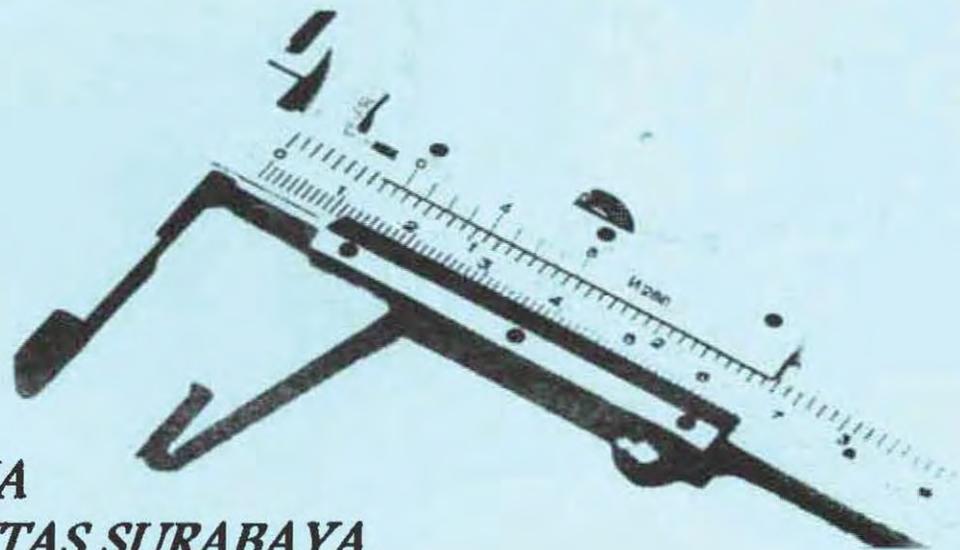


# ***PETUNJUK PRAKTIKUM FISIKA***

**BERDASARKAN KURIKULUM 2021**

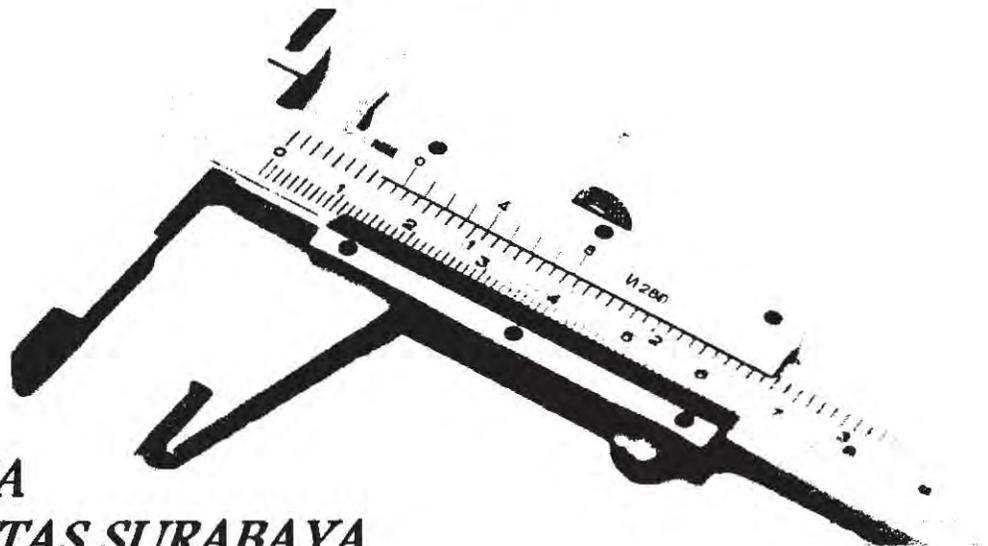
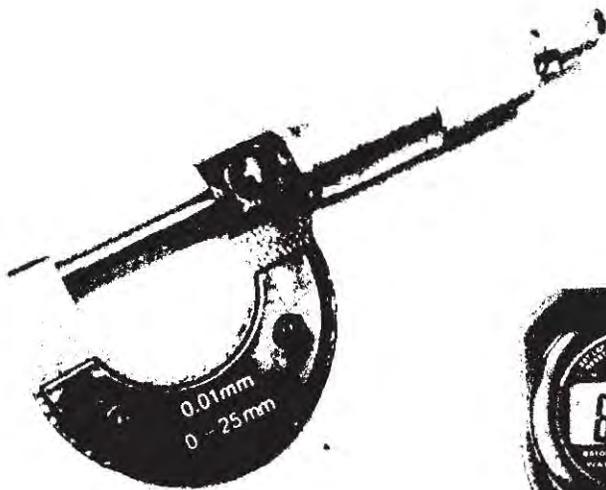


***TIM FISIKA  
UNIVERSITAS SURABAYA***

# ***PETUNJUK PRAKTIKUM***

## ***FISIKA***

**BERDASARKAN KURIKULUM 2021**



***TIM FISIKA***  
***UNIVERSITAS SURABAYA***

# ***PETUNJUK PRAKTIKUM***

## ***FISIKA***

**BERDASARKAN KURIKULUM 2021**

**TIM DOSEN FISIKA:**

- ① *Fenny Irawati*
- ② *Heru Arwoko*
- ③ *Herman Susanto*
- ④ *Elieser Tarigan*

***UNIVERSITAS SURABAYA***

## **DAFTAR ISI**

Daftar Isi	i
Petunjuk Umum	ii
Tata Tertib	iv
Jadwal Kegiatan Praktikum Fisika	vi
P1 Ayunan Matematis	1
P2 Gelombang Stasioner	4
P3 Gelombang Bunyi	7
P4 Viskositas	11
P5 Konduktivitas Panas	14
P6 Lensa	17
P7 Kesetaraan Panas Listrik	21
P8 Energi Mekanik	24
Lampiran	28

## PETUNJUK UMUM

1. Bobot kredit "*Praktikum Fisika*" adalah 1 sks dengan kesetaraan sebagai berikut:
  - melakukan 8 jenis percobaan yang berbeda, 3 percobaan sebelum UTS dan 5 percobaan setelah UTS
  - setiap jenis percobaan terdiri atas satu set rangkaian percobaan
  - setiap jenis percobaan memerlukan waktu 2 – 2,5 jam.
2. Mereka yang terlibat dalam kegiatan praktikum fisika adalah:
  - *praktikan*: mahasiswa yang melakukan praktikum sesuai dengan Kartu Rencana Studi (KRS)
  - *asisten*: mahasiswa senior yang membimbing, mengawasi, dan mengevaluasi praktikan
  - *laboran*: tenaga non edukatif yang bertugas menunjang kelancaran praktikum
  - *dosen praktikum*: dosen yang mengasuh dan bertanggung jawab atas kelas praktikum
  - *koordinator bidang fisika*: dosen yang bertanggung jawab terhadap keseluruhan pelaksanaan praktikum.
3. Praktikan melaksanakan praktikum menurut jadwal yang telah disusun sesuai dengan kelas paralel yang diikuti.
4. Setiap jenis percobaan dilakukan oleh kelompok yang terdiri atas dua orang praktikan. Pembagian kelompok ditetapkan oleh dosen praktikum dan bila dipandang perlu maka koordinator bidang fisika berhak mengubah/mengganti jenis percobaan dan/atau kelompok kerja praktikan.
5. Kewajiban praktikan:
  - a. sebelum praktikum:
    - menyerahkan laporan dari percobaan sebelumnya
    - mengerjakan tes awal dari dosen/asisten.  
***Praktikan yang tidak menyerahkan laporan dari percobaan sebelumnya dan/atau tidak mengerjakan tes awal tidak diperkenankan mengikuti praktikum pada hari itu.***
    - meminjam kunci lemari tas (*locker*) dan peralatan pada petugas laboratorium
    - memeriksa kondisi peralatan yang dipinjam
  - b. saat praktikum:
    - melakukan praktikum sebaik-baiknya pada setiap percobaan
    - melakukan pengamatan dan mencatat hasil pengukuran dalam laporan hasil pengukuran yang ada pada buku petunjuk praktikum fisika
  - c. setelah praktikum:
    - membersihkan peralatan dan meja praktikum
    - mengembalikan kunci lemari barang dan peralatan yang dipinjam kepada petugas sesuai kondisi semula
    - menyerahkan data hasil pengukuran kepada asisten yang akan menandatangani jika data percobaan sudah layak
6. Penulisan **laporan mingguan** dibuat oleh tiap kelompok dengan mengikuti **format** sebagai berikut:
  - a. Judul Percobaan (5 poin)
  - b. Tujuan Percobaan (5 poin)
  - c. Data Hasil Pengukuran (5 poin)
  - d. Analisis Data (30 poin)
  - e. Pembahasan (40 poin)
  - f. Kesimpulan (15 poin)

7. Penulisan **laporan resmi** dibuat oleh tiap kelompok dengan *diketik menggunakan komputer* dan mengikuti **format** sebagai berikut:
- Judul Percobaan (5 poin)
  - Tujuan Percobaan (5 poin)
  - Dasar Teori (10 poin)
    - dicari dari buku referensi lain, **TIDAK** dikutip dari buku petunjuk praktikum
  - Cara Kerja dan Alat (5 poin)
    - diuraikan dengan kalimat se jelas mungkin berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, **TIDAK** dikutip dari buku petunjuk praktikum
  - Data Hasil Pengukuran (5 poin)
  - Analisis Data (20 poin) dan Pembahasan (35 poin)
    - analisis bersifat kualitatif dan kuantitatif. Analisis kuantitatif berupa perhitungan, antara lain perhitungan harga rata-rata, deviasi standar harga rata-rata, *error*, dan akurasi. Adapun analisis kualitatif dituangkan dalam bentuk pembahasan dan dapat berupa komentar-komentar tentang hasil perhitungan atau perbandingan terhadap nilai yang diharapkan atau berbagai hal yang dianggap penting/menarik. Jika diminta membuat grafik maka grafik dibuat menggunakan *Microsoft Excel* dilengkapi dengan perhitungan regresi linearnya dan interpretasi tentang besaran yang dihitung.
  - Kesimpulan (10 poin)
    - dirumuskan dari apa yang telah dikerjakan oleh praktikan sejak persiapan sampai dengan analisis data dan merupakan jawaban dari tujuan percobaan.
  - Daftar Pustaka (5 poin)
8. Laporan resmi dicetak di kertas HVS ukuran A4 dan dijilid mengikuti format sebagai berikut:
- Batas atas: 4 cm                      Batas kiri: 4 cm  
 Batas bawah: 3 cm                      Batas kanan: 3 cm  
 Huruf: Times New Roman ukuran 12 pt  
 Spasi: 1,5  
 Warna *cover* untuk masing-masing kelas paralel (KP) ditentukan oleh dosen yang bersangkutan.
9. *Slide* untuk presentasi dibuat dalam bentuk file *powerpoint*. *Soft copy* dari laporan resmi dan *slide* presentasi tiap kelompok dikumpulkan di tempat yang telah disediakan di *ULS Ubaya*. *Hard copy* laporan resmi masing-masing KP dikumpulkan sebelum tes lisan/presentasi berlangsung.
10. Evaluasi untuk menentukan keberhasilan praktikan dalam menempuh mata kuliah praktikum fisika meliputi penilaian:
- kesiapan praktikan
    - dinilai dari jawaban tes awal
  - pelaksanaan praktikum
    - dinilai dari pengamatan dosen/asisten terhadap kesungguhan dan kemampuan praktikan dalam melaksanakan setiap praktikum
  - laporan resmi
    - dinilai dari bobot seluruh bagian laporan. Jika terbukti sama dengan laporan yang lain maka **NILAI LAPORAN** akan **DINOLKAN**.
  - presentasi makalah, tes lisan, dan hasil ujian semester
    - dinilai dari presentasi yang dilakukan serta jawaban tes lisan dan ujian semester. Nilai ujian berbobot sekitar 30% – 40% dari seluruh nilai yang diperoleh

<p>Judul Percobaan</p> <p>Logo Ubaya</p> <p>Disusun Oleh:</p> <p>1. Nama NRP</p> <p>2. Nama NRP</p> <p>Fakultas ....</p> <p>Universitas Surabaya</p> <p>tahun</p>
---

# TATA TERTIB

## **BAGI PRAKTIKAN:**

1. Praktikan mulai praktikum sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.
2. Praktikan yang *terlambat lebih dari 15 menit* diperkenankan mengikuti praktikum dengan sanksi berupa *pengurangan nilai laporan sebesar 10 poin*.
3. Praktikan yang *terlambat lebih dari 30 menit tidak diperkenankan mengikuti praktikum dan tidak diperbolehkan mengikuti praktikum susulan (inhal)*.
4. Semua perlengkapan yang tidak berhubungan dengan praktikum (*termasuk kalkulator*) harus diletakkan di tempat yang telah disediakan.
5. Praktikan dapat memulai praktikum setelah dinyatakan siap oleh asisten, yakni jika praktikan sudah:
  - *mengumpulkan laporan praktikum sebelumnya*
  - *mengumpulkan jawaban tes awal yang diberikan oleh asisten*
  - *tahu apa yang akan dikerjakan dalam praktikum hari itu.*
6. Tes awal diberikan sebelum praktikum dimulai (*waktu maksimum 15 menit*).
7. Pada waktu mengikuti praktikum, praktikan harus berpakaian sopan dan dilarang:
  - makan, minum, dan merokok
  - memakai celana pendek dan/atau sandal
  - melakukan hal-hal yang dapat mengganggu kelancaran praktikum (*termasuk menggunakan HP secara berlebihan*).
8. Keluar laboratorium pada saat praktikum harus seijin asisten atau dosen.
9. Selama melakukan praktikum dan membuat laporan (*mingguan maupun resmi*) praktikan *dilarang keras*:
  - menulis data hasil pengukuran/pengamatan tanpa melakukan percobaan
  - mengutip data praktikan lain
  - mengutip laporan praktikan lain
  - tindakan lain yang dapat dianggap sebagai kecurangan
10. Praktikan yang karena kelalaiannya menyebabkan rusak atau hilangnya alat/bahan milik ruang praktikum fisika diwajibkan *mengganti* alat/bahan tersebut selambat-lambatnya 1 (*satu*) minggu setelah kejadian. Kelalaian mengganti alat menyebabkan praktikan yang bersangkutan *dilarang* melakukan praktikum berikutnya sampai alat/bahan tersebut diganti. Jika kelalaian ini terjadi pada praktikum terakhir, maka praktikan dapat digugurkan dari daftar peserta UAS.
11. Praktikan yang karena satu dan lain hal tidak dapat mengikuti praktikum diperkenankan mengikuti praktikum susulan dengan *menyerahkan surat keterangan kepada dosen selambat-lambatnya 1 (satu) minggu setelah berhalangan masuk*.
12. Diperbolehkan melakukan *praktikum susulan maksimum 2 kali* selama perkuliahan berlangsung jika alasannya dapat dipertanggungjawabkan dengan terlebih dahulu meminta ijin pada dosen. Adapun *jadwal praktikum susulan diatur oleh dosen* yang bersangkutan.
13. Pelanggaran terhadap tata tertib ini dikenakan sanksi berupa:
  - peringatan
  - pembatalan percobaan yang sedang dilakukan
  - pembatalan seluruh praktikum yang diikuti dan laporan pelanggaran ini akan diteruskan ke fakultas/universitas.

