

# **MODUL**

## **PRAKTIKUM FISIKA UMUM**

(Untuk Mahasiswa Program Studi Pendidikan IPA)



**LABORATORIUM S1 PENDIDIKAN IPA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA**

**2025**

**TIM PEMBINA DOSEN PRAKTIKUM FISIKA UMUM**  
**Panduan Khusus untuk Prodi Pendidikan IPA**  
**SEMESTER GASAL TAHUN AKADEMIK 2025/2026**

# KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga panduan praktikum fisika umum untuk program studi pendidikan IPA dapat terselesaikan dengan baik. Semoga dengan panduan praktikum ini, mahasiswa dapat melaksanakan kegiatan praktikum dengan baik. Melalui praktikum Fisika Umum, diharapkan anda akan paham dan terampil :

- menggunakan berbagai peralatan fisika
- menerapkan metode eksperimen
- melakukan analisis dan interpretasi data
- menulis laporan ilmiah
- menganalisis berbagai fenomena fisis

Panduan praktikum ini secara garis besar terdiri lima bagian. Bagian pertama, **Pendahuluan**; bagian kedua, **Ketidakpastian Pengukuran**, bagian ketiga, **Grafik**, bagian keempat, **Panduan Penulisan Laporan**, dan bagian kelima, **Materi Praktikum**.

Adapun materi Praktikum Fisika Umum, meliputi Mekanika dan Thermofisika. Walaupun hanya sebagian kecil aspek yang dapat dipraktikumkan, diharapkan mampu membantu mahasiswa Prodi Pendidikan IPA memahami fisika secara utuh.

Banyak sekali ide menarik yang belum mampu kami wujudkan. Oleh karena itu kami berharap adanya saran dan kritik yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas materi praktikum fisika dasar untuk prodi pendidikan IPA ini.

Surabaya, 7 September 2025

**Tim Fisika Umum**  
**Prodi Pendidikan IPA**  
**FMIPA Unesa**

## DAFTAR ISI

Tim Praktikum Fisika Umum .....	i
Kata Pengantar .....	ii
Daftar Isi .....	iii

### PENDAHULUAN

1. Deskripsi Praktikum Fisika Umum.....	1
2. Tujuan Praktikum Fisika Umum.....	1
3. Pelaksanaan Praktikum Fisika Umum .....	1
4. Penilaian Praktikum Fisika Umum .....	2
5. Tata Tertib Praktikum Fisika Umum .....	2

### KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN

I. Apa yang dimaksud dengan 'Ketidakpastian' (Uncertainty) pengukuran dalam suatu eksperimen dan 'Kesalahan' (Error)?.....	3
II. Mengapa ketidakpastian/ralat hasil pengukuran dalam eksperimen dianggap penting? ....	3
III. Sumber-sumber ketidakpastian .....	4
IV. Cara menentukan ketidakpastian/ralat hasil suatu pengukuran .....	5
V. Perhitungan bilangan yang mengandung ketidakpastian .....	7
VI. Angka penting (significant figures) .....	9

### MATERI PRAKTIKUM

MK-1 MASSA JENIS ZAT PADAT BENTUK TERATUR.....	12
MK-2 HUKUM NEWTON TENTANG GERAK.....	15
MK-3 MOMEN INERSIA.....	19
MK-4 GLB DAN GLBB.....	24
T-1 HARGA AIR KALORIMETER .....	26
T-2 PENERAAN TERMOMETER .....	29
T-3 PANAS JENIS ZAT PADAT .....	31
T-4 KALOR LEBUR ES .....	33
Contoh Laporan Praktikum .....	35

# PENDAHULUAN

## 1. Deskripsi Praktikum Fisika Umum

Di FMIPA UNESA matakuliah Fisika Umum adalah salah satu mata kuliah TPB (Tahun Pertama Bersama) yang harus diprogram oleh mahasiswa dari semua jurusan yang ada di FMIPA yaitu Fisika, Matematika, Kimia, Biologi dan Pendidikan IPA. Matakuliah Fisika Dasar bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang landasan Fisika bertolak dari pengetahuan Fisika yang telah diperoleh di SMU. Topik-topik yang dibahas mencakup Mekanika, Termodinamika, Listrik dan Optika.

Dalam matakuliah Fisika Umum tersebut, pemberian teori ke mahasiswa juga dilengkapi dengan kegiatan praktikum di laboratorium. Isi praktikum meliputi pengenalan berbagai alat ukur dan melatih cara menggunakannya, mengenalkan dasar-dasar eksperimen dan melatih menerapkannya dalam praktikum, serta mengembangkan strategi kognitif yang menunjang pemahaman matakuliah Fisika Umum.

## 2. Tujuan Praktikum Fisika Umum

Pada dasarnya kegiatan laboratorium Fisika dapat dibedakan menjadi 3 hal yakni (1) melakukan pengukuran-pengukuran besaran fisis, (2) melakukan percobaan untuk menguji kebenaran teori atau hukum yang telah ada (praktikum), dan (3) melakukan eksperimen untuk mendapatkan sesuatu yang baru. Kegiatan laboratorium lebih ditekankan pada kegiatan (1) dan (2) saja, sedangkan kegiatan (3) pada Kegiatan Laboratorium Lanjutan.

Setelah menempuh matakuliah Praktikum Fisika Umum, diharapkan mahasiswa dapat:

- Merangkai alat dengan benar
- Menggunakan dan membaca skala alat ukur dengan benar
- Menuliskan dasar teori ringkas yang mendukung percobaan
- Menuliskan langkah-langkah percobaan
- Menganalisis data beserta perhitungan ralatnya dengan benar
- Mendiskusikan hasil analisis data
- Membuat kesimpulan
- Menulis abstrak praktikum dengan benar

Di samping itu, mahasiswa harus bisa bekerja sama dengan kelompoknya dan melaksanakan praktikum secara tertib dan disiplin.

## 3. Pelaksanaan Praktikum Fisika Umum

Secara teknis, pelaksanaan kegiatan Praktikum Fisika Dasar dibagi dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah kegiatan pralaboratorium, tahap kedua pelaksanaan praktikum, sedangkan tahap ketiga adalah pelaporan.

### *Tahap pralaboratorium :*

Kegiatan pralaboratorium dalam praktikum Fisika Dasar dipergunakan untuk membekali mahasiswa agar siap dalam melaksanakan suatu jenis/judul praktikum tertentu. Beberapa kemampuan dasar yang perlu dimiliki mahasiswa sebelum melakukan praktikum antara lain

- memahami tujuan praktikum yang akan dilakukan,
- memahami konsep-konsep yang terkait dalam praktikum,
- mampu mengidentifikasi variabel yang harus diukur dan dihitung,
- memahami spesifikasi dan cara menggunakan alat-alat yang akan digunakan,
- mampu menentukan data-data yang harus diperoleh, cara memperoleh, dan cara menganalisisnya.

### *Tahap Pelaksanaan Praktikum :*

Pada tahap pelaksanaan praktikum, mahasiswa dilatih bertindak sebagai seorang peneliti. Oleh karena itu, mahasiswa dituntut untuk bersikap obyektif, sistematis, logis dan teliti. Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan mahasiswa adalah melaksanakan praktikum sesuai dengan judul praktikum yang telah ditetapkan dengan materi seperti yang terdapat dalam buku panduan ini. Selanjutnya kegiatan yang dilakukan mahasiswa diamati oleh pembimbing yang mencakup aspek afektif (sikap) dan aspek psikomotor (keterampilan) kemudian diberi skor tertentu berdasarkan skala sikap yang telah ditetapkan.

Aspek yang dievaluasi pada tahap pelaksanaan praktikum ini, meliputi

- kemampuan merangkai alat dengan benar
- kemampuan menggunakan dan membaca skala alat ukur dengan benar
- kerja sama antar anggota kelompok

### *Tahap Pelaporan :*

Setelah mahasiswa melaksanakan praktikum, mahasiswa mendapatkan data-data

pengukuran. Data-data tersebut diolah dan dianalisis untuk selanjutnya dibuat laporan praktikumnya dalam format seperti contoh: laporan yang terlampir pada buku panduan ini. Hasil laporan praktikum tersebut akan dievaluasi oleh pembimbing dengan memberi skor tertentu sesuai acuan yang telah ditetapkan.

Aspek-aspek penilaian laporan, meliputi :

- kemampuan menulis abstrak
- kemampuan menulis dasar teori ringkas yang mendukung percobaan
- kemampuan merumuskan langkah-langkah percobaan
- kemampuan menganalisis data beserta perhitungan ralatnya dengan benar
- kemampuan mendiskusikan hasil analisis data
- kemampuan merumuskan kesimpulan

#### 4. Penilaian Praktikum Fisika Umum

Penilaian praktikum Fisika Umum, dilakukan dalam tiga tahap yaitu : tahap pralaboratorium, tahap pelaksanaan, dan tahap pelaporan. Penilaian tahap pralaboratorium dilakukan secara kelompok. Dari penilaian ini akan diputuskan suatu kelompok diizinkan atau belum diizinkan melakukan praktikum. Kelompok yang belum diizinkan praktikum harus meningkatkan persiapannya, sehingga diperoleh izin praktikum.

Penilaian tahap pelaksanaan dan tahap pelaporan dilakukan secara individu, dengan skor dari 0 - 100 untuk masing-masing aspek penilaian. Konversi skor tersebut sebagai berikut :

0 - 3	: sangat kurang
4 - 5	: kurang
6 - 7	: cukup
8 - 9	: baik
10	: sangat baik

Untuk mendapatkan nilai akhir praktikum Fisika Dasar, skor untuk masing-masing aspek di atas harus dijumlah, kemudian dibagi sepuluh. Nilai akhir praktikum Fisika Dasar menjadi nilai tugas dalam matakuliah Fisika Dasar.

#### 5. Tata Tertib Praktikum Fisika Umum

- a. Mahasiswa berada di laboratorium sesuai jadwal yang telah ditetapkan dan

memasuki ruang laboratorium seizin pembimbing.

- b. Tas dan buku diletakkan di tempat yang telah disediakan, kecuali alat-alat tulis yang diperlukan.
- c. Ketentuan-ketentuan yang berlaku di ruang kuliah (pakaian rapi, ketertiban, kebersihan dan lain-lain) juga berlaku di laboratorium.  
Mahasiswa tidak diperkenankan mengikuti praktikum, bila:
  - memakai kaos oblong
  - memakai sandal
- d. Bahan atau materi praktikum yang akan dilakukan harus sudah dipelajari sebelumnya.
- e. Praktikum baru dapat dilaksanakan setelah mahasiswa mengikuti kegiatan pralaboratorium dan mendapatkan rekomendasi pembimbing untuk melakukan praktikum, atau teknis lain yang diputuskan oleh pembimbing.
- f. Setiap alat yang akan digunakan diperoleh dari petugas laboratorium dengan mengisi daftar isian peminjaman alat. Setelah selesai, alat-alat dikembalikan dalam keadaan bersih dan baik.
- g. Keselamatan alat-alat yang dipinjam merupakan tanggung jawab kelompok peminjam. Jika terjadi kerusakan, kelompok peminjam wajib mengganti atau memperbaiki.
- h. Tidak diperkenankan mengganggu dan mencampuri kegiatan kelompok lain.
- i. Keluar masuk ruangan saat kegiatan praktikum harus seizin pembimbing.
- j. Setiap selesai praktikum, mahasiswa membuat laporan sementara tentang kegiatan yang dilakukan secara perorangan, kemudian disahkan pembimbing.
- k. Berdasarkan laporan sementara tersebut, setiap mahasiswa membuat laporan resmi dengan ketentuan :
  1. halaman pertama ditulis pada kertas yang ditentukan oleh laboratorium
  2. halaman berikutnya menggunakan kertas bergaris atau polos
  3. sistematika laporan sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.
- l. Hal-hal lain yang belum tercantum akan ditetapkan kemudian

# KETIDAKPASTIAN PENGUKURAN

## I. Apa Yang Dimaksud Dengan 'Ketidakpastian' (Uncertainty) Pengukuran Dalam Suatu Eksperimen Dan 'Kesalahan' (Error)?

Semua pengukuran besaran fisika sudah tentu mengandung ketidak-pastian. Seberapa tepat, seberapa akurat dan seberapa jauh hasil suatu pengukuran eksperimen akan dapat dipercaya, maka hal itu sangat diten-tukan oleh seberapa akurat kita dapat menaksir atau memperkirakan harga ketidakpastian pengukuran tersebut. *Misal*, harga sebuah tahanan/resistor yang diukur dengan menggunakan alat multimeter digital yang akurat adalah sebesar  $20.03 \pm 0.01\Omega$ . Angka tersebut mempunyai arti bahwa hasil pengukuran harga tahanan yang benar diharapkan terletak diantara  $20.02\Omega$  hingga  $20.04\Omega$ . Rentang angka dimana harga yang diharapkan tersebut terletak disebut sebagai ketidakpastian (uncertainty) suatu pengukuran. Angka tersebut sekaligus juga menyatakan keakuratan atau ketepatan (accuracy) data hasil pengukurun kita. Semakin sempit rentang angka, maka semakin tepat dan akuratlah data hasil pengukuran kita, demikian juga sebaliknya.