### **BAGI ASISTEN:**

1. Asisten *harus hadir sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.*
2. Asisten yang *terlambat lebih dari 15 menit* dikenakan sanksi berupa *pengurangan sks kehadiran sebesar 1 sks.*
3. Pada waktu mendampingi praktikum, asisten harus berpakaian sopan dan dilarang:
  - makan, minum, dan merokok
  - memakai celana pendek dan/atau sandal
  - melakukan hal-hal yang dapat mengganggu kelancaran praktikum (termasuk menggunakan HP secara berlebihan).
4. Keluar laboratorium pada saat praktikum harus seijin dosen atau laboran.
5. Asisten yang karena satu dan lain hal tidak dapat mendampingi praktikum pada hari di mana dia bertugas *wajib mencari asisten pengganti dan memberitahukan hal ini kepada dosen/laboran sebelumnya.*
6. Asisten *harus menyiapkan soal tes awal setiap praktikum berlangsung. Soal tes awal beserta jawabannya yang digunakan harus mendapat persetujuan dari tim dosen* terlebih dahulu.
7. Asisten *wajib menyerahkan nilai tugas pendahuluan dan/atau laporan mingguan selambat-lambatnya 2 minggu* setelah berkas dikumpulkan oleh praktikan.
8. Tes awal/laporan suatu percobaan dalam pertemuan yang sama *harus dikoreksi oleh satu asisten, sebaiknya TIDAK* dibagi di antara asisten untuk menghindari kekacauan penilaian.
9. Asisten *wajib hadir* pada saat presentasi maupun tes lisan berlangsung.
10. Nilai tes awal dan laporan mingguan harus diinformasikan pada praktikan. Asisten harus memberi kesempatan pada praktikan untuk melakukan *complain* atas segala kesalahan penilaian tes awal dan/atau laporan mingguan.
11. Pelanggaran terhadap tata tertib ini dikenakan sanksi berupa:
  - peringatan
  - pengurangan sks kehadiran
  - masuk dalam daftar hitam asisten dan tidak akan diterima sebagai asisten lagi

## JADWAL KEGIATAN PRAKTIKUM FISIKA

Minggu ke-	Kegiatan
1	Pembagian kelompok, tata tertib, pengenalan alat
2	Teori ralat & pembuatan laporan
3	Praktikum ke-1
4	Praktikum ke-2
5	Praktikum ke-3
6	Presentasi makalah
7	Presentasi makalah
<b>UTS</b>	
8	Praktikum ke-4
9	Praktikum ke-5
10	Praktikum ke-6
11	Praktikum ke-7
12	Praktikum ke-8
13	Tes lisan
14	Tes lisan
<b>UAS</b>	

**Keterangan:**

Praktikum susulan (*inhal*) hanya diberikan *maksimum* dua kali di tiap semester (sesuai kesepakatan dengan dosen praktikum masing-masing KP). Praktikan dapat mengikuti *inhal* jika telah memenuhi ketentuan yang berlaku.

**Aturan penilaian:**

1. Tes Awal: 0 – 100
2. Laporan Mingguan: 0 – 100, dengan rincian:
  - a. judul (maks 5 poin)
  - b. tujuan percobaan teori (maks 5 poin)
  - c. data (maks 5 poin)
  - d. analisis data (maks 30 poin)
  - e. pembahasan (maks 40 poin)
  - f. kesimpulan (maks 15 poin)
3. Laporan Resmi: 0 – 100, dengan rincian:
  - a. judul (maks 5 poin)
  - b. tujuan (maks 5 poin)
  - c. dasar teori (maks 10 poin)
  - d. cara kerja dan alat (maks 5 poin)
  - e. data (maks 5 poin)
  - f. analisis data (maks 20 poin)
  - g. pembahasan (maks 35 poin)
  - h. kesimpulan (maks 10 poin)
  - i. daftar pustaka (maks 5 poin)
4. Tes lisan: 0 – 100
5. Presentasi: 0 – 100, dengan rincian:
  - a. laporan resmi 40%
  - b. presentasi 40%
  - c. keaktifan 20%

# P1 - Ayunan Matematis

## Tujuan:

1. Memahami gerakan ayunan sistem bandul matematis.
2. Menentukan besar percepatan gravitasi bumi.

## Alat-alat yang diperlukan:

1. Statif percobaan ayunan matematis
2. Rollmeter
3. Beban
4. Gunting
5. Busur derajat
6. Stopwatch

## Dasar teori

Sebuah sistem bandul matematis atau bandul sederhana terdiri atas sebuah benda bermassa  $m$  yang dimensinya kecil, sehingga dapat dianggap sebagai titik partikel, digantungkan pada seutas tali (yang tidak mulur dan massanya dapat diabaikan) membentuk sistem ayunan seperti pada gambar di samping. Bila bandul disimpangkan dengan sudut  $\theta$  maka akan terdapat gaya pemulih sebesar:

$$F = -m \cdot g \cdot \sin \theta \quad (1.1)$$

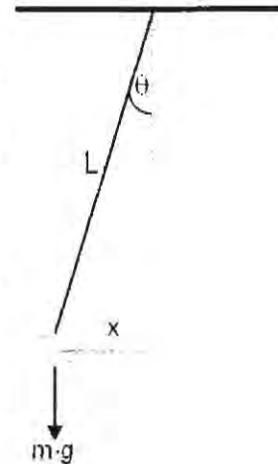
Jika bandul berayun dengan sudut simpangan yang kecil ( $\theta < 10^\circ$ ), maka gerak ayunan ini dapat dianggap sebagai getaran selaras dan  $F \equiv -mg\theta \equiv -mg(x/L)$ . Periode getaran selaras ini dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1.2)$$

dengan:  $T$  = periode ayunan (s)

$L$  = panjang tali (m)

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )



## Cara kerja:

1. Buatlah suatu sistem bandul matematis dengan memasang beban pada ujung tali. Mulailah dengan massa beban yang kecil dan tali dengan panjang tertentu. **Cara mengukur panjang tali adalah dari titik poros ke titik pusat massa bandul.**
2. Bandul disimpangkan dengan sudut yang kecil ( $\theta < 10^\circ$ ), kemudian diayunkan. Lintasan bandul harus dijaga agar senantiasa terletak pada sebuah bidang datar.
3. Catat waktu yang diperlukan untuk melakukan 10 kali ayunan. Lakukan pencatatan ini sebanyak 3 kali.
4. Untuk setiap massa bandul tertentu lakukan variasi panjang tali sebanyak 5 kali dan lakukan pencatatan waktu ayunnya seperti pada langkah 3. Panjang tali yang digunakan: 40 cm s.d. 100 cm dengan interval 10 cm.
5. Ulangi seluruh percobaan ini dengan memakai 2 bandul lain yang massanya berbeda. Massa beban yang digunakan sekitar 10 g s.d. 60 g dengan interval 10 g.

**DATA HASIL PENGUKURAN**

**Tabel hasil pengukuran**

Massa beban  $m_1 = \dots\dots\dots$  g

No	Panjang tali [cm]	$t_1[s]$	$t_2[s]$	$t_3[s]$
1	$L_1 =$			
2	$L_2 =$			
3	$L_3 =$			
4	$L_4 =$			
5	$L_5 =$			

Massa beban  $m_2 = \dots\dots\dots$  g

No	Panjang tali [cm]	$t_1[s]$	$t_2[s]$	$t_3[s]$
1	$L_1 =$			
2	$L_2 =$			
3	$L_3 =$			
4	$L_4 =$			
5	$L_5 =$			

Massa beban  $m_3 = \dots\dots\dots$  g

No	Panjang tali [cm]	$t_1[s]$	$t_2[s]$	$t_3[s]$
1	$L_1 =$			
2	$L_2 =$			
3	$L_3 =$			
4	$L_4 =$			
5	$L_5 =$			

Menyetujui,  
Asisten

( \_\_\_\_\_ )

**ANALISIS DATA**

Massa beban  $m_1 = \dots\dots\dots$  g.

No	Panjang tali [cm]	$t_1[s]$	$t_2[s]$	$t_3[s]$	$\bar{t}[s]$	$\bar{T}[s]$	$g[m/s^2]$
1	$L_1 =$						
2	$L_2 =$						
3	$L_3 =$						
4	$L_4 =$						
5	$L_5 =$						

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{t_1+t_2+t_3}{3} ; \quad \bar{T} = \frac{t}{10}$$
$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} ; \quad \bar{g} = \frac{\sum g_i}{n} = \frac{g_1+g_2+g_3+g_4+g_5}{5}$$
$$s_{\bar{g}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_n^2}{n(n-1)}} ; \quad \delta_n = g_n - \bar{g}$$
$$g = \bar{g} \pm s_{\bar{g}}$$

Ulangi untuk  $m_2$  dan  $m_3$ .

Dengan perhitungan error dan akurasi.

$$error = \left| \frac{\bar{g}_{percobaan} - g_{literatur}}{g_{literatur}} \right| \times 100\% ; \quad akurasi = 100\% - error$$

Diketahui nilai  $g$  literatur =  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

### Tugas laporan praktikum

1. Hitunglah percepatan gravitasi  $g$  beserta harga rata-ratanya!
2. Bandingkan hasil yang anda peroleh untuk massa bandul yang berlainan, beri komentar!
3. Bagaimana analisis Anda terhadap percobaan ini? Berapakah nilai percepatan gravitasi di Surabaya?

# P2 - Gelombang Stasioner

## Tujuan:

1. Mempelajari peristiwa gelombang stasioner pada tali.
2. Menentukan frekuensi gelombang stasioner pada tali.

## Alat-alat yang diperlukan:

1. Vibrator
2. Tali
3. Batang penggaris
4. Beban
5. Gunting

## Dasar teori

Bila seutas tali dengan tegangan tertentu digetarkan secara terus-menerus maka akan terlihat suatu bentuk gelombang yang arah getarnya tegak lurus terhadap arah rambat gelombang. Gelombang ini dinamakan gelombang transversal. Jika kedua ujungnya tertutup, gelombang pada tali itu akan terpantul-pantul dan dapat menghasilkan gelombang stasioner yang tampak berupa simpul dan perut gelombang asalkan dipenuhi:

$$L = n \cdot \frac{1}{2} \lambda, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (2.1)$$

yakni panjang tali ( $L$ ) merupakan kelipatan bilangan bulat dari setengah panjang gelombangnya.

Laju rambat gelombang dalam tali:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2.2)$$

dengan:  $v$  = laju perambatan gelombang tali [m/s]

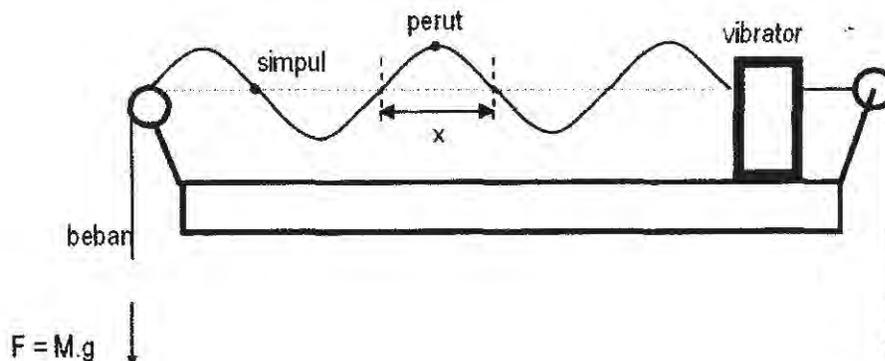
$F$  = tegangan tali [N]

$\mu$  = rapat massa linear tali [kg/m]

Bila gelombang pada tali itu mempunyai panjang gelombang  $\lambda$  maka frekuensi gelombangnya adalah:

$$f = v/\lambda \quad (2.3)$$

Kombinasi antara Pers. (2.2) dan (2.3) disebut persamaan Melde.



## Cara kerja:

1. Susunlah rangkaian peralatan seperti pada gambar di atas.

2. Tentukan dulu rapat linear tali yang dipakai.
3. Getarkan vibrator untuk beban tertentu dan geser-geserkan kedudukan vibrator (mengubah panjang tali) agar diperoleh paduan gelombang tali yang saling menguatkan (terjadi resonansi) dengan cacah simpul yang sebanyak-banyaknya.
4. Ukurlah jarak antar 2 simpul gelombang yang berdekatan sebanyak 3 kali (sebaiknya pilih yang jauh dari vibrator).
5. Lakukan langkah di atas untuk massa beban yang berbeda sebanyak 5 kali. Massa beban yang digunakan sekitar 8 g s.d. 48 g dengan interval 8 g.
6. Lakukan sekali lagi seluruh langkah di atas dengan memakai jenis tali yang lain.