Kita juga sering mengatakan bahwa selisih antara harga yang benar (the true value) dari suatu besaran dengan harga terukurnya (the measured value) dianggap sebagai 'kesalahan' atau error dari pengukuran yang telah dilakukan. Sebenarnya, perbedaan tersebut lebih tepat bila disebut sebagai 'deviasi' atau simpangan (deviation) dari pengukuran. Sedangkan kata 'error' dipergunakan untuk menyatakan maksud bila kita telah melakukan suatu kesalahan pada umumnya.

Dalam banyak pengukuran, harga yang benar dari suatu besaran seringkali tidak diketahui atau bahkan mungkin tidak dapat diketahui. *Sebagai contoh*, untuk mengukur suatu besaran fisis tertentu yang sama, dua kelompok mahasiswa menggunakan alat dan metode eksperimen yang sama serta tingkat ketelitian kerja yang dapat dika-takan

sama pula, namun ternyata mereka memperoleh hasil pengukuran yang agak berbeda satu dengan lainnya, *misal* ( $5.00 \pm 0.02$ ) dan ( $5.02 \pm 0.02$ ). Masing-masing kelompok meng-klaim bahwa 'error' yang telah mereka peroleh lebih kecil dibanding error milik kelompok lain. Nah, untuk contoh kasus ini, yang sesungguhnya terjadi adalah kedua kelompok mahasiswa tersebut telah bekerja dengan benar, yaitu mengikuti langkah atau prosedur eksperimen secara benar, tingkat ketepatan dan ketelitian pengukuran yang dipergu-nakan juga sudah benar, sehingga hasil yang mereka peroleh juga benar, meski (secara tidak sengaja) mereka mem-peroleh harga yang sedikit berbeda satu sama lain – dan itu tidak berarti bahwa kedua kelompok telah melakukan kesalahan atau error.

## II. Mengapa Ketidakpastian/Ralat Ha-sil Pengukuran Dalam Eksperimen Dianggap Penting?

Untuk menerangkannya, seka-rang kita pergunakan lagi contoh hasil pengukuran terhadap harga tahanan tersebut diatas. Bila tahanan tersebut dipanaskan hingga mencapai suhu  $100^{\circ}\text{C}$ , ternyata harga tahanan terukur menjadi  $20.04\Omega$ . *Apa maksudnya ini?*. Apabila kedua harga tersebut diatas (sebelum dan sesudah dipanaskan, yaitu  $20.03\Omega$  dan  $20.04\Omega$ ) dipakai tanpa memperhitungkan faktor ketidakpas-tiannya, maka kita akan menyimpulkan bahwa telah terjadi peningkatan harga tahanan sebesar  $20.04 - 20.03 = 0.01\Omega$ . Sebaliknya, dengan memperhitungkan faktor ketidakpastian yang sama untuk pengukuran harga tahanan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  yaitu  $\pm 0.01\Omega$ , maka dapat dikatakan bahwa harga yang sebe-narnya dari tahanan mungkin tidak berubah, atau bahkan harganya telah turun. Jadi telah terjadi perubahan harga tahanan yang terukur dari  $-0.01\Omega$  hingga  $+0.03\Omega$ .

Dari contoh tersebut diatas dan juga untuk kasus-kasus lain pada umumnya, terlihat jelas bahwa ketidak-pastian suatu pengukuran adalah faktor yang sangat penting untuk diperhi-tungkan dalam kegiatan eksperimen, karena hal itu

menunjukkan seberapa akurat dan tepat data hasil pengukuran kita terhadap harga yang sebenarnya.

Untuk keperluan lebih luas lagi, sebenarnya ada tiga alasan utama mengapa kita harus memperhitungkan faktor ketidakpastian (uncertainty) dan atau ketepatan (accuracy) setiap kali kita mengambil data dalam ber-eksperimen, yaitu:

1. Agar orang lain yang nantinya akan menggunakan data hasil pengukuran kita, dapat mengetahui secara persis seberapa tepat dan akurat data-data tersebut untuk keperluan mereka sendiri.
2. Agar hipotesa-hipotesa yang mendasarkan pada data-data hasil pengukuran kita tersebut akan dapat ditarik dan diuji kebenarannya secara tepat.
3. Selain itu, dalam sejarah perkembangan Ilmu Pengetahuan Alam yang sudah terjadi selama ini, diperoleh fakta bahwa selalu terjadi perbedaan antara harga teoritis (the expected value) dari suatu besaran fisis dengan harga terukurnya (the measured value), meski sekecil apapun perbedaan itu. Dan perbedaan tersebut selalu terjadi, walaupun alat, metode dan prosedur eksperimen yang dipergunakan sudah makin canggih dan modern.

### III. Sumber-sumber Ketidakpastian

Ada tiga sumber utama ketidakpastian pengukuran suatu eksperimen, yaitu:

1. **Ketidakpastian Sistematis (Systematic Uncertainty)**  
Ketidakpastian sistematis ini terjadi karena kesalahan (faults) yang disebabkan dalam menggunakan alat atau, dapat berupa kesalahan yang memang sebelumnya sudah ada pada alat itu sendiri. Oleh karenanya apabila ketidakpastian itu memang terletak pada alat, kapan-pun alat tersebut dipergunakan, maka alat tersebut akan memproduksi ketidakpastian yang sama pula. Yang termasuk

ketidakpastian sistematis diantaranya adalah:

#### a. Ketidakpastian Alat (Instrument Errors)

Ketidakpastian ini muncul akibat dari kalibrasi skala penunjukan angka pada alat tidak tepat, sehingga pembacaan skala menjadi tidak sesuai dengan yang seharusnya. *Misal*, kuat arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian listrik tertutup seharusnya 2A, tapi harga itu selalu terukur pada Ampere meter sebagai 2.3A.

Untuk mengatasinya, maka: (1) kita kalibrasi skala alat itu sehingga penunjukkan angkanya menjadi benar, atau (2) kita ganti saja alat itu dengan alat lain yang lebih tinggi tingkat ketelitiannya.

#### b. Kesalahan/ketidakpastian Nol (Zero Errors)

Ketidakpastian pengukuran ini muncul karena angka penunjukkan alat ukur tidak menunjuk ke angka NOL pada saat dipergunakan, atau hasil pengukuran alat sudah tidak nol sebelum dipakai. Cara menanggulangnya adalah pastikan bahwa skala alat ukur sudah menunjuk ke angka nol sebelum dipergunakan.

#### c. Waktu Respon Yang Tidak Tepat

Ketidakpastian pengukuran ini muncul akibat dari waktu pengambilan data (pengukuran) tidak bersamaan dengan saat munculnya data yang seharusnya diukur, sehingga data yang diperoleh bukanlah data yang sebenarnya diinginkan. Yang seringkali terjadi pada kegiatan praktikum adalah pengukuran baru dilakukan setelah data yang seharusnya kita ambil telah lewat dan berlalu. *Misal*, kita ingin mengukur suhu air pada 70°C, dan pada kegiatan praktikum yang sedang dilakukan, kita bukan mengukur suhu air yang sedang dipanaskan tepat pada suhu 70°C, melainkan pada suhu lain di atasnya, dll.



#### d. Kondisi Yang Tidak Sesuai (Improper Conditions)

Ketidakpastian ini muncul akibat kondisi alat ukur yang dipergu-nakan tidak sesuai dengan kondisi pengukuran yang diinginkan. *Misal*, sebuah penggaris yang terbuat dari bahan logam tidak pas/sesuai bila dipakai untuk mengukur panjang suatu bahan pada suhu tinggi, karena penggaris tersebut akan memuai pada suhu tinggi tersebut.

#### 2. Ketidakpastian Random (Random Errors)

Ketidakpastian ini biasanya terjadi pada pengukuran besaran yang dilakukan secara berulang, sehingga hasil-hasil yang diperoleh akan bervariasi dari

harga rata-ratanya. Hasil-hasil pengukuran tersebut menjadi berbeda satu sama lain karena: (i) moment tiap pengukuran yang kita lakukan memang berbeda satu dengan lainnya, atau (ii) karena ketidakpastian yang ditimbulkan oleh alat ukur, (iii) atau dari sumber-sumber ketidakpastian lain yang berkaitan dengan kegiatan pengam-bilan pengukuran itu sendiri.

#### 3. Kesalahan Dari Pihak Manusia (Human Errors)

Tidak terampilnya kita dalam meng-operasikan/membaca alat ukur menjadi sebab munculnya ketidak-pastian ini. *Misal*, pembacaan yang paralaks, salah dalam perhitungan, dll.

### IV. Cara Menentukan Ketidakpasti-an/Ralat Hasil Suatu Pengukuran

Metode dasar berikut ini sesuai untuk diterapkan pada Praktikum di Tingkat Pertama Bersama (TPB), yaitu:

#### 1. Ketidakpastian Untuk Pengukuran Tunggal

Pada umumnya besar ketidakpas-tian pengukuran tunggal ditetapkan sama dengan satu kali skala terkecil alat ukur. *Misal*, mistar pengukur panjang mempunyai skala terkecil = 0.1 mm. Bila hasil pengukuran panjang suatu benda = 12.45 mm, maka panjang benda tersebut dituliskan:

$$\begin{aligned}(12.45 \pm 0.10) \text{ mm} &= (1.245 \pm 0.010) 10 \text{ mm} \\ &= (1.245 \pm 0.010) 10^{-2} \text{ m}\end{aligned}$$

*dimana:*  $1.245 \times 10^{-2} \text{ m}$  = hasil pengukuran tunggal  
 $0.010 \times 10^{-2} \text{ m}$  = ketidakpastian mutlak  
 $(0.010 \times 10^{-2}) / (1.245 \times 10^{-2}) = 0.008$  = ketidakpastian relatif  
 $0.008 \times 100\%$  = 0.8% = ketidakpastian prosen  
 $100\% - 0.8\%$  = 99.2% = taraf ketelitian

#### 2. Ketidakpastian Untuk Pengukuran Yang Berulang

Misal untuk mengukur panjang suatu benda dilakukan pengukuran sebanyak sepuluh kali dan hasilnya ditabelkan sebagai berikut:

No	X (mm)	d	d <sup>2</sup>
1	16.9	0.3	0.09
2	16.4	0.2	0.04
3	16.7	0.1	0.01
4	16.6	0.0	0.00
5	16.7	0.1	0.01
6	16.5	0.1	0.01
7	16.6	0.0	0.00

No	X (mm)	d	d <sup>2</sup>
8	16.7	0.1	0.01
9	16.5	0.2	0.04
10	16.4	0.2	0.04
<b>Jumlah</b>	<b>166.0</b>	<b>1.2</b>	<b>0.22</b>
	$X_{rata-2} = \Sigma X/n$ $= 166/10 = 16.6$	$d_{rata-2} = \Sigma d/n$ $= 1.2/10 = 0.12$	

Dimana,

n = jumlah pengukuran

X = hasil pembacaan untuk tiap pengukuran

d = deviasi atau penyimpangan, selisih antara tiap pengukuran dengan rata-rata dari seluruh pengukuran.

$X_{rata-2}$  = rata-rata hasil pengukuran

$d_{rata-2}$  = deviasi rata-rata

Hasil pengukuran tersebut diatas, ditulis sebagai:  $X = X_{rata-2} \pm \Delta X$ , dengan  $\Delta X$  = ketidakpastian mutlak.

Ada beberapa cara untuk menuliskan hasil pengukuran tersebut diatas, yaitu:

- $X_{rata-2} = (X_{maks} + X_{min})/2 = (16.9 - 16.4)/2 = 16.65 \text{ mm}$   
 $\Delta X = (X_{maks} - X_{min})/2 = (16.9 - 16.4)/2 = 0.25$   
 Jadi,  $X = X_{rata-2} \pm \Delta X = (16.65 \pm 0.25) \text{ mm} = (1.67 \pm 0.03) 10^{-2} \text{ m}$   
 Ketidakpastian prosen =  $(0.25/16.65) \times 100\% = 1.5\%$   
 Taraf ketelitian = 98.5%.
- $X_{rata-2} = \Sigma X/n = 166/10 = 16.6 \text{ mm}$   
 $\Delta X = d_{maks} = 0.3 \text{ mm}$   
 Jadi,  $X = X_{rata-2} \pm \Delta X = (16.6 \pm 0.3) \text{ mm} = (1.66 \pm 0.03) 10^{-2} \text{ m}$   
 Jadi, ketidakpastian prosen =  $0.03/1.66 \times 100\% = 1.8\%$   
 Taraf ketelitian = 98.2%
- $X_{rata-2} = \Sigma X/n = 166/10 = 16.6 \text{ mm}$   
 $\Delta X = SD \text{ (standard deviation)} = \tau_{n-1} = \sqrt{[(\Sigma d^2)/(n-1)]} = \sqrt{[(0.22)/(10-1)]} = 0.16$   
 Jadi,  $X = X_{rata-2} \pm \Delta X = (16.60 \pm 0.16) \text{ mm} = (1.66 \pm 0.02) 10^{-2} \text{ m}$   
 Ketidakpastian prosen =  $0.02/1.66 \times 100\% = 1.2\%$   
 Taraf ketelitian = 98.8%
- $X_{rata-2} = \Sigma X/n = 166/10 = 16.6 \text{ mm}$   
 $\Delta X = SE \text{ (standard error)} = \sqrt{[(\Sigma d^2)/(n-1)n]} = \sqrt{[(0.22)/(10-1)10]} = 0.05$   
 Jadi,  $X = X_{rata-2} \pm \Delta X = (16.60 \pm 0.05) \text{ mm} = (1.660 \pm 0.005) 10^{-2} \text{ m}$   
 Ketidakpastian prosen =  $0.005/1.660 \times 100\% = 0.3\%$   
 Taraf ketelitian = 99.7%

## V. Perhitungan Bilangan Yang Mengandung Ketidakpastian

### 1. Fungsi Penjumlahan dan Pengurangan

Jika  $X = (x \pm \Delta x)$  dan  $Y = (y \pm \Delta y)$ . Ingin dihitung nilai dari fungsi  $R = X \pm Y$ .