**DATA HASIL PENGUKURAN**

Tabel hasil pengukuran

Tali 1

Massa tali 1  $m_1 = \dots\dots\dots$  g

Panjang tali 1  $L_1 = \dots\dots\dots$  m

Tali 2

Massa tali 2  $m_2 = \dots\dots\dots$  g

Panjang tali 2  $L_2 = \dots\dots\dots$  m

No	Massa beban (g)	Jarak antar 2 simpul yang berdekatan (cm)		
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	M <sub>1</sub> =			
2	M <sub>2</sub> =			
3	M <sub>3</sub> =			
4	M <sub>4</sub> =			
5	M <sub>5</sub> =			

No X <sub>1</sub>	Massa beban (g) X <sub>1</sub>	Jarak antar 2 simpul yang berdekatan (cm)		
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	M <sub>1</sub> =			
2	M <sub>2</sub> =			
3	M <sub>3</sub> =			
4	M <sub>4</sub> =			
5	M <sub>5</sub> =			

Menyetujui,  
Asisten

( \_\_\_\_\_ )

**ANALISIS DATA**

Anggap nilai  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

Tali 1

Massa tali 1  $m_1 = \dots\dots\dots$  g.

Panjang tali 1  $L_1 = \dots\dots\dots$  m.

No	Massa beban (g)	Jarak antar 2 simpul yang berdekatan (cm)			$\bar{X}$ [cm]	f [Hz]
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>		
1	M <sub>1</sub> =					
2	M <sub>2</sub> =					
3	M <sub>3</sub> =					
4	M <sub>4</sub> =					
5	M <sub>5</sub> =					

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} ; \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{2}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{\sqrt{F/\mu}}{2\bar{X}} ; \quad F = Mg ; \quad \mu = m/L$$

$$\bar{f} = \frac{\sum f_i}{n} ; \quad s_{\bar{f}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_n^2}{n(n-1)}} ; \quad \delta_n = f_n - \bar{f} ; \quad f = \bar{f} \pm s_{\bar{f}}$$

Ulangi untuk tali 2.

Tanpa perhitungan error dan akurasi.

**GRAFIK:**

Sumbu X: M

Sumbu Y:  $\bar{X}^2$

Persamaan garisnya:  $\bar{X}^2 = A + BM$  dengan  $A = 0$  (teori) dan  $B = \frac{gL}{4f^2m}$  sehingga  $f = \sqrt{\frac{gL}{4Bm}}$

2 tali dijadikan 1 grafik

**Grafik dibuat dengan menggunakan kertas milimeter blok. Perhitungan nilai A dan B dilakukan secara manual, tabel perhitungan disertakan dalam laporan.**

$$A = \frac{\sum X_n^2 \sum y_n - \sum X_n \sum X_n y_n}{N \sum X_n^2 - (\sum X_n)^2} \quad \text{dan} \quad B = \frac{N \sum X_n y_n - \sum X_n \sum y_n}{N \sum X_n^2 - (\sum X_n)^2}$$

**Tugas laporan praktikum**

1. Hitunglah frekuensi gelombang tali beserta harga rata-ratanya dengan persamaan Melde!
2. Bandingkan hasil-hasil yang diperoleh untuk massa beban yang berbeda-beda pada masing-masing jenis tali! Apakah anda mencurigai adanya kesalahan sistematik? Beri komentar!
3. Hitunglah frekuensi gelombang tali dengan menggunakan metode grafik!

# P3 - Gelombang Bunyi

## Tujuan:

1. Memahami gejala resonansi bunyi.
2. Menentukan kecepatan bunyi di udara.
3. Menentukan frekuensi sumber bunyi yang akan ditera.

## Alat-alat yang diperlukan:

1. Tabung resonansi
2. Sumber bunyi dengan frekuensi variabel
3. Sumber bunyi yang akan ditera

## Dasar teori

Bila suatu sumber bunyi bergetar di atas mulut tabung resonansi, pada panjang kolom udara tertentu dapat didengar dengung sangat keras, ini berarti terjadi resonansi bunyi. Saat itu dalam tabung resonansi terjadi gelombang longitudinal stasioner. Pada permukaan air terdapat simpul gelombang dan pada mulut tabung terdapat perut gelombang.

Pada keadaan resonansi itu terdapat hubungan:

$$L = (2n+1) \frac{\lambda}{4} \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (3.1)$$

$$\lambda = v/f \quad (3.2)$$

dengan  $L$  = panjang kolom udara saat resonansi.

$\lambda$  = panjang gelombang bunyi.

$v$  = kecepatan bunyi di udara.

$f$  = frekuensi sumber bunyi.

Sebenarnya letak perut gelombang terluar pada saat resonansi berada sedikit di atas mulut tabung yakni sekitar 0,3 kali diameter tabung. Oleh karena itu untuk menentukan panjang gelombang bunyi dipakai metoda selisih posisi resonansi berurutan  $\Delta L$ , sbb:

$$\Delta L = \lambda/2 \quad (3.3)$$

Jika digunakan posisi resonansi kedua dan ketiga, diperoleh  $\Delta L = L_3 - L_2 = \lambda/2$

Bila panjang kolom udara dalam tabung tidak diubah, maka hanya frekuensi-frekuensi tertentu saja yang menghasilkan resonansi. Persamaannya mirip dengan Pers. (3.1) di atas:

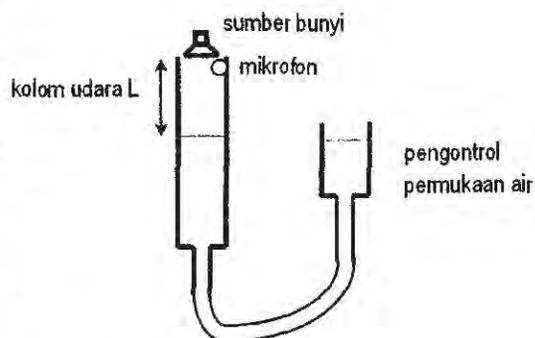
$$L = (2m+1) \lambda_m / 4 \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (3.4)$$

dengan  $\lambda_m$  adalah panjang gelombang resonansi. Resonansi *nada dasar* terjadi dengan  $m = 0$ , sedangkan  $m = 1, 2, \dots$  menghasilkan resonansi *nada atas* pertama, kedua, dst. Dalam hal ini resonansi yang terjadi sama dengan resonansi pada pipa organa tertutup.

## Cara kerja:

1. Isilah tabung resonansi dengan air sampai penuh melalui pengontrol permukaan air.
2. Hidupkan sumber bunyi dengan suatu frekuensi tertentu di atas mulut tabung resonansi. Setelah itu turunkan permukaan air dalam tabung resonansi perlahan-lahan sampai terdengar dengung yang keras (resonansi ke-1). Catatlah kedudukan permukaan air ini dan ukurlah panjang kolom udara (jarak antara mulut tabung dengan permukaan air). Ulangi sebanyak 3 kali. Mikrofoni hanya berfungsi sebagai alat bantu dengar.

3. Dengan cara yang sama, turunkan lagi permukaan air, untuk mendapatkan kedudukan permukaan yang dapat menimbulkan resonansi ke-2 dan ke-3.
4. Lakukan langkah-langkah di atas, dengan menggunakan 4 frekuensi yang lain. Frekuensi yang digunakan: 400 Hz s.d. 900 Hz dengan interval 50 Hz s.d. 100 Hz.
5. Cobalah anda menera frekuensi sebuah sumber bunyi lain yang telah disediakan. Letakkan sumber bunyi tersebut di mulut tabung untuk mencari panjang kolom udara saat terjadi resonansi bunyi.
6. Catatlah suhu dan tekanan udara pada saat percobaan.



**DATA HASIL PENGUKURAN**

Suhu udara = ..... °C

Tekanan udara = ..... mmHg

**Tabel hasil pengukuran**

a. Menentukan kecepatan rambatan bunyi di udara

Frekuensi sumber bunyi:  $f_1 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_2 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_3 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_4 = \dots\dots\dots$  Hz

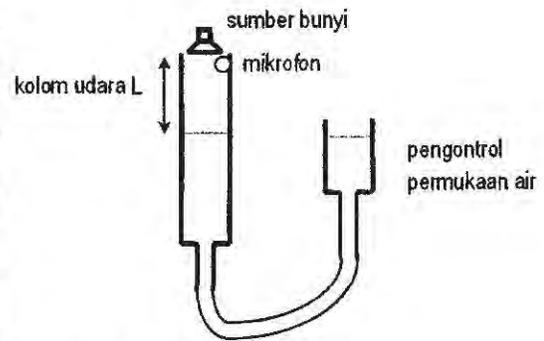
Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_5 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Interval: ..... Hz

3. Dengan cara yang sama, turunkan lagi permukaan air, untuk mendapatkan kedudukan permukaan yang dapat menimbulkan resonansi ke-2 dan ke-3.
4. Lakukan langkah-langkah di atas, dengan menggunakan 4 frekuensi yang lain. Frekuensi yang digunakan: 400 Hz s.d. 900 Hz dengan interval 50 Hz s.d. 100 Hz.
5. Cobalah anda menera frekuensi sebuah sumber bunyi lain yang telah disediakan. Letakkan sumber bunyi tersebut di mulut tabung untuk mencari panjang kolom udara saat terjadi resonansi bunyi.
6. Catatlah suhu dan tekanan udara pada saat percobaan.



**DATA HASIL PENGUKURAN**

Suhu udara = ..... °C

Tekanan udara = ..... mmHg

**Tabel hasil pengukuran**

a. Menentukan kecepatan rambatan bunyi di udara

Frekuensi sumber bunyi:  $f_1 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_2 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_3 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_4 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Frekuensi sumber bunyi:  $f_5 = \dots\dots\dots$  Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
$L_1$			
$L_2$			
$L_3$			

Interval: ..... Hz

- b. Menentukan frekuensi sumber bunyi yang akan ditera  
 Frekuensi sumber bunyi yang akan ditera: ..... Hz

Panjang kolom udara [cm]	Pengukuran ke-		
	1	2	3
L <sub>1</sub>			
L <sub>2</sub>			
L <sub>3</sub>			

Menyetujui,  
 Asisten

( \_\_\_\_\_ )

**ANALISIS DATA**

Menentukan kecepatan bunyi di udara

$$v_{teori} = v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} ; \quad R = 8,314 \text{ J/mol}\cdot\text{K} ; \quad \gamma = 1,4 ; \quad M = 28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{2\Delta L} ; \quad \Delta L = L_3 - L_2$$

GRAFIK:

Sumbu X: f

Sumbu Y:  $\frac{1}{\Delta L}$

Persamaan garisnya:  $\frac{1}{\Delta L} = A + Bf$  dengan  $A = 0$  (teori) dan  $B = \frac{2}{v}$  sehingga  $v_{grafik} = \frac{2}{B}$

Dengan perhitungan error dan akurasi.

$$error = \left| \frac{v_{grafik} - v_{teori}}{v_{teori}} \right| \times 100\% ; \quad akurasi = 100\% - error$$

Menentukan frekuensi sumber bunyi yang akan ditera

v[cm/s]	L <sub>2</sub> [cm]	L <sub>3</sub> [cm]	ΔL[cm]	λ[cm]	f[Hz]
v <sub>grafik</sub>	L <sub>21</sub>	L <sub>31</sub>			
v <sub>grafik</sub>	L <sub>22</sub>	L <sub>32</sub>			
v <sub>grafik</sub>	L <sub>23</sub>	L <sub>33</sub>			

$$f = \frac{v_{grafik}}{\lambda} = \frac{v_{grafik}}{2\Delta L} ; \quad \Delta L = L_{3i} - L_{2i}$$

$$\bar{f} = \frac{\sum f_i}{n} ; \quad s_{\bar{f}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_n^2}{n(n-1)}} ; \quad \delta_n = f_n - \bar{f} ; \quad f = \bar{f} \pm s_{\bar{f}}$$

Dengan perhitungan error dan akurasi.

$$error = \left| \frac{\bar{f}_{percobaan} - f_{literatur}}{f_{literatur}} \right| \times 100\% ; \quad akurasi = 100\% - error$$

**Tugas laporan praktikum**

1. Hitung kecepatan rambatan bunyi di udara sebagai fungsi suhu udara  $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$  !  
(tetapan Laplace dan massa molekul udara masing-masing adalah  $\gamma = 1,4$  dan  $M = 28,8 \cdot 10^{-3}$  kg/mol)
2. Buatlah grafik antara frekuensi ( $f$ ) dan kebalikan dari selisih panjang kolom udara resonansi ( $\frac{1}{\Delta L}$ )! Carilah kecepatan bunyi melalui grafik ini! Bandingkan hasilnya dengan hasil perhitungan pada pertanyaan no. 1!
3. Tentukan frekuensi sumber bunyi yang ditera beserta ralatnya dengan menggunakan data dari pertanyaan no 2 di atas! Bandingkan hasilnya dengan data literatur!

# P4 – Viskositas

## Tujuan

1. Memahami bahwa benda yang bergerak di dalam fluida akan mengalami gesekan yang disebabkan oleh kekentalan fluida.
2. Menentukan koefisien kekentalan zat cair dengan menggunakan hukum Stokes.

## Alat-alat yang diperlukan:

1. Mikrometer sekrup
2. Jangka sorong
3. Tabung gelas berisi zat cair
4. Kelereng
5. Stopwatch
6. Densimeter

## Dasar teori

Setiap benda yang bergerak relatif terhadap benda lain selalu mengalami gesekan (gaya gesek). Sebuah benda yang bergerak di dalam fluida juga mengalami gesekan. Hal ini disebabkan oleh sifat kekentalan (viskositas) fluida tersebut. Koefisien kekentalan suatu fluida (cairan) dapat diperoleh dengan menggunakan percobaan bola jatuh di dalam fluida tersebut. Gaya gesek yang bekerja pada suatu benda yang bergerak relatif terhadap suatu fluida akan sebanding dengan kecepatan relatif benda terhadap fluida:

$$F = -b v \quad (4.1)$$

dengan:  $F$  = gaya gesek yang dialami benda.

$b$  = konstanta gesekan.

$v$  = kecepatan benda.

Khusus untuk benda yang berbentuk bola dan bergerak dalam fluida yang sifat-sifatnya tetap, gaya gesek tersebut memenuhi hukum Stokes sebagai berikut:

$$F = -6 \pi \eta r v \quad (4.2)$$

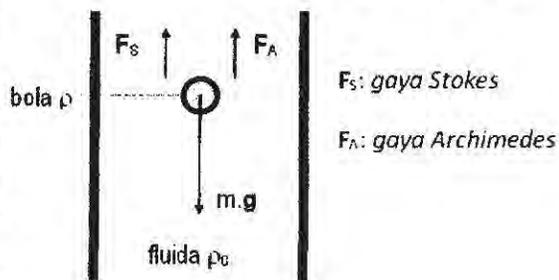
dengan:  $\eta$  = viskositas fluida.