Maka diperoleh  $R = (r \pm \Delta r) = (x \pm \Delta x) \pm (y \pm \Delta y)$ , sehingga didapat bahwa:

$$\Delta r = \Delta x + \Delta y$$

**Perhatikan:** baik untuk fungsi penjumlahan ataupun pengurangan, maka  $\Delta r$  selalu merupakan hasil penjumlahan antara  $\Delta x$  dan  $\Delta y$ , dan bukan merupakan hasil pengurangan antara keduanya. Kenapa demikian?,

hal ini disebabkan karena ketidakpastian suatu fungsi senantiasa lebih besar dari ketidakpastian masing-masing komponen dari fungsi itu sendiri, dan tidak mungkin bahwa ketidakpastian akan saling meniadakan satu sama lain.

*Contoh:* Jika  $A = B + C$  dan  $D = B - C$   
 dengan  $B = (10.0 \pm 0.2) \text{ m}$  dan  $C = (5.0 \pm 0.1)$   
 maka  $A = (15.0 \pm 0.3) \text{ m}$  dan  $D = (5.0 \pm 0.3) \text{ m}$

## 2. Fungsi Perkalian dan Pembagian

*Untuk Fungsi Perkalian.*

Seperti diatas, jika  $X = (x \pm \Delta x)$  dan  $Y = (y \pm \Delta y)$ . Ingin dihitung nilai dari fungsi  $R = XY$ . Maka diperoleh  $R = (r \pm \Delta r) = (x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y)$

$$\begin{aligned} &= xy \pm y\Delta x \pm x\Delta y + \Delta x\Delta y \\ &= xy + y\Delta x + x\Delta y + \Delta x\Delta y \end{aligned}$$

**Perhatikan sekali lagi** bahwa ketidakpastian tidak mungkin saling meniadakan satu sama lain, sehingga kita bisa meniadakan tanda negatif pada persamaan diatas.

hasil dari suku  $\Delta x\Delta y$ , maka didapat hasil sbb:

$$\boxed{\Delta r/r = \Delta x/x + \Delta y/y}$$

Selanjutnya, apabila perolehan diatas kita bagi dengan  $R$  dan kita abaikan

*Catatan:* Bila  $X = (x \pm \Delta x)$  dikalikan dengan suatu bilangan konstan, maka ketidakpastian hasil perkalian tersebut adalah sama dengan ketidakpastian dari  $X$ , yaitu  $\Delta x$ , sebab konstanta tidak memiliki ketidak-pastian sama sekali.

*Untuk Fungsi Pembagian.*

Ingin dihitung nilai dari  $R = X/Y$ , jika  $X$ ,  $Y$  dan  $R$  masing-masing sama seperti diatas.

$$\begin{aligned} \text{Maka } R &= (r \pm \Delta r) = (x \pm \Delta x) / (y \pm \Delta y) \\ &= [(x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y)] / [y^2 - (\Delta y)^2] \\ &= [(x \pm \Delta x)(y \pm \Delta y)] / y^2 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan prinsip yang sama seperti pada perkalian diatas, maka diperoleh,

$$\boxed{\Delta r/r = \Delta x/x + \Delta y/y}$$

## 3. Fungsi Pangkat

$$\begin{aligned} \text{Jika } R &= X^n \text{ maka } R = (r \pm \Delta r) = (x \pm \Delta x)^n = x^n (1 \pm \Delta x/x)^n \\ &= x^n [1 \pm ((n \Delta x)/x)], \end{aligned}$$

Dengan menggunakan teorema binomial untuk harga  $\Delta x/x$  yang kecil (*tidak dibahas disini*), maka diperoleh bahwa

$$\Delta r/r = n (\Delta x/x)$$

*Contoh:* Jika ingin dihitung nilai dari fungsi  $P = I^2 R - D$ , dengan  $I = (200 \pm 2) \text{mA}$ ,  $R = (5.0 \pm 0.2) \Omega$ ,  $D = (40 \pm 10) \text{mW}$ , maka  
 $I^2 R = (0.2)^2 \times 5 \text{ W} = 0.200 \text{ W}$  dan  $P = 0.160 \text{ W}$ .

Tahap pertama, dihitung terlebih dahulu ketidakpastian relatif dari  $I^2 R$ , yaitu

$$\begin{aligned} \Delta(I^2 R)/(I^2 R) &= \Delta(I^2)/I^2 + \Delta R/R = 2 \Delta I/I + \Delta R/R \\ &= 2 (2/200) + (0.2/5) = 0.060 \end{aligned}$$

Selanjutnya, ketidakpastian mutlak dari  $\Delta(I^2 R)$  dapat ditentukan sebesar,  
 $\Delta(I^2 R) = 0.060 \times 0.200 \text{ W} = 0.012 \text{ W}$ .

Akhirnya, ketidakpastian mutlak dari  $\Delta P$  dapat dicari, yaitu  
 $\Delta P = \Delta(I^2 R) + \Delta D = (0.012 + 0.010) \text{ W} = 0.022 \text{ W}$ .

Dan jawaban dari pertanyaan yang dicari adalah,  
 $P = (0.16 \pm 0.02) \text{ W}$ .

#### 4. Fungsi-fungsi lain secara umum (*tidak dipergunakan pada praktikum di TPB*)

Jika  $R = R(x)$  adalah fungsi dalam  $x$ , maka  $\Delta R = (dR/dx) \Delta x$ .

*Contoh:*  $A = \sin \theta$ , dan  $\theta = 30^\circ \pm 0.5^\circ$ .

Untuk keperluan perhitungan fungsi trigonometri, dipergunakan radian sebagai satuan dari sudut. Oleh karena satuan sudut pada fungsi diatas adalah derajat ( $^\circ$ ), maka satuan tersebut harus diubah menjadi radian. Sehingga diperoleh,

$$\begin{aligned} \Delta \theta &= 0.5/57 \text{ radian} = 0.0088 \text{ radian}, \text{ dan } \theta = \pi / 6 \text{ radian.} \\ \Delta A &= \cos \theta \Delta \theta = 0.866 \times 0.0088 = 0.0076 \approx 0.008. \end{aligned}$$

Apabila fungsi tersebut mempunyai variabel lebih dari satu,  $R = R(x, y, \dots)$ , untuk menentukan  $\Delta R$ , maka kita harus turunkan fungsi tersebut secara parsial. Jadi,

$$\Delta R = (\Delta R/\Delta x) \Delta x + (\Delta R/\Delta y) \Delta y + \dots$$

## VI. Angka Penting (Significant Figures)

Untuk menuliskan hasil pengukuran dari suatu kegiatan praktikum, maka kita perlu memperhatikan tata cara penulisan angka penting. Tingkat ketelitian dari suatu pengukuran akan tercermin dari

jumlah angka penting yang dituliskan pada laporan praktikum kita.

Angka penting atau significant figures adalah angka hasil perhitungan yang diperoleh dari kegiatan pengukuran dalam praktikum. Jumlah angka penting menunjukkan seberapa akurat dan

seberapa teliti hasil pengukuran kita terhadap suatu besaran tertentu.

### 1. Beberapa Ketentuan Tentang Penulisan Angka Penting

- Jika ada tanda titik yang menyatakan desimal (di Indonesia dinyatakan dengan koma), maka angka nol atau angka bukan nol yang terletak paling kanan merupakan angka penting paling kanan.

- Jika tidak ada tanda desimal, maka angka bukan nol yang terletak paling kanan merupakan angka penting paling kanan.

- Jika ada atau tidak ada tanda desimal, maka angka bukan nol yang terletak paling kiri merupakan angka penting paling kanan.

- Angka-angka yang berada diantara angka penting paling kiri atau angka penting paling kanan merupakan angka penting.

*Contoh,* Satu angka penting : 1; 1.0 ;  $100 \times 10^{-2}$  ;  $0.001 \times 10^{-3}$   
 Dua angka penting : 1.0 ;  $0.10 \times 10^1$  ;  $0.010 \times 10^2$  ;  $0.00010 \times 10^4$   
 Tiga angka penting : 1.00 ;  $0.100 \times 10^1$  ;  $0.010 \times 10^2$   
 Empat angka penting : 1234 ;  $1.234 \times 10^3$  ;  $0.1234 \times 10^4$  ;  $123400 \times 10^{-2}$   
 Lima angka penting : 123.000 ;  $1.2300 \times 10^2$  ;  $0.12300 \times 10^3$

### 2. Angka Penting Dari Hasil Pengukuran

Angka penting yang diperoleh dari hasil pengukuran terdiri dari angka pasti dan angka taksiran. Angka taksiran disebut sebagai angka yang diragukan (doubtful figure). Makin teliti suatu pengukuran, makin banyak jumlah angka penting yang dituliskan. *Misal,* untuk mengukur panjang benda dipergunakan penggaris yang mempunyai skala terkecil 1 mm. Dari hasil pengukuran, didapat:

$X = 12.5 \text{ mm} = 1.25 \times 10^{-2} \text{ m} \rightarrow 12 = \text{angka penting; dan } 0.5 = \text{angka taksiran.}$

Hasil pengukuran tersebut dituliskan dengan tiga angka penting. Hasil pengukuran tersebut dituliskan,

$X = (12.5 \pm 1.0) \text{ mm} = (12.5 \pm 1.0) \times 10^{-3} \text{ m} = (12.5 \pm 0.10) \times 10^{-2} \text{ m.}$

Jika pada pengukuran tersebut dipergunakan mikrometer yang mempunyai skala terkecil 0.01 mm, maka hasil pengukuran akan menjadi:

$X = (12.514 \pm 0.010) \text{ mm} = (12.514 \pm 0.010) \times 10^{-3} \text{ m}$

Hasil pengukuran ini ditulis dengan lima angka penting, yang terdiri dari angka pasti (12.51) dan angka taksiran (4)

### 3. Aturan Pembulatan Angka-angka Penting

Apabila jumlah angka penting pada suatu bilangan akan dikurangi, maka beberapa angka penting harus dihilangkan. Jika angka pertama yang dibuang adalah:

- kurang dari lima  $\rightarrow$  tidak dibulatkan
- lebih dari lima  $\rightarrow$  dibulatkan ke atas
- sama dengan lima  $\rightarrow$  dibulatkan ke atas jika angka sebelumnya ganjil.

*Contoh,* Untuk bilangan-bilangan: 1234; 1236; 1225; 1.232; 1.236; 1.2350; 1.2250; 0.9999 bila ditulis dalam tiga angka penting, maka akan menjadi : 1230; 1240; 1220; 1240; 1.23; 1.24; 1.24; 1.22; 1.00.

### 4. Perhitungan Angka Penting

- Penjumlahan dan Pengurangan

Penjumlahan dan pengurangan dilakukan sampai batas kolom pertama yang mengandung angka taksiran. Angka yang digarisbawah menyatakan angka taksiran.

*Contoh,* 1254.298

$$\begin{array}{r} 12.0 \\ 1.234 \\ \hline + \\ 1267.4 \end{array}$$

b. Perkalian dan Pembagian

Jumlah angka penting dari hasil perkalian atau pembagian antara dua atau lebih bilangan, adalah satu lebih banyak dari jumlah angka penting yang dipunyai oleh bilangan-bilangan yang dikalikan atau dibagikan tersebut.

*Contoh,*

1.  $1.55 \times 72.431 \times 125.025 = 14036.31295 = 1.404 \times 10^4$   
Pada perkalian tersebut, bilangan yang mempunyai jumlah angka penting paling kecil adalah 1.55, yaitu 3 angka penting. Jadi, hasil akhir harus mempunyai jumlah angka penting  $3 + 1 = 4$  angka penting.
2.  $41.125 \times \pi = 41.125 \times 3.14 = 129.1325 = 129.1 = 1.291 \times 10^2$ .
3.  $1.6 \times 10^{-19} \times 6.25 \times 10^{-34} = 10 \times 10^{-53} = 1.00 \times 10^{-52}$
4.  $3.3333/3 = 1.1111 = 1.1$
5.  $3.3333/3.0000 = 1.1111 = 1.11110$
6.  $(3 \times 10^8)/0.0001 = 30000 \times 10^8 = 3.0 \times 10^{12}$
7.  $(35.74 \pm 0.04)/(4.02 \pm 0.01) = 8.8905472 \pm 0.032066 = 8.890 \pm 0.032$

**Perhatikan:** Anda jangan pernah terkecoh oleh penunjukan angka hasil perhitungan yang berderet-deret begitu panjangnya di kalkulator !!.