$r$  = radius bola.

Hukum Stokes di atas berlaku bila:

1. Fluida tidak bergolak (tidak terjadi turbulensi).
2. Luas penampang tabung tempat fluida cukup besar dibanding ukuran bola.

Jika sebuah benda padat berbentuk bola dengan jari-jari  $r$  dimasukkan ke dalam zat cair tanpa kecepatan awal maka bola tersebut akan bergerak ke bawah mula-mula dengan percepatan sehingga kecepatannya bertambah. Dengan bertambahnya kecepatan maka gaya gesek fluida akan membesar, sehingga suatu saat bola akan bergerak dengan kecepatan tetap. Kecepatan tetap ini disebut kecepatan terminal yang terjadi pada saat gaya berat bola sama dengan jumlahan antara gaya angkat ke atas (Archimedes) dan gaya gesek Stokes seperti tampak pada gambar di atas.



$F_s$ : gaya Stokes

$F_A$ : gaya Archimedes

Besarnya kecepatan terminal adalah:

$$v_T = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho - \rho_o) \quad (4.3)$$

dengan:  $\rho$  = massa jenis bola.  
 $\rho_o$  = massa jenis fluida.

Bila jarak yang ditempuh bola dengan kecepatan terminal tersebut dalam selang waktu T adalah s maka berlaku persamaan gerak lurus beraturan:

$$v_T = s/T \quad (4.4)$$

**Cara kerja:**

1. Ukurlah diameter bola-bola yang dipakai (dengan mikrometer sekrup) dan diameter dalam tabung fluida (dengan jangka sorong). Gunakan 3 bola yang berbeda ukuran diameternya.
2. Ukurlah massa jenis cairan yang digunakan dengan aerometer/densimeter.
3. Tentukan jarak s dengan memasang batas atas dan batas bawah pada tabung fluida. Ukurlah jarak s dari *dasar tabung*. Jarak s yang digunakan: 40 cm s.d. 90 cm dengan interval 10 cm s.d. 20 cm.
4. Jatuhkan bola ke dalam fluida tanpa kecepatan awal dan catat waktu T yang diperlukan untuk menempuh jarak s (lakukan berulang-ulang sebanyak 3 kali). Perhatikan: *pada saat menurunkan pengambil bola, putarlah rol tali pelan-pelan*.
5. Ukurlah waktu tempuh ini untuk 3 variasi jarak s.
6. Lakukan langkah-langkah di atas untuk 3 bola yang berbeda ukurannya. Cahaya lampu hanya berguna untuk membantu penglihatan.

**DATA HASIL PENGUKURAN**

Massa bola 1:  $m_1 = \dots\dots\dots$  g  
 Massa bola 2:  $m_2 = \dots\dots\dots$  g  
 Massa bola 3:  $m_3 = \dots\dots\dots$  g

Diameter dalam tabung fluida:  $D = \dots\dots\dots$  cm  
 Nama cairan:  $\dots\dots\dots$  dengan massa jenis  $\rho_o = \dots\dots\dots$  g/cm<sup>3</sup>

**Tabel hasil pengukuran**

Untuk bola  $m_1 = \dots\dots\dots$  g

Diameter [cm]	$d_1$	$d_2$	$d_3$

No	Jarak (s) [cm]	Waktu [s]		
		$T_1$	$T_2$	$T_3$
1				
2				
3				

Untuk bola  $m_2 = \dots\dots\dots$  g

Diameter [cm]	$d_1$	$d_2$	$d_3$

No	Jarak (s) [cm]	Waktu [s]		
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1				
2				
3				

Untuk bola m<sub>3</sub> = ..... g

Diameter [cm]	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>

No	Jarak (s) [cm]	Waktu [s]		
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1				
2				
3				

Menyetujui,  
Asisten

( \_\_\_\_\_ )

**ANALISIS DATA**

Anggap nilai g = 9,8 m/s<sup>2</sup>

Untuk bola m<sub>1</sub> = ..... g

diameter [cm]	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	$\bar{d}$ [cm]

$$\bar{d} = \frac{\sum d_i}{n}$$

No	Jarak (s) [cm]	Waktu [s]			$\bar{T}$ [s]	$\eta$
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>		

$$\eta = \frac{2r^2 g (\bar{\rho} - \rho_0)}{9 \left(\frac{s}{\bar{r}}\right)} ; \quad \bar{\rho} = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi \bar{d}^3 / 6}$$

$$\bar{\eta} = \frac{\sum \eta_i}{n} ; \quad s_{\bar{\eta}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_{\eta}^2}{n(n-1)}} ; \quad \delta_n = \eta_n - \bar{\eta} ; \quad \eta = \bar{\eta} \pm s_{\bar{\eta}}$$

Ulangi untuk m<sub>2</sub> dan m<sub>3</sub>.

Tanpa perhitungan error dan akurasi.

**Tugas laporan praktikum**

Hitunglah viskositas cairan yang digunakan dari hasil percobaan lengkap dengan harga rata-ratanya!

# P5 - Konduktivitas Panas

## Tujuan

1. Memahami peristiwa perpindahan panas secara konduksi serta parameter-parameter yang mempengaruhinya.
2. Menentukan konduktivitas panas bahan isolasi.

## Alat-alat yang diperlukan:

1. Statif percobaan konduktivitas
2. Ketel uap
3. Kompor listrik
4. Stopwatch
5. Termometer (2 buah)
6. Mikrometer sekrup
7. Jangka sorong
8. Ketel air panas
9. Bahan uji (kaca dan mika)

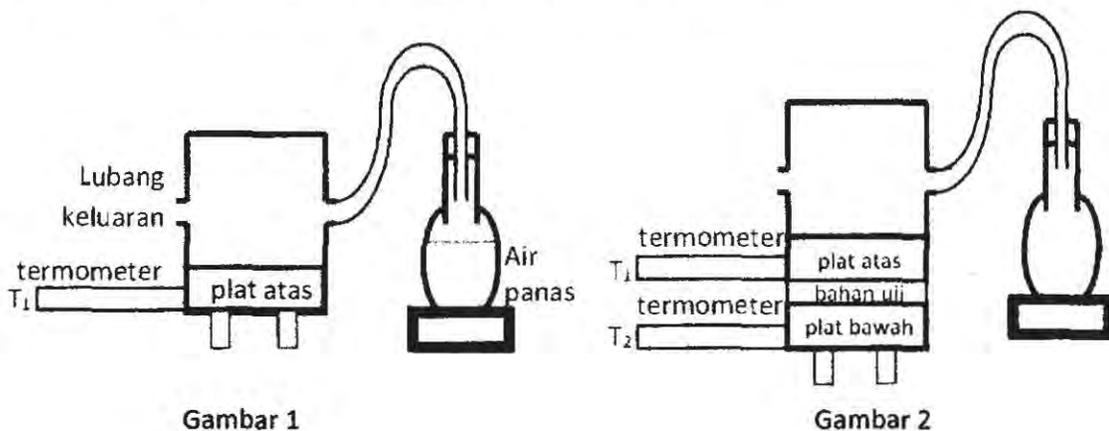
## Dasar teori

Energi panas hanya dapat berpindah dari satu benda ke benda yang lain jika di antara benda-benda tersebut terdapat perbedaan suhu. Panas berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Kuantitas perpindahan panas satu dimensi melalui dinding homogen secara konduksi dinyatakan dengan:

$$H = -KA \frac{dT}{dx} \quad (5.1)$$

dengan  $H$  adalah aliran panas [kalori/detik] yang melalui dinding dengan luas  $A$  dan bergradien suhu  $dT/dx$  [ $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ]. Tanda  $(-)$  menunjukkan bahwa panas mengalir dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu lebih rendah.  $K$  adalah konduktivitas termal bahan uji [kal/cm $\cdot$ s $\cdot^{\circ}\text{C}$ ] yang dapat dianggap konstan dalam selang suhu yang tak terlalu besar.

Rangkaian alat percobaan seperti tampak pada gambar di bawah ini.



Aliran panas dari plat atas dapat dihitung melalui Pers. (5.1):

$$H = -KA(T_1 - T_2)/x \quad (5.2)$$

yang digunakan oleh plat bawah untuk menaikkan suhunya.  $T_1$  dan  $T_2$  adalah suhu plat atas dan plat bawah, sedangkan  $x$  adalah tebal bahan uji. Laju kenaikan suhu plat bawah dapat

dihitung melalui pengertian bahwa aliran panas tak lain adalah banyaknya panas yang mengalir dalam satu satuan waktu.

$$H = dQ/dt = m \cdot c \cdot dT_2/dt \tag{5.3}$$

dengan  $m$  dan  $c$  masing-masing adalah massa dan kalor jenis plat bawah.

Bila Pers. (5.2) dan (5.3) ini diselesaikan maka akan diperoleh:

$$T_2 = T_1 - (T_1 - T_2^0) \cdot e^{-kt} \tag{5.4}$$

dengan  $k = KA/mcx$ , dan  $T_2^0$  adalah suhu plat bawah pada saat awal pengamatan.

**Cara kerja:**

1. Timbanglah plat bawah kuningan dan catat kalor jenisnya dari tabel yang tersedia.
2. Ukurlah luas penampang dan tebal bahan uji.
3. Pasang plat bawah dengan termometer ( $T_2$ ) pada tempatnya kemudian letakkan pada statifnya.
4. Letakkan bahan uji di atas plat bawah, usahakan suhu keduanya sama yaitu pada suhu kamar yang konstan dan catatlah suhu ini sebagai  $T_2^0$ .
5. Isilah ketel air dengan air sampai mencapai batas air yang ada di ketel kemudian panaskan dengan menggunakan kompor listrik (600 W) sampai mendidih dan suhunya tidak naik lagi. Alirkan uapnya melalui selang ke ketel uap yang berhubungan dengan plat atas dan catat suhunya sebagai  $T_1$ , seperti tampak pada gambar 1. Suhu  $T_1$  yang digunakan: 90°C s.d. 95°C.
6. Setelah suhu  $T_1$  tercapai, atur daya listrik pada kompor menjadi 300 W dan letakkan plat atas yang merupakan satu kesatuan dengan ketel uap di atas bahan uji. Kemudian tekanlah stopwatch untuk pengukuran waktu  $t$ , seperti tampak pada gambar 2. Perhatikan: *kompor tidak boleh dimatikan selama proses berlangsung dan termometer pada plat atas harus terpasang kembali pada tempatnya.*
7. Catatlah waktu  $t$ , untuk setiap kenaikan suhu 1°C. Lakukan secara kontinu sampai mencapai keadaan di mana suhunya hampir konstan (sampai tepat 55°C untuk kaca dan mika). Ingat: suhu  $T_2$  harus berupa bilangan bulat!
8. Lakukan langkah di atas dengan menggunakan bahan uji yang berbeda dengan terlebih dulu mendinginkan kembali plat bawah.

**DATA HASIL PENGUKURAN**

Massa plat bawah kuningan :  $m = \dots\dots\dots$  g

Kalor jenis kuningan :  $c = \dots\dots\dots$  kal/g.°C

Bahan uji : 1 (.....)

tebal :  $x = \dots\dots\dots$  mm

2 (.....)

tebal :  $x = \dots\dots\dots$  mm

Suhu awal = suhu kamar :  $T_2^0 = \dots\dots\dots$  °C

Suhu plat atas  $T_1 = \dots\dots\dots$  °C

**Tabel hasil pengukuran**

Bahan uji 1: .....

Diameter [cm]		
$d_1$	$d_2$	$d_3$

Bahan uji 2: .....

Diameter [cm]		
$d_1$	$d_2$	$d_3$



# P6 – Lensa

## Tujuan

1. Memahami sifat lensa cembung dan cekung.
2. Menentukan jarak fokus lensa cembung dan cekung.

## Alat-alat yang diperlukan:

1. Lensa positif (cembung)
2. Lensa negatif (cekung)
3. Meja optik dengan perlengkapannya

## Dasar teori

Secara umum lensa dibagi menjadi 2 jenis yaitu lensa cembung dan lensa cekung. Pada lensa cembung cahaya yang sejajar dan dekat dengan sumbu optik (*paraksial*) dibiaskan menuju ke titik fokus nyata di depan lensa, sehingga lensa cembung dikatakan bersifat *konvergen*. Pada lensa cekung cahaya paraksial dibiaskan menyebar seakan-akan berasal dari suatu titik fokus maya di belakang lensa, oleh sebab itu lensa cekung dikatakan bersifat *divergen*. Jarak antara lensa dengan titik fokusnya dinamakan jarak fokus.

Bila sebuah benda (objek) ditempatkan sejauh  $o$  dari lensa tipis yang mempunyai jarak fokus  $f$ , akan dihasilkan bayangan yang terletak sejauh  $i$  dari lensa yang memenuhi persamaan Gauss:

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \quad (6.1)$$

dengan:  $o$  = jarak benda (dari pusat lensa).

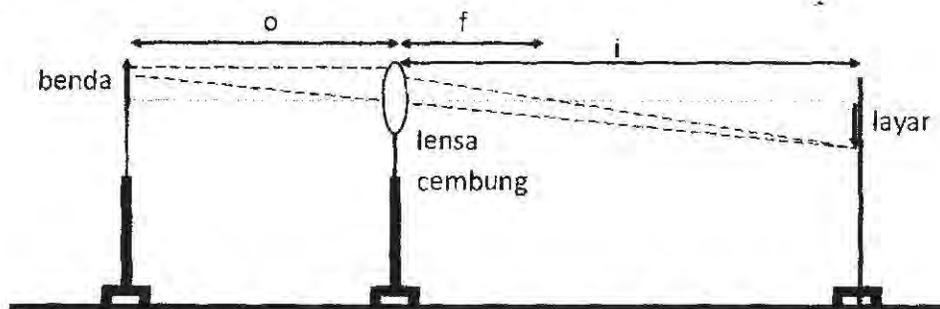
$i$  = jarak bayangan (dari pusat lensa).

$f$  = jarak fokus.

Harga  $o$  atau  $i$  positif bila benda atau bayangannya bersifat nyata dan negatif bila bersifat maya.

## Cara kerja:

1. Mencari jarak fokus lensa cembung  
Benda, lensa cembung, dan layar disusun seperti pada Gambar 6.1.  
a. Dengan menggunakan persamaan Gauss



Gambar 6.1 Pengukuran fokus lensa cembung

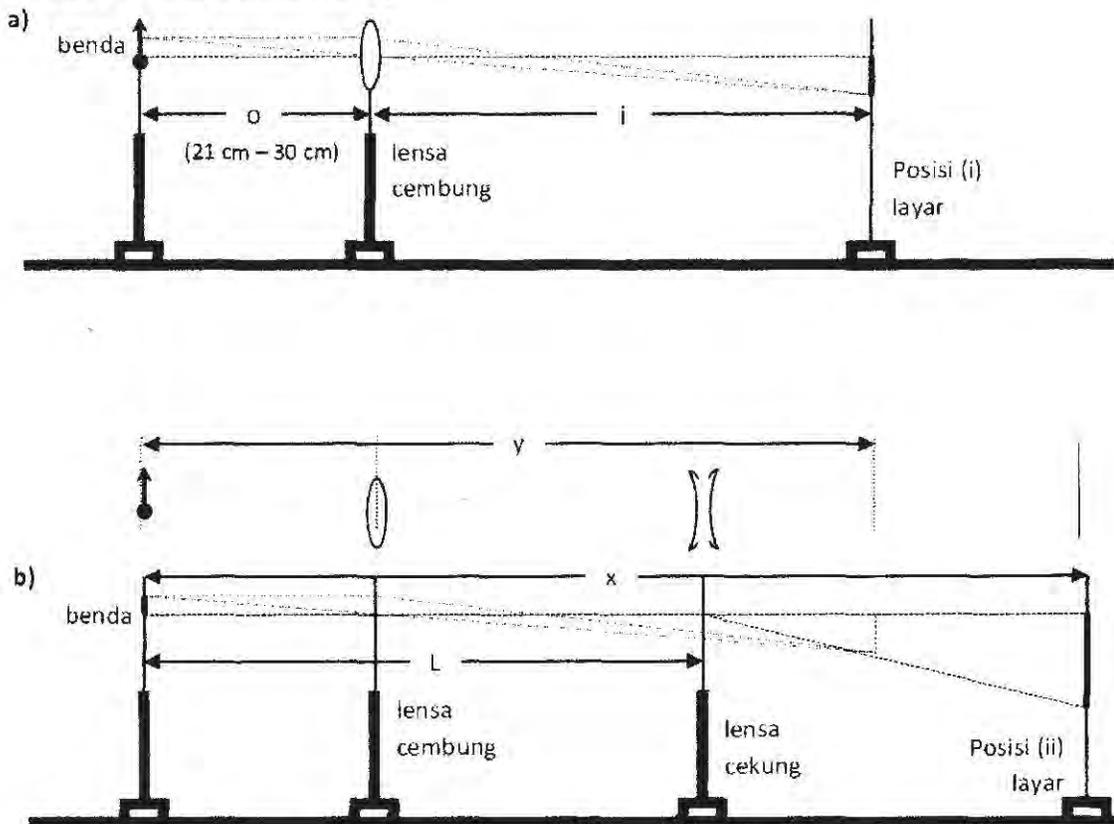
Benda (objek) merupakan anak panah iluminasi terang yang dibentuk oleh plat logam dan lampu. Dengan menggeser-geser layar maka pada posisi tertentu akan diperoleh

bayangan nyata yang terjelas pada layar. Lakukan pengukuran  $i$  sebanyak 3 kali. Kemudian ulangi percobaan ini dengan mengubah jarak benda  $o$ , sebanyak 5 kali. Jarak  $o$  yang digunakan: 20 cm s.d. 60 cm dengan interval 4 cm s.d. 6 cm.

b. Dengan pengukuran langsung

Oleh karena sinar datang yang sejajar sumbu dapat dihasilkan oleh benda yang terletak tak berhingga jauhnya dari lensa, maka jarak fokus lensa cembung dapat diukur langsung dengan menggunakan benda yang letaknya jauh sekali dari lensa. Untuk benda jauh ini bayangan nyatanya terletak pada jarak fokus lensa. Arahkan lensa pada benda-benda jauh, misalnya atap gedung, ukur jarak bayangan atap yang tertangkap pada layar sebagai jarak fokus yang dicari. Lakukan berulang sampai 5 kali.

2. Mencari jarak fokus lensa cekung



Gambar 6.2 Pengukuran fokus lensa cekung

Untuk mendapatkan bayangan nyata dari lensa cekung harus digunakan benda maya. Oleh sebab itu percobaan ini memerlukan lensa cembung sebagai lensa pembantu. Mula-mula disusun sistem benda-lensa-layar seperti pada Gambar 6.2.a dan dicari bayangan nyata yang dibentuk oleh lensa cembung. Kemudian lensa cekung diletakkan di antara lensa cembung dan layar sehingga bayangan yang dibentuk oleh lensa cembung menjadi benda (objek) maya bagi lensa cekung seperti tampak pada Gambar 6.2.b. Kemudian dengan menggeser-geser layar akan didapat bayangan nyata lensa cekung tersebut. Jarak fokus lensa cekung dapat dihitung dari Pers. (6.1) di mana harga  $o$  negatif karena maya. Lakukan percobaan ini sebanyak 3 kali. Ulangi percobaan ini dengan mengubah jarak lensa cekung, sebanyak 5 kali. Jarak  $L$  yang digunakan harus  $< y$ . Interval jarak  $L$ : 1 cm s.d. 2 cm.

**DATA HASIL PENGUKURAN**

Tabel hasil pengukuran

1. Mencari jarak fokus lensa cembung

a) dengan menggunakan persamaan Gauss

No	Letak lensa [cm] (o)	Letak layar [cm]		
		i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	i <sub>3</sub>
1	O <sub>1</sub> =			
2	O <sub>2</sub> =			
3	O <sub>3</sub> =			
4	O <sub>4</sub> =			
5	O <sub>5</sub> =			

b) dengan pengukuran langsung

Jarak fokus (cm)				
f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>5</sub>

2. Mencari jarak fokus lensa cekung

Posisi (i) layar : y = ..... cm

No	Letak lensa cekung [cm] (L)	Posisi (ii) layar [cm]		
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
1	L <sub>1</sub> =			
2	L <sub>2</sub> =			
3	L <sub>3</sub> =			
4	L <sub>4</sub> =			
5	L <sub>5</sub> =			

Menyetujui,  
Asisten

( \_\_\_\_\_ )

**ANALISIS DATA**

1. Mencari jarak fokus lensa cembung

a) dengan menggunakan persamaan Gauss

No	Letak lensa [cm] (o)	Letak layar [cm]			$\bar{i}$	f
		i <sub>1</sub>	i <sub>2</sub>	i <sub>3</sub>		
1	O <sub>1</sub> =					
2	O <sub>2</sub> =					
3	O <sub>3</sub> =					
4	O <sub>4</sub> =					
5	O <sub>5</sub> =					

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \Rightarrow \bar{f} = \frac{\sum f_i}{n}; s_{\bar{f}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_n^2}{n(n-1)}}; \delta_n = f_n - \bar{f}; f = \bar{f} \pm s_{\bar{f}}$$

b) Dengan pengukuran langsung

Jarak fokus [cm]				
f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	f <sub>3</sub>	f <sub>4</sub>	f <sub>5</sub>

$$\bar{f} = \frac{\sum f_i}{n} \quad ; \quad s_{\bar{f}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_n^2}{(n-1)}} \quad ; \quad \delta_n = f_n - \bar{f} \quad ; \quad f = \bar{f} \pm s_{\bar{f}}$$

2. Mencari jarak fokus lensa cekung

Posisi (i) layar: y = ..... cm

No	Letak lensa cekung L [cm]	Posisi (ii) layar [cm]			$\bar{x}$	o	i	f
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>				
1	L <sub>1</sub> =							
2	L <sub>2</sub> =							
3	L <sub>3</sub> =							
4	L <sub>4</sub> =							
5	L <sub>5</sub> =							

$$\frac{1}{o} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f} \quad ; \quad o = L - y \text{ (nilai (-))} \quad ; \quad i = \bar{x} - L \text{ (nilai (+))}$$

$$\bar{f} = \frac{\sum f_i}{n} \quad ; \quad s_{\bar{f}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_n^2}{n(n-1)}} \quad ; \quad \delta_n = f_n - \bar{f} \quad ; \quad f = \bar{f} \pm s_{\bar{f}}$$

**Tugas laporan praktikum**

1. Tentukan jarak fokus lensa cembung dan cekung beserta harga rata-ratanya melalui persamaan Gauss di atas!
2. Tentukan hasil akhir fokus lensa cembung dengan pengukuran langsung lengkap dengan ralatnya!
3. Bandingkan hasil jarak fokus lensa cembung yang Anda dapatkan dari persamaan Gauss dengan hasil pengukuran langsung!

# P7 - Kesetaraan Panas Listrik

## Tujuan

1. Memperagakan adanya hubungan energi listrik dengan panas.
2. Menentukan angka kesetaraan joule dengan kalori.

## Alat-alat yang diperlukan:

1. Kalorimeter dengan pemanas
2. Termometer
3. Stopwatch
4. Voltmeter
5. Amperemeter
6. Power supply
7. Pendingin/es batu
8. Pipet

## Dasar teori

Suatu bentuk energi dapat berubah menjadi bentuk energi yang lain. Misalnya, pada peristiwa gesekan, energi mekanik berubah menjadi panas. Pada mesin uap, panas diubah menjadi energi mekanik. Energi listrik dapat diubah menjadi panas atau sebaliknya. Dengan demikian dikenal adanya kesetaraan antara energi panas dengan energi mekanik/listrik, secara kuantitatif hal ini dinyatakan dengan angka kesetaraan panas-energi listrik/mechanik. Kesetaraan panas-energi mekanik pertama kali diukur oleh Joule dengan mengambil energi mekanik benda jatuh untuk mengaduk air dalam kalorimeter sehingga air menjadi panas. Energi listrik dapat diubah menjadi panas dengan cara mengalirkan arus listrik pada suatu kawat tahanan yang tercelup dalam air yang berada dalam kalorimeter. Energi listrik yang hilang dalam kawat tahanan besarnya adalah:

$$W = V \cdot i \cdot t \quad [\text{joule}] \quad (7.1)$$

dengan:

$V$  = beda potensial antara kedua ujung kawat tahanan [volt]

$i$  = kuat arus listrik [ampere]

$t$  = lamanya mengalirkan arus listrik [s]

Energi listrik sebesar  $V \cdot i \cdot t$  joule ini merupakan energi mekanik yang hilang dari elektron-elektron yang bergerak dari ujung kawat berpotensi rendah ke ujung yang berpotensi tinggi. Energi ini berubah menjadi panas. Jika tak ada panas yang keluar dari kalorimeter maka panas yang timbul besarnya:

$$Q = (M + H) \cdot (t_a - t_m) \quad [\text{kalori}] \quad (7.2)$$

dengan:  $M = m_{\text{air}} \cdot C_{\text{air}}$

$H$  = harga air kalorimeter =  $m_{\text{kal}} \cdot C_{\text{kal}}$

$t_a$  = suhu akhir air

$t_m$  = suhu mula-mula air

Banyaknya panas yang bocor keluar dari kalorimeter dapat dikompensasi dengan memulai percobaan pada suhu di bawah suhu kamar, dan mengakhirinya pada suhu di atas suhu kamar. Beda suhu awal dan suhu akhir percobaan dengan suhu kamar seyogyanya sama besar. Besarnya angka kesetaraan panas energi listrik adalah:

$$\xi = Q/W \quad [\text{kalori/joule}] \quad (7.3)$$





# P8 – Energi Mekanik

## Tujuan

1. Memahami konsep gerakan benda dan hukum kekekalan energi.
2. Menentukan besar energi yang hilang sepanjang lintasan.

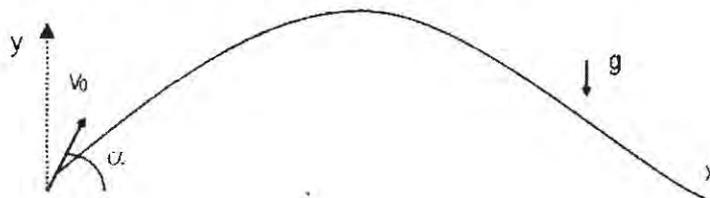
## Alat-alat yang diperlukan:

1. Kit percobaan mekanika
2. Kelereng sebagai benda bergerak
3. Rollimeter
4. Kertas karbon untuk penjejakan

## Dasar teori

### Gerak Parabola

Suatu benda akan bergerak melengkung bila percepatan dan kecepatan benda tidak berada pada satu garis lurus. Contohnya adalah gerak parabola, yaitu gerakan bebas sebuah benda di udara, di dalam pengaruh tarikan gravitasi bumi. Gerak parabola terdiri dari dua komponen gerak, yaitu gerak lurus beraturan horisontal dan gerak dipercepat vertikal.