\*\*\*\*\*

## PERCOBAAN MK-1

# MASSA JENIS ZAT PADAT BENTUK TERATUR

### I. TUJUAN PERCOBAAN:

- Terampil menggunakan jangka sorong dan mikrometer sekrup.
- Menentukan massa jenis zat padat berbentuk balok silinder pejal dan bola pejal.
- Membandingkan hasil pengukuran massa jenis zat padat dari dua metode yang berbeda.

### II. KAJIAN TEORI :

Massa jenis (rapat massa) suatu zat adalah massa tiap satuan volume atau dapat dirumuskan :

$$\rho = M/V \quad (1)$$

dengan  $\rho$  = massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )  $M$  = massa zat (kg) dan  $V$  = volume zat ( $\text{m}^3$ ). Jika massa dan volume zat diketahui maka massa jenis zat itu dapat ditentukan.

Massa zat dapat diketahui dengan cara menimbang zat itu dengan timbangan atau neraca teknis sehingga besaran massa dapat diukur langsung dengan alat ukurnya. Untuk mengukur langsung volume zat padat dapat dilakukan dengan memasukkan zat padat itu ke dalam gelas ukur yang berisi zat cair. Apabila zat itu tenggelam seluruhnya maka perubahan penunjukan volume itu merupakan volume dari zat padat tersebut.

Tetapi untuk mengukur volume zat padat besarnya tidak selalu dapat diukur langsung seperti itu karena terdapat zat padat yang massa jenisnya lebih kecil dari zat cair sehingga kalau zat padat tersebut

dimasukkan kedalam zat cair akan mengapung atau melayang (tidak tenggelam seluruhnya). Untuk mengukur volume zat padat yang teratur bentuk-nya (kontinu) dapat pula dilakukan secara

tidak langsung dengan mengukur perubahan (variabel) yang membangun-nya.

Volume balok dapat juga dilakukan dengan cara mengukur panjang lebar dan tinggi dari balok itu sehingga :

$$V_{\text{balok}} = p \times l \times t \quad (2)$$

dengan  $p$  = panjang balok  $l$  = lebar balok dan  $t$  = tinggi balok. Sedangkan volume silinder pejal dapat juga dilakukan dengan mengukur diameter dan panjang silinder itu sehingga :

$$\begin{aligned} V_{\text{silinder}} &= \pi (d/2)^2 \times p \\ &= 1/4 \pi d^2 \cdot p \end{aligned} \quad (3)$$

dengan  $d$  = diameter silinder,  $p$  = panjang silinder. Untuk volume bola pejal dapat juga dilakukan dengan mengukur diameter bola itu sehingga :

$$V_{\text{bola}} = (4/3) \pi (d/2)^3 \quad (4)$$

dengan  $d$  = diameter bola.

### III. METODE PERCOBAAN :

#### A. Alat dan bahan :

- |                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 1. Jangka sorong                  | 1 buah |
| 2. Mikrometer sekrup              | 1 buah |
| 3. Balok kecil (pejal) dari logam | 1 buah |
| 4. Silinder pejal dari logam      | 1 buah |
| 5. Bola pejal/kelereng            | 1 buah |
| 6. Gelas ukur 100 cc              | 1 buah |
| 7. Neraca tiga lengan             | 1 buah |
| 8. Air dan benang secukupnya.     |        |



## B. Rumusan Hipotesis dan Identifikasi Variabel

Rumusan hipotesis:

.....

Identifikasi variabel manipulasi, respon, dan kontrol.

.....

## C. Langkah Percobaan :

1. Menimbang zat padat (balok pejal silinder pejal dan bola pejal) dengan neraca teknis (timbangan).
2. Mengukur volume zat padat tersebut (bola silinder dan bola) dengan cara memasukkannya ke dalam gelas ukur yang telah berisi air sehingga teng-gelam seluruhnya. Perubahan penun-jukan volume pada gelas ukur adalah volume zat padat tersebut.  
Catatan : dalam memasukkan zat padat ke dalam gelas ukur digunakan benang agar zat padat tidak sampai memecah-kan gelas ukurnya.
3. Menentukan volume zat padat tersebut dengan cara mengukur peubah (variabel) masing-masing yang mem-bangunnya dengan menggunakan jangka sorong dan atau mikrometer sekrup.
4. Menghitung massa jenis dengan data-data baik yang diperoleh dengan meng-gunakan gelas ukur maupun jangka sorong/mikrometer sekrup kemudian hasil tersebut dibandingkan.

## IV. Data dan Analisis :

### a. Pengukuran dengan neraca

Benda	$m \pm \Delta m$
Balok	
Silinder	
Bola	

### b. Pengukuran dengan gelas ukur

Benda	$V_1 \pm \Delta V_1$	$V_2 \pm \Delta V_2$
Balok		
Silinder		
Bola		

### c. Pengukuran dengan jangka sorong/mikrometer sekrup

	$p \pm \Delta p$	$l \pm \Delta l$	$t \pm \Delta t$
Balok			
	$d \pm \Delta d$		$p \pm \Delta p$
Silinder			

	$d \pm \Delta d$
Bola	

Ketidakpastian pengukuran berulang menggunakan simpangan baku. Ketidakpastian akhir pengukuran dihitung dengan rambatan ralat.

#### **V. PERTANYAAN :**

1. Bagaimana cara anda untuk mengetahui bahwa zat padat ter-sebut massa jenisnya lebih besar atau lebih kecil dari massa jenisnya air padahal anda tidak mengetahui bahan zat padat itu?
2. Jika anda mendapati bahwa zat padat tersebut massa jenisnya ternyata lebih kecil dari massa jenisnya air sedangkan bentuk zat padat tersebut tidak kontinu bagaimana langkah anda dalam menentukan massa jenis zat padat tersebut?
3. Dapatkah metode pengukuran massa jenis di atas digunakan untuk mengukur massa jenis zat cair? berikan penjelasan.

## PERCOBAAN MK-2

# HUKUM NEWTON TENTANG GERAK

### I. TUJUAN PERCOBAAN :

- Memahami hukum Newton tentang gerak.
- Memahami prinsip gerak lurus berubah beraturan.
- Menentukan percepatan gerak benda.