Gambar 8.1 Gerak parabola

Tinjaulah sebuah benda yang ditembakkan dengan kecepatan awal  $v_0$  dengan sudut elevasi  $\theta$  terhadap horisontal. Pada arah horisontal  $x$  tidak ada hambatan (karena gesekan udara diabaikan) dan pada arah vertikal  $y$  terdapat percepatan gravitasi ke bawah sehingga:

arah horisontal  $x$

$$a_x = 0$$

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

$$x = v_0 t \cos \theta$$

arah vertikal  $y$

$$a_y = -g$$

$$v_y = v_0 \sin \theta - gt$$

$$y = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} gt^2$$

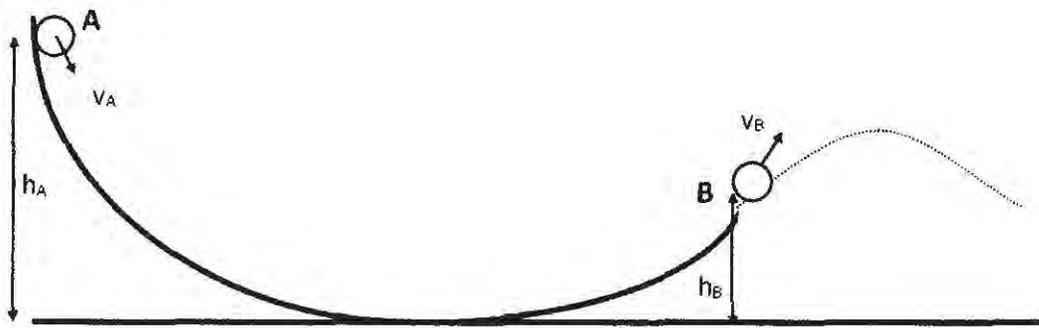
### Kekekalan Energi

Tinjaulah sebuah partikel bermassa  $m$  yang akan berpindah tanpa gesekan melalui lintasan seperti pada gambar 8.2. Benda yang mula-mula berada di A sekarang berpindah ke B. Menurut hukum kekekalan energi berlaku bahwa:

Energi mekanik di A = Energi mekanik di B + Energi yang hilang dalam perjalanan

$$U_A + K_A = U_B + K_B + \Delta E$$

$$m \cdot g \cdot h_A + \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot h_B + \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 + \Delta E \quad (8.1)$$



Gambar 8.2 Hukum kekekalan energi

Setelah melewati titik B, partikel akan bergerak parabola dan sampai di meja dengan jarak tembak sebesar:

$$x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \tag{8.2}$$

dengan  $v_0$  adalah kecepatan partikel pada saat berada di titik B.

**Cara kerja:**

1. Sebelumnya papan datar jangan lupa diberi landasan kertas karbon untuk mengetahui posisi jatuhnya benda. Atur sudut tembak benda terhadap bidang datar pada posisi  $45^\circ$ . Lepaskan benda dari ujung atas (A) tanpa kecepatan awal. Catat ketinggian posisi pelepasan ini, amati gerakan yang terjadi. Tepat pada saat akan lepas dari bidang peluncuran, benda akan melakukan gerakan parabola di udara. Setelah itu benda akan jatuh di papan datar, catat posisi jatuhnya di papan datar. Lakukan percobaan ini sebanyak 3 kali.
2. Ubah kecepatan awal gerak parabola dengan mengubah-ubah ketinggian posisi pelepasan benda di titik A sebanyak 5 kali. Ketinggian titik A yang digunakan: 50 cm s.d. 110 cm dengan interval 10 cm. Catat pula ketinggian papan datar terhadap lantai.
3. Ulangi langkah di atas dengan menggunakan 3 variasi jenis bola (ukuran diameter berbeda) dan ukurlah massa bola!
4. Ulangi langkah 1-3 dengan menggunakan lintasan yang berbeda!

**DATA HASIL PENGUKURAN**

Ketinggian papan datar terhadap lantai  $h_B = \dots\dots\dots$  cm

Sudut elevasi  $\alpha = \dots\dots\dots^\circ$

**Tabel hasil pengukuran**

Lintasan 1: .....

Bola 1

Massa bola 1 = ..... g

No	$h_A$ (cm)	Jarak tembak (cm)		
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
1				
2				
3				
4				
5				

Lintasan 2: .....

Bola 1

Massa bola 1 = ..... g

No	$h_A$ (cm)	Jarak tembak (cm)		
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
1				
2				
3				
4				
5				

Bola 2

Massa bola 2 = ..... g

No	h <sub>A</sub> (cm)	Jarak tembak (cm)		
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
1				
2				
3				
4				
5				

Bola 2

Massa bola 2 = ..... g

No	h <sub>A</sub> (cm)	Jarak tembak (cm)		
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
1				
2				
3				
4				
5				

Bola 3

Massa bola 3 = ..... g

No	h <sub>A</sub> (cm)	Jarak tembak (cm)		
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
1				
2				
3				
4				
5				

Bola 3

Massa bola 3 = ..... g

No	h <sub>A</sub> (cm)	Jarak tembak (cm)		
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>
1				
2				
3				
4				
5				

Menyetujui,  
Asisten

( \_\_\_\_\_ )

**ANALISIS DATA**

Anggap nilai g = 9,8 m/s<sup>2</sup>

Lintasan 1: .....

Bola 1

Massa bola 1 = ..... g

No	h <sub>A</sub> [cm]	Jarak tembak [cm]			$\bar{X}$
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	
1	h <sub>A1</sub> =				
2	h <sub>A2</sub> =				
3	h <sub>A3</sub> =				
4	h <sub>A4</sub> =				
5	h <sub>A5</sub> =				

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$v_B^2 = \frac{\bar{X}g}{\sin 2\alpha} = \bar{X}g \rightarrow v_B = \sqrt{\bar{X}g}$$

GRAFIK:

Sumbu X:  $\Delta h$

Sumbu Y:  $\bar{X}$

Persamaan garisnya:  $\bar{X} = -\frac{2\Delta E}{mg} + 2\Delta h$  dengan  $A = -\frac{2\Delta E}{mg} \rightarrow \Delta E = -\frac{mgA}{2}$  dan  $B = 2$

(teori)

Ulangi untuk  $m_2$  dan  $m_3$ .

Tanpa perhitungan error dan akurasi.

Ulangi untuk  $m_1$ ,  $m_2$ , dan  $m_3$  pada lintasan 2.

*Buat 6 grafik terpisah, 3 grafik untuk lintasan 1 dan 3 grafik untuk lintasan 2.*

**Tugas laporan praktikum**

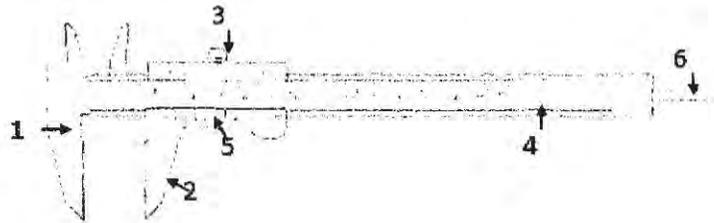
1. Hitunglah kecepatan bola di titik B!
2. Buat grafik jarak tembak  $x$  terhadap beda ketinggian  $\Delta h$  untuk setiap jenis bola! Jika grafik ini dianggap garis lurus, hitung energi yang hilang dalam percobaan ini dari analisis grafik!

# LAMPIRAN

- ❖ **Pengenalan Alat Ukur**
- ❖ **Teori Ralat**
- ❖ **Panduan Penilaian**

## JANGKA SORONG

**Fungsi:** pengukuran diameter luar, diameter dalam, dan kedalaman suatu tabung dengan batas pengukuran maksimum 15 mm.



### Spesifikasi:

1. Mulut ukur tetap
2. Mulut ukur geser
3. Sekrup pengunci mulut ukur geser
4. Skala utama
5. Skala bantu
6. Pengukur kedalaman

### Uraian:

- Mulut ukur bergerak dilengkapi dengan kunci ulir, pengukur kedalaman, diameter dalam.
- Skala terkecil alat tersebut 0,05 mm.

### Pembacaan:

- Tambahkan pembacaan skala utama dengan skala bantu.

Contoh:



### Cara kerja:

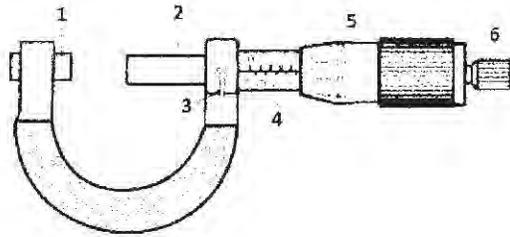
- Siapkan benda kerja yang akan diukur.
- Tera terlebih dahulu jangka sorong (posisi garis nol skala utama sejajar dengan garis skala bantu).
- Geser pelan-pelan sampai menempel tepat pada benda yang akan diukur.
- Kunci posisi jangka sorong agar kedudukannya tidak berubah.
- Setelah pengukuran selesai, buka kunci ulirnya dan geser ke arah belakang/ke arah kebalikannya.

### Peringatan:

- Jangka sorong merupakan alat ukur yang presisi maka penyimpanan dan pemakaiannya harus hati-hati.
- Sebelum dipakai, jangka sorong dan benda yang akan diukur harus dibersihkan dahulu dengan kain/lap yang halus.

## MIKROMETER SEKRUP

Fungsi: pengukuran diameter suatu benda dengan ketebalan pengukuran maksimum 25 mm.



### Spesifikasi:

1. Mulut ukur tetap
2. Mulut ukur bergerak
3. Klem/pengunci mulut ukur bergerak
4. Skala utama
5. Skala bantu
6. Sekrup perasa

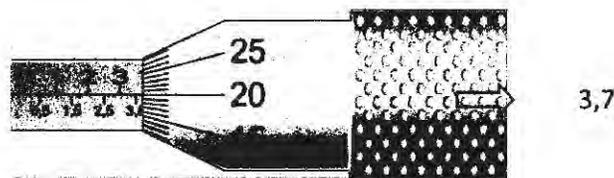
### Uraian:

- Mulut ukur bergerak dilengkapi dengan ulir yang sangat teliti dengan alur/spood 0,5 mm, artinya jika tromol ukur digerakkan 1 putaran maka mulut akan bergerak sepanjang 0,5 mm.
- Skala terkecil alat tersebut 0,01 mm.
- Pada tromol ukur terdapat pembagian dari satu putaran dalam 50 bagian yang sama sehingga jarak antara dua garis bagi sama dengan  $0,5 \times \frac{1}{50} = 0,01$ .
- Pada tabung/batang ukur terdapat pembagian dalam milimeter di atas garis, di bawah garis dalam 0,5 mm.
- Sekrup perasa berfungsi untuk menekan mulut ukur yang bergerak.

### Pembacaan:

- Bacalah terlebih dahulu penunjukan milimeternya.
- Periksa apakah tromol ukur melampaui garis 0,5 mm. Jika ya, tambah dengan 0,5 mm.
- Baca jumlah perseratus pada tromol ukur dan tambahkan.

Contoh:



### Cara kerja:

- Siapkan benda kerja yang akan diukur.
- Tera terlebih dahulu mikrometer (posisi garis tengah skala utama sejajar dengan garis pada titik nol).
- Putar mulut ukur yang dapat disetel pelan-pelan sampai hampir menempel pada benda yang akan diukur.
- Putar sekrup perasa sampai terdengar bunyi klik (5 kali).
- Kunci posisi mikrometer agar kedudukannya tidak berubah.

- Baca skalanya (skala utama+skala bantu).
- Setelah diketahui hasil penjumlahannya, buka kunci dan putar mulut ukur tromol ke arah kebalikannya.
- Apabila mikrometer tidak dapat bersinggungan dengan benda yang diukur maka mikrometer harus diblokir terlebih dahulu dan dilepas dari benda yang diukurnya.

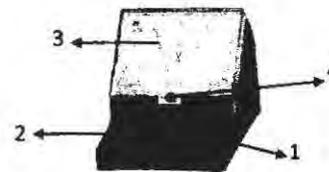
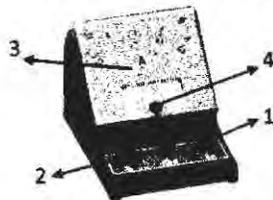
**Peringatan:**

- Mikrometer sekrup merupakan alat ukur yang presisi maka penyimpanan dan pemakaiannya harus hati-hati.
- Sebelum dipakai, mikrometer dan benda yang akan diukur harus dibersihkan dahulu dengan kain/lap yang halus.

**AMPEREMETER dan VOLTMETER**

Fungsi amperemeter: pengukuran arus (I).

Fungsi voltmeter: pengukuran tegangan (V).



**Spesifikasi:**

1. Kutub positif (+)
2. Kutub negatif (-)
3. Jarum penunjuk perubahan arus/tegangan
4. Sekrup penyetera (untuk menera jarum penunjuk)

**Uraian:**

- Jarum sebagai petunjuk perubahan arus/tegangan.
- Sekrup putar berfungsi sebagai penyetera jarum pada posisi nol.

**Pembacaan:**

- Catat angka yang tertera pada amperemeter/voltmeter.

**Cara kerja:**

- Posisi jarum penunjuk harus pada angka nol sebelum dipakai.
- Sambungkan kutub +/- sesuai dengan rangkaiannya.

**Peringatan:**

- Alat ini merupakan alat ukur yang sangat peka, jangan sampai keliru dalam penyambungan pada rangkaian.
- Pemasangan kabel rangkaian jangan terbalik karena dapat menyebabkan kerusakan pada alat.

## STOPWATCH

Fungsi: pengukuran waktu.



## Spesifikasi:

1. Split/reset
2. Unlock
3. Start/stop

## Uraian:

- Tombol *start* mempunyai kecepatan waktu  $\frac{1}{100}$  s.
- Tombol *stop* untuk menghentikan kecepatan dalam pengukuran yang diinginkan.
- Tombol *split/reset* mengembalikan pada posisi awal (0:00.00) dan menghentikan *stopwatch* untuk sementara waktu namun *stopwatch* masih dalam keadaan proses/jalan.
- Tombol *unlock* untuk perubahan penggunaan waktu (jam).
- Layar menunjukkan waktu dalam menit, detik,  $\frac{1}{100}$  s.

## Pembacaan:

- Catat angka yang tertulis pada layar.

Contoh:



12 menit 15,21 detik

## Cara kerja:

- Tekan tombol start untuk memulai.
- Tekan tombol stop untuk mengakhiri.
- Tekan tombol split/reset untuk mengembalikan pada posisi semula/awal dan menghentikan waktu sesaat sesuai kebutuhan.
- Kembali pada posisi awal/semula untuk memulai pengukuran yang baru.

## TEORI RALAT

**Ralat atau kesalahan pengukuran**

Tujuan dari suatu pengukuran adalah untuk mengetahui harga (nilai) yang sesungguhnya dari suatu besaran yang diukur. Secara alamiah hal ini tak mungkin tercapai dengan tepat. Nilai yang kita peroleh selalu berbeda (mempunyai selisih) dengan nilai yang sesungguhnya, meskipun selisihnya mungkin sangat kecil. Dikatakan bahwa di dalam pengukuran selalu ada kesalahan atau *ralat* atau *galat* (*errors*). Jadi usaha kita di dalam pengukuran adalah memperoleh nilai dengan ralat yang sekecil-kecilnya. Ingat bahwa pengertian ralat di sini tidak sama dengan kekeliruan. Agar penyajiannya sah dan bermakna, nilai pengukuran selalu dinyatakan sebagai nilai terukur disertai ralatnya.

**Klasifikasi ralat**

Berdasarkan faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya ralat, maka ralat atau kesalahan dibagi menjadi 3 macam yaitu:

**A. Ralat sistematis (*systematic errors*).**

Ralat sistematis adalah ralat yang disebabkan oleh sistem pengukurannya. Oleh sebab itu ralat ini dapat dikoreksi bila saja penyebabnya diketahui, baik sebelum, selama atau sesudah percobaan dilakukan. Beberapa faktor yang dapat menimbulkan kesalahan sistematis adalah:

1. Alat
  - a. Kesalahan kalibrasi alat, misalnya pembagian skalanya tidak benar, alatnya telah berubah keadaan, dan lain-lain.
  - b. Interaksi antara alat dengan yang diukur, misalnya bila kita mengukur arus listrik dengan amperemeter, maka kita memasukkan tahanan amperemeter secara seri ke dalam rangkaian yang diukur sehingga arus yang terukur lebih kecil daripada arus yang sesungguhnya yaitu arus sebelum amperemeter dipasang.
2. Kondisi-kondisi percobaan  
Yaitu bila kondisi percobaan tidak sesuai dengan kondisi-kondisi ketika alat dikalibrasi, misalnya pengukuran tekanan udara di Surabaya pada suhu 25°C dengan barometer yang di kalibrasi di Jerman pada suhu 0°C, hasil pengukurannya akan salah jika tidak diadakan koreksi terhadap ketinggian tempat dan suhu.
3. Teknik yang kurang sempurna  
Misalnya dalam percobaan mengukur panas jenis benda padat. Benda ini mula-mula dipanaskan di dalam ruang di atas air yang mendidih, suhu mula-mula dianggap sama dengan suhu titik didih air. Benda ini kemudian diangkat dan dimasukkan ke dalam kalorimeter dengan cepat. Meskipun hal ini dilakukan dengan cepat namun selama benda bergerak di udara ada kalor dari benda merambat ke udara, sehingga kalor yang terukur dalam kalorimeter lebih kecil daripada yang sesungguhnya.

**B. Ralat rambang (*accidental errors* atau *random errors*).**

Jika suatu pengukuran tertentu diulang beberapa kali maka nilai-nilai yang didapat pada umumnya tidak tepat sama. Sebab-sebab ketidaksamaan antara nilai-nilai yang satu dengan yang lain tentu juga merupakan sebab-sebab timbulnya selisih antara nilai-nilai tadi dengan nilai yang sesungguhnya. Kesalahan semacam ini dinamakan "ralat rambang", yang wataknya amat bersifat statistik.

Faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya ralat rambang adalah:

1. Kesalahan menaksir  
Kebanyakan alat mengharuskan dilakukannya suatu taksiran terhadap pembagian skala terkecil yang dimilikinya. Taksiran pengamat yang satu mungkin berbeda dengan yang lain dari waktu ke waktu karena berbagai macam sebab.
2. Kondisi-kondisi yang berfluktuasi  
Yaitu keadaan yang selalu berubah-ubah sedikit. Misalnya karena tekanan udara berfluktuasi, maka pengukuran titik didih air selalu berubah-ubah.
3. Gangguan  
Misalnya getaran mekanik dapat menyebabkan goyangan jarum miliamperemeter sehingga arus yang terbaca berubah-ubah meskipun arus yang sesungguhnya tidak berubah.
4. Definisi  
Misalnya pengukuran diameter suatu pipa. Dalam perhitungan penampang pipa dianggap sebagai lingkaran sempurna, padahal penampangnya tidak mungkin sempurna bulatnya. Oleh sebab itu nilai ukur diameter yang didapat bergantung ke arah mana diameter ini diukur.

Dalam tiap percobaan, ralat rambang ini selalu ada (tak dapat dihindarkan). Ralat rambang dapat diperkecil dengan melakukan pengamatan berulang kali lalu menghitung harga rata-ratanya. Ralat rambang ini berhubungan dengan distribusi statistik dari hasil serangkaian pengukuran, yang nanti akan dijelaskan lebih lanjut.

**C. Ralat karena kekeliruan tindakan (*blunders*).**

Kekeliruan tindakan dibagi dua yaitu:

1. Kekeliruan

Misal kekeliruan dalam membaca alat (kesalahan paralaks), kekeliruan dalam mengatur kondisi, kekeliruan dalam menghitung (sebagai contoh harus diukur waktu untuk 10 ayunan ternyata yang diukur hanya 9 ayunan).

2. Kekeliruan perhitungan

Misal kita dapat mengukur panjang sampai lima angka penting, maka akan timbul kesalahan yang besar jika kita menghitung volume dengan mistar hitung yang hanya dapat dibaca hanya sampai 3 angka. Untuk ini sebaiknya digunakan desimal atau alat penghitung lain yang lebih teliti.

Kesalahan-kesalahan karena kekeliruan tindakan ini tentu saja dapat dihindarkan dan tidak diinginkan dalam eksperimen apapun.

**Ralat rambang**

Jika kekeliruan tindakan telah kita hindarkan, kemudian faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya ralat sistematis juga telah kita hilangkan atau koreksi, maka yang tertinggal dan tak dapat kita hindari adalah ralat rambang. Karena tiap pengukuran mempunyai kesalahan rambang maka hasil pengukuran yang dapat dianggap sebagai nilai terbaik (harga yang dapat diterima), atau sebagai harga pendekatan dari harga yang sesungguhnya haruslah diambil dari pengukuran yang diulang beberapa kali.

Hasil pengukurannya dinyatakan dengan:

$$\bar{x} \pm s_{\bar{x}} \tag{1}$$

dengan  $\bar{x}$  adalah nilai dengan peluang kejadian terbesar, biasanya disebut nilai rata-rata, dan  $s_{\bar{x}}$  adalah taksiran ketidakpastian dari nilai rata-rata tersebut, biasanya juga disebut sebagai *deviasi standar*.

❖ **BESARAN YANG DIUKUR SECARA LANGSUNG**

Untuk besaran yang diukur secara langsung yang dianggap sebagai nilai terbaik adalah nilai (harga) rata-rata aritmatik dari masing-masing nilai yang terukur. Misal suatu besaran  $x$  kita ukur sebanyak  $N$  kali dengan nilai-nilai terukur  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$ . Nilai yang terbaik adalah  $\bar{x}$ , merupakan nilai rata-rata aritmatiknya yang dinyatakan secara aljabar sebagai:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x_n \tag{2}$$

Selisih antara nilai-nilai yang terukur dengan  $\bar{x}$  dinamakan deviasi. Untuk suatu nilai terukur  $x_n$  maka deviasinya adalah:

$$\delta_n = x_n - \bar{x}$$

Dapat dibuktikan bahwa:  $\sum \delta_n = 0$ . Hal ini disebabkan karena deviasi-deviasi terhadap harga sesungguhnya kadang-kadang positif, kadang-kadang negatif. Juga dapat dibuktikan bahwa semua hasil pengukuran mengikuti distribusi normal, sehingga jika yang diambil sebagai nilai yang terbaik adalah nilai rata-rata aritmatik  $\bar{x}$  dari seluruh nilai yang terukur, jumlah deviasi-deviasi kuadratnya adalah minimum, ditulis:

$$\sum \delta_n^2 \text{ adalah minimum}$$

Untuk menunjukkan kesalahan (ralat) rambang secara kuantitatif dipakai pengertian deviasi standar. Deviasi standar harga rata-rata adalah:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum \delta_n^2}{N(N-1)}} \tag{3}$$

sedangkan deviasi standar fraksional/relatif harga rata-rata:

$$S_{\bar{x}} = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \tag{4}$$

Perhatikan bahwa ada empat macam penulisan:

S (huruf besar)      s (huruf kecil)

$x$  (tanpa garis)  $\bar{X}$  (dengan garis di atasnya)  
serta beberapa kombinasinya.

Contoh: pengukuran 20 periode suatu ayunan diulang 10 kali.

No	$x_n$	$\delta_n$	$\delta_n^2$
1	47.51	+0.02	0.0004
2	47.49	+0.00	0.0000
3	47.48	-0.01	0.0001
4	47.50	+0.01	0.0001
5	47.47	-0.02	0.0004
6	47.49	+0.00	0.0000
7	47.48	-0.01	0.0001
8	47.46	-0.03	0.0009
9	47.53	+0.04	0.0016
10	47.49	+0.00	0.0000
	$\sum x_n = 474.90$	$\sum \delta_n = 0.00$	$\sum \delta_n^2 = 0.0036$

Harga (nilai) rata-ratanya adalah:

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \sum_{n=1}^{10} x_n = 47.490 \text{ detik} \quad \text{[persamaan (2)]}$$

Deviasi standar dari harga rata-ratanya adalah:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{0.0036}{10 \times 9}} = 0.006 \text{ detik} \quad \text{[persamaan (3)]}$$

Deviasi standar fraksional/relatif dari harga rata-rata adalah:

$$S_{\bar{x}} = 0.006/47.49 = 0.00013 \text{ atau } 0.013 \% \quad \text{[persamaan (4)]}$$

Hasil pengukuran yang disajikan adalah:

$$(47.490 \pm 0.006) \text{ detik atau } 47.490 \text{ detik} \pm 0.013 \%$$

### ❖ PERAMBATAN RALAT

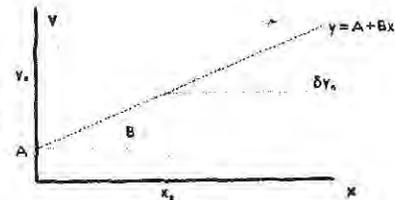
Kita dapat mengukur suatu besaran secara tidak langsung, misalnya saja mengukur massa jenis suatu zat cair dengan menimbang massanya dan mengukur volumenya secara langsung. Ralat dalam pengukuran massa dan ralat dalam pengukuran volume akan berpadu dan menimbulkan ralat dalam perhitungan massa jenis. Proses perpaduan dari ralat-ralat seperti ini dinamakan perambatan ralat.

### ❖ ANALISIS GRAFIK

Di dalam persamaan fisika terdapat hubungan antar besaran. Jenis hubungan yang paling sering dijumpai adalah hubungan kesebandingan. Bila hubungan ini digambarkan pada bidang koordinat yang sumbu-sumbunya mewakili besaran-besaran yang dihubungkan oleh persamaan fisika, akan diperoleh sebuah garis lurus. Bila kedua besaran yang berhubungan adalah  $y$  dan  $x$ , maka garis lurus ini dapat dinyatakan dengan:

$$y = A + Bx$$

$y$  adalah besaran respons, dan  $x$  disebut besaran bebas. Dalam percobaan  $x$  sengaja divariasikan untuk melihat bagaimana respons  $y$  yang terjadi. Kesebandingan murni mengharuskan  $A = 0$  dan  $B$  sebagai konstanta kesebandingan.



Setiap data pengukuran dapat digambarkan sebagai sebuah titik  $(x,y)$  pada grafik. Dengan adanya ralat pengukuran, titik-titik data tidak membentuk garis lurus, tetapi tersebar di sekitar sebuah garis lurus yang kita cari. Secara statistik, garis ini dapat dicari dengan menggunakan asas kuadrat terkecil, yakni penarikan garis lurus yang selalu diusahakan agar melalui atau menghampiri sebanyak mungkin titik data. Asas kuadrat terkecil menghendaki agar garis itu ditarik sedemikian rupa sehingga jumlah kuadrat simpangan titik-titik data terhadap garis yang dibuat bernilai minimum.

$$\sum (\delta y_n)^2 = \sum (y_n - A - Bx_n)^2 \text{ diminimumkan}$$

Asumsi yang dipakai dalam analisis regresi ini adalah bahwa variabel bebas  $x$  tidak memiliki ralat ukur yang signifikan sehingga dapat diabaikan terhadap ralat ukur  $y$ . Dengan menurunkan jumlah simpangan kuadrat di atas

terhadap parameter A dan B secara berturut-turut, diperoleh dua persamaan yang memberikan kedua parameter itu:

$$A = \frac{\sum x_n^2 \sum y_n - \sum x_n \sum x_n y_n}{N \sum x_n^2 - (\sum x_n)^2} \quad (7)$$

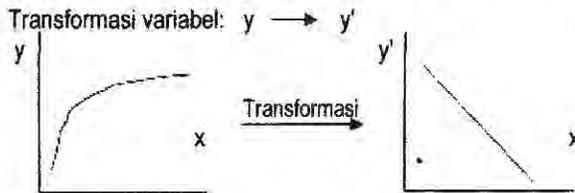
$$B = \frac{N \sum x_n y_n - \sum x_n \sum y_n}{N \sum x_n^2 - (\sum x_n)^2} \quad (8)$$

dengan ralatnya masing-masing:

$$s_A = \sqrt{\frac{\sum x_n^2 \sum (y_n - A - Bx_n)^2}{(N-2)[N \sum x_n^2 - (\sum x_n)^2]}} \quad (9)$$

$$s_B = \sqrt{\frac{N \sum (y_n - A - Bx_n)^2}{(N-2)[N \sum x_n^2 - (\sum x_n)^2]}} \quad (10)$$

Fungsi-fungsi non linear dapat pula dibuat linear, misalnya  $y^2 = Cx$  dapat dibuat linear dengan memasang  $y^2$  sebagai variabel responsnya, dan persamaan garis lurus yang dicari menjadi:  $y^2 = A + Bx$ . Juga fungsi  $y = Ce^{Bx}$  dapat dibuat linear dengan memasang  $\ln y$  sebagai variabel responnya dengan persamaan garis lurus menjadi  $\ln y = \ln C + Bx$ . Jika terjadi modifikasi persamaan seperti itu, persamaan-persamaan (7) s/d (10) harus pula dimodifikasi menjadi persamaan dengan pembobotan yang terkait dengan ralat ukur variabel  $y$ . Pada analisis regresi linear untuk fungsi non linear perlu adanya transformasi variabel agar dihasilkan grafik linear dan di sini diperlukan adanya faktor pembobotan. Faktor pembobotan ini diperlukan karena transformasi variabel menyebabkan terjadinya perubahan laju yaitu  $dy/dx$  (sebelum transformasi) menjadi  $dy'/dx$  (setelah transformasi), seperti terlihat pada sketsa di bawah ini:



Faktor pembobotan:  $w_i = \frac{1}{s_i^2}$ , di mana  $s_i' = \frac{dy'}{dy} s_i$  dan  $s_i$  adalah ketidakpastian pada pengukuran  $y$ .

$s_i'$  adalah ketidakpastian pada pengukuran  $y'$ , sehingga hasil regresi non linear menjadi:

$$\Delta = \sum w_i x_i^2 \sum w_i - (\sum w_i x_i)^2$$

$$A = \frac{\sum w_i x_i^2 \sum w_i y_i - \sum w_i x_i \sum w_i x_i y_i}{\Delta} \quad (11)$$

$$B = \frac{\sum w_i \sum w_i x_i y_i - \sum w_i x_i \sum w_i y_i}{\Delta} \quad (12)$$

$$s_A = \sqrt{\frac{\sum w_i x_i^2}{\Delta}} \quad (13)$$

$$s_B = \sqrt{\frac{\sum w_i}{\Delta}} \quad (14)$$

Faktor pembobotan ini akan mempengaruhi nilai yang terukur beserta galatnya pada analisis regresi linear untuk fungsi non linear.

❖ **Identifikasi ralat sistematis**

Seperti yang telah dijelaskan di depan, ralat sistematis dapat terdeteksi keberadaannya pada saat pengolahan data dilakukan. Ada beberapa peristiwa yang seringkali dapat dipakai sebagai pertanda adanya ralat sistematis.

1. Perubahan yang disebabkan variasi parameter dan/atau variabel bebas

Contoh:  $y = abx$  dengan  $a$  dan  $b$  adalah parameter konstan.

Jika  $b$  divariasikan, maka seharusnya nilai  $a$  yang diperoleh tetap tidak berubah. Jika ternyata  $a$  juga berubah dengan variasi  $b$  dan perubahannya itu sistematis, artinya keduanya berubah searah (membesar keduanya atau mengecil keduanya) atau berlawanan arah (yang satu membesar dan yang lainnya mengecil atau sebaliknya), ralat sistematis pasti ada di balik perubahan itu. Tetapi jika perubahan  $a$  dan  $b$  tidak terkorrelasi, bersifat acak, pengukuran  $a$  untuk berbagai harga  $b$  dikatakan bebas dari ralat sistematis, dan dapat disatukan dengan mencari harga rata-ratanya:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{n=1}^N \bar{a}_n}{\sum_{n=1}^N \frac{1}{s_{a_n}^2}} \quad (15)$$

Harga rata-rata ini diperoleh dengan pembobotan  $\bar{a}_n$  yang diperoleh dari  $N$  kali variasi terhadap parameter  $b$ . Bobot yang dipakai adalah variansi masing-masing, yaitu  $(1/s_{a_n}^2)$ , karena  $\bar{a}_n$  boleh jadi berasal dari populasi parental yang berbeda-beda. Ralat untuk  $\bar{a}$  dapat diperoleh dari persamaan variansinya:

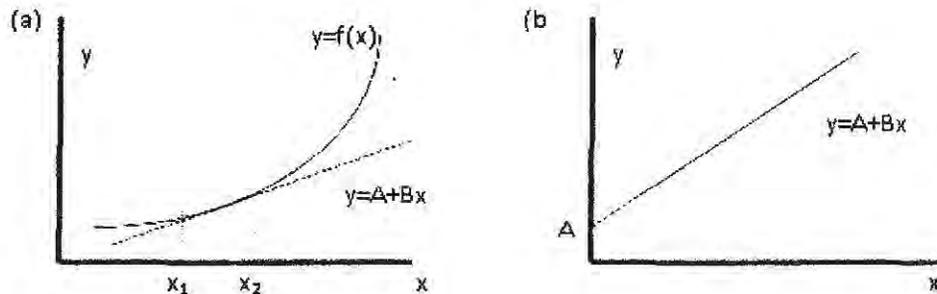
$$\frac{1}{s_{\bar{a}}^2} = \sum_{n=1}^N \frac{1}{s_{a_n}^2} \quad (16)$$

2. Grafik berbeda dengan yang diharapkan

Semua persamaan yang akan digambarkan dimodifikasi sedemikian agar grafiknya berupa garis lurus. Garis lurus dipakai karena penyimpangannya amat mudah terlihat. Kejanggalan yang bisa menjadi indikasi keberadaan ralat sistematis antara lain adalah:

a. grafik tidak berbentuk garis lurus

Misal yang diharapkan adalah garis lurus  $y = Cx$ , grafik dapat menyimpang dari bentuk linear bila ternyata  $C$  merupakan fungsi  $x$  pula. Dalam hal ini sudah terjadi kesalahan model pada peristiwa fisisnya. Pendekatan linear tetap boleh dilakukan, asal selang  $x$  dibatasi. Dalam gambar (a) di bawah,  $y = A+Bx$  masih boleh dipakai untuk pendekatan pada  $y = f(x)$  asal  $x$  berada dalam selang  $x_1 \leq x \leq x_2$ .



b. grafik tidak memotong di (0,0) pada persamaan kesebandingan

Misal yang diharapkan adalah garis lurus  $y = Bx$ , sudah tentu  $A$  diharapkan = 0 melalui persamaan (7). Dalam praktek, sudah pasti  $A \neq 0$ , walaupun demikian asalkan  $s_A$  yang diperoleh melalui persamaan (9) lebih besar daripada  $A$ , model kesebandingan  $y = Bx$  dapat diterima dengan baik. Lain halnya jika  $s_A < A$ , berarti grafik betul-betul tidak melalui (0,0) seperti pada gambar (b) di atas. Bila model linearnya sudah benar, pasti ada ralat sistematis yang bekerja di balik penyimpangan itu. Tetapi perlu dicatat bahwa permodelan bisa saja salah dan perlu dimodifikasi, jika kemudian setelah diteliti ternyata tidak ditemukan adanya ralat sistematis.

3. Cara penyajian data yang benar

Ralat ukur disajikan hanya dengan satu angka penting saja, kemudian cacah desimal harga rata-ratanya diambil sama dengan cacah desimal ralatnya.

Contoh: data yang diperoleh adalah  $1438,683 \pm 0,2387$ .

Tampak dalam contoh bahwa angka 6 di belakang koma masih mempunyai arti yang real, walaupun angka 6 tersebut sudah mengandung ketidakpastian sebesar  $\pm 2$  satuan. Berarti bahwa 8 di belakang 6 sudah tidak mempunyai arti sehingga tidak perlu ditulis dalam penyajian hasil akhir; apalagi angka 3 di belakang angka 8, lebih tidak berarti lagi, jadi penyajiannya:  $1438,7 \pm 0,2$ . Bila ralat ukur diawali dengan angka 1, biasanya diambil dua angka penting, karena angka penting di belakang 1 nilainya cukup besar dibandingkan 1.

Contoh: 0,1328 menjadi 0,13

**ATURAN PEMBULATAN**

- a. Jika suatu angka diikuti oleh angka 6;7;8;9 maka angka tersebut dibulatkan ke atas. Contoh: 2,687 dibulatkan menjadi 2,69.
- b. Jika suatu angka diikuti oleh angka 4;3;2;1;0 maka angka tersebut dibulatkan ke bawah. Contoh 2,684 dibulatkan menjadi 2,68.
- c. Jika suatu angka diikuti oleh angka 5, maka angka itu dibulatkan arah angka genap yang terdekat. Contoh: 2,485 dibulatkan menjadi 2,48; tetapi 2,435 dibulatkan menjadi 2,44. Perhatikan bahwa angka terakhir dari dua bilangan adalah genap.

Ralat relatif dituliskan dengan **dua angka penting**.

Contoh: ralat relatif 1,53 % menjadi 1,5 %.

Bilangan-bilangan yang besar sekali atau yang kecil sekali hendaknya dinyatakan dalam bentuk baku (dengan perkalian terhadap 10 berpangkat kelipatan 3).

Contoh:  $26185 \pm 272$  menjadi  $(26,2 \pm 0,3) \times 10^3$   
 $0,000056 \pm 0,000004$  menjadi  $(56 \pm 4) \times 10^{-6}$

4. *Scientific calculator*

Semua fungsi statistik yang dibicarakan di atas sudah terprogram dalam *scientific calculator*. Persamaan (2) dan (3) berada pada kelompok statistik (SD), sedangkan persamaan (7) s/d (10) ada di bagian linear regression (LR). Manfaatkan kalkulator untuk membuat laporan anda!

❖ **HAL-HAL LAIN YANG PERLU DIPERHATIKAN**

Kadang-kadang pengukuran terhadap suatu besaran hanya dilakukan sekali, karena pengulangan pengukuran tidak mungkin atau tidak ada gunanya dilakukan. Dalam hal ini ralat ukurnya lazim diambil *setengah dari harga skala terkecil* dari alat ukurnya atau sesuai dengan keyakinan pengamatnya. Ada kasus-kasus pengukuran yang hanya dilakukan sekali:

a. *keterbatasan presisi alat*

Suatu besaran hanya diukur sekali saja karena keteracakan pengukurannya tidak terdeteksi oleh alat ukurnya. Misalnya mengukur panjang tali dengan mistar. Ketidakrataan ujung tali tidak mungkin terlihat oleh mistar yang satuan terkecilnya milimeter.

b. *proses pengukuran yang kontinu*

Dalam suatu proses pengukuran yang kontinu, misalnya pengukuran kenaikan suhu dengan termometer terhadap berjalannya waktu, pengukuran ini tidak mungkin diulang.

## PANDUAN PENILAIAN UNTUK ASISTEN MAHASISWA PRAKTIKUM FISIKA

### 1. RINCIAN PENILAIAN LAPORAN RESMI

- a. Judul mendapat nilai 5 jika terdapat nomor praktikum dan judul praktikum.  
Contoh: P5  
Konduktivitas Panas.
- b. Tujuan (maks 5) dituliskan secara jelas sesuai dengan yang ada di modul.
- c. Dasar teori (maks 10) dituliskan secara singkat dan dilengkapi dengan sitasi sesuai dengan yang tertulis di daftar pustaka.
- d. Cara kerja dan alat (maks 5). Cara kerja diuraikan dengan kalimat sejelas mungkin berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, **TIDAK** dikutip dari buku petunjuk praktikum.
- e. Data percobaan (maks 5) yang dituliskan sesuai dengan yang sudah diperiksa dan disetujui oleh asisten. Data dilengkapi dengan satuan sesuai modul.
- f. Analisis data (maks 20)

	<i>Grafik</i>	<i>Standar deviasi</i>	<i>Error Akurasi</i>	<i>Hitung diameter bola/bahan uji</i>	<i>Hitung <math>v_b</math></i>
P1		80%	20%		
P2	50%	50%			
P3	40%	40%	20%		
P4		85%		15%	
P5	85%			15%	
P6		100%			
P7	80%		20%		
P8	70%				30%

#### Standar Deviasi

Elemen Pengerjaan	Presentase penilaian
Melakukan konversi satuan menjadi SI	10%
Membuat dan mengisi tabel perhitungan	30%
Menuliskan contoh perhitungan	15%
Menuliskan satuan	15%
Melakukan penghitungan Sd	20%
Menuliskan hasil percobaan	10%

#### Grafik

Elemen Pengerjaan	Presentase penilaian
Melakukan konversi satuan menjadi SI	5%
Menentukan X, Y, A, B	5%
Membuat dan mengisi tabel perhitungan.	30%
Menuliskan contoh perhitungan, menghitung nilai A dan B.	10%
Menuliskan persamaan garis regresi	5%

<b>Membuat grafik:</b>	Maks 25%
• <b>Membuat salib sumbu (dengan keterangan) dan menuliskan judul grafik.</b>	10%
• <b>Membuat garis regresi (dengan contoh perhitungan penentuan titik)</b>	10%
• <b>Menggambarkan titik percobaan dan menuliskan persamaan regresi pada grafik.</b>	5%
<b>Menghitung besaran fisika yang dicari melalui grafik</b>	10%
<b>Menuliskan satuan</b>	10%

g. Pembahasan (maks 35)

Dibuat dalam bentuk narasi asalkan mencakup semua hal sebagai berikut:

	Jelaskan hasil percobaan	Bandingkan hasil dengan teori	Analisis grafik	Jabarkan yang pengaruhi hasil percobaan	Membahas tugas laporan praktikum
P1	25%	25%		25%	25%
P2	20%	10%	25%	20%	25%
P3	20%	10%	20%	25%	25%
P4	35%	10%		30%	25%
P5	20%	10%	25%	20%	25%
P6	35%	10%		30%	25%
P7	20%	10%	25%	20%	25%
P8	20%	10%	25%	20%	25%

h. Kesimpulan (maks 10)

Isi dari kesimpulan adalah menjawab tujuan. Jika diisi tidak sesuai tujuan, maka nilai dapat dikurangi dengan cara sebagai berikut:

- jika dalam percobaan tersebut jumlah tujuan adalah 2 poin dan praktikan menjawab 5 poin maka nilai yang didapatkan  $\times 2/5$ .
- jika dalam percobaan tersebut jumlah tujuan adalah 3 poin dan praktikan menjawab 4 poin maka nilai yang didapatkan  $\times \frac{4}{3}$ .

i. Daftar Pustaka (maks 5)

Minimal 3 sumber referensi, bukan diperoleh dari buku SMA/wikipedia/blogspot.

**2. PENGURANGAN POIN DAPAT DIBERLAKUKAN JIKA:**

- melakukan tindakan plagiat pada laporan kelompok lain dan/atau laporan-laporan terdahulu (nilai  $\times 0$ )
- tidak sesuai dengan format laporan yang telah ditentukan (nilai  $\times 0,4$ )
- terlambat mengumpulkan laporan sesuai ketentuan (nilai  $\times 0,8$  dan akan dikurangi 10% untuk setiap hari keterlambatan)
- tulisan pada grafik tidak rapi atau tidak dapat dibaca dengan jelas (nilai  $\times 0,7$ )
- dan pelanggaran-pelanggaran lainnya.