### II. KAJIAN TEORI :

Gaya penggerak didefinisikan sebagai perubahan momentum tiap detik yang dirumuskan sebagai:

$$\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt \quad (1)$$

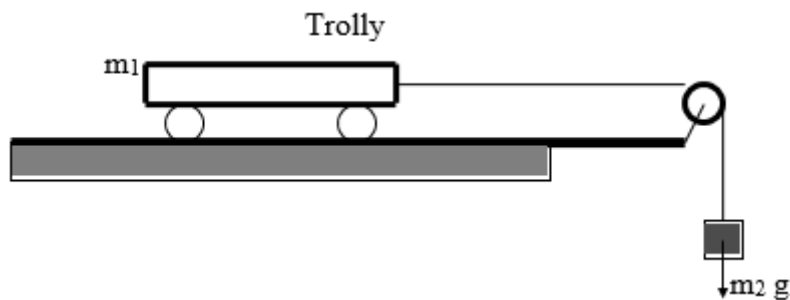
dengan  $\mathbf{F}$  = gaya penggerak,  $\mathbf{p}$  = momentum dan  $t$  = waktu.

Persamaan (1) pertama kali diutarakan oleh Newton sehingga dinamakan hukum II Newton tentang gerak. Karena momentum adalah perkalian massa dengan kecepatan gerak ( $\mathbf{p} = m \mathbf{v}$ ) persamaan (1) lazim dituliskan :

$$\mathbf{F} = d(m \mathbf{v})/dt = m dv/dt = m \mathbf{a} \quad (2)$$

dengan  $m$  = massa benda  $a$  = percepatan benda.

Ditinjau suatu kereta (trolley) bermassa  $m$  berada di atas papan luncur digerakkan oleh beban  $w = m g$  (gambar 1).



Gambar 1.  
Trolly di atas papan luncur

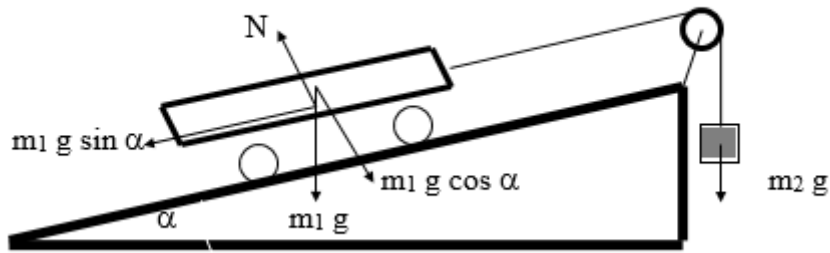
Jika gaya gesekan roda trolley dan benang diabaikan maka berlaku :

$$m_2 g = (m_1 + m_2) a \quad (3)$$

Jika trolley tersebut berada pada bidang miring yang membentuk sudut  $\alpha$  terhadap bidang datar (gambar

2) dengan mengabaikan gaya gesekan pada roda trolley dan benang untuk gerak miring ke atas, maka berlaku :

$$m_2 g - m_1 g \sin \alpha = (m_1 + m_2) a \quad (4)$$



Gambar 2.  
Trolley pada bidang miring

sedangkan untuk gerak miring ke bawah berlaku :

$$m_1 g \sin \alpha - m_2 g = (m_1 + m_2) a \quad (5)$$

Karena trolley tersebut bergerak dengan percepatan  $a$  jika jarak yang ditempuh dan waktunya di ukur akan berlaku :

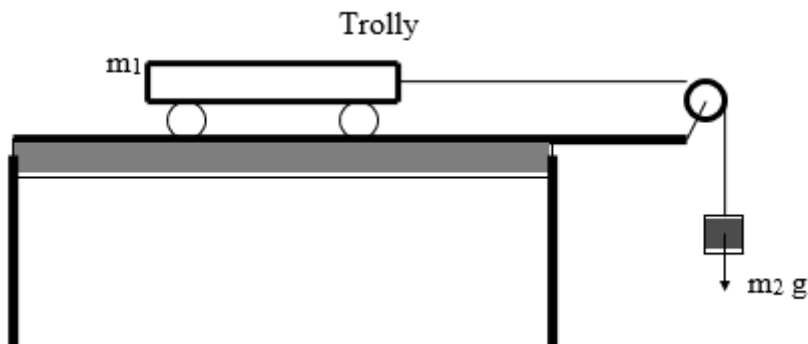
$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

atau dapat dituliskan

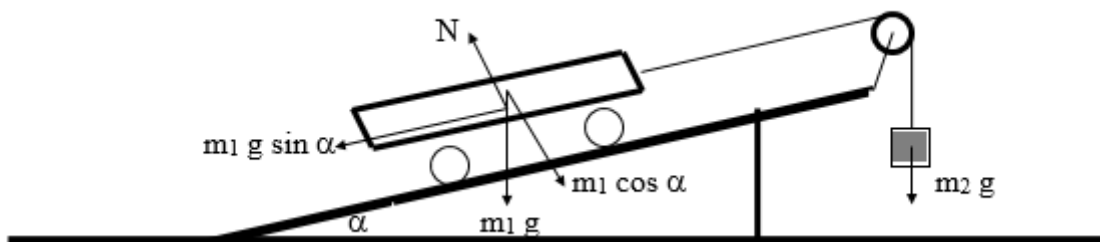
$$a = 2 s / t^2 \quad (6)$$

### III. METODE PERCOBAAN :

#### A. Rancangan Percobaan :



Gambar 3.  
Percepatan gerak trolley pada papan luncur



Gambar 4.  
Percepatan trolley pada bidang miring

**B. Alat dan Bahan :**

- |                       |        |
|-----------------------|--------|
| 1. Papan luncur       | 1 buah |
| 2. Katrol             | 1 buah |
| 3. Trolley            | 1 buah |
| 4. Beban              | 1 set  |
| 5. Meteran            | 1 buah |
| 6. Busur derajat      | 1 buah |
| 7. Neraca tiga lengan | 1 buah |
| 8. Stop Watch         | 1 buah |
| 9 Benang nilon        |        |

**C. Rumusan Hipotesis dan Identifikasi Variabel**

Rumusan hipotesis:

.....

.....

Identifikasi variabel manipulasi, respon, dan kontrol.

.....

.....

**D. Langkah Percobaan :****Arah Mendatar :**

1. Menimbang trolley ( $m_1$ ) kemudian merakit peralatan seperti gambar 3.
2. Memberi sedikit beban ( $m_2$ ) hingga trolley dapat berjalan pelan dipercepat.
3. Menetapkan jarak lintasan pada papan luncur (cukup panjangnya).

4. Menarik trolley pada satu ujung lintasan kemudian ditahan.
5. Melepaskan trolley dan secara serentak mengukur waktu tempuh melintasi jarak yang telah ditetapkan tersebut.
6. Mengulangi langkah (3) sampai (5) dengan jarak lintasan yang berbeda (minimal 3 kali).
7. Dari data pengukuran yang diperoleh dihitung percepatan gerak benda baik dengan persamaan (4) maupun (6) kemudian hasilnya dibandingkan.

**Arah Miring :**

1. Langkah serupa diterapkan untuk arah miring dengan sudut kemiringan  $\alpha$  baik untuk arah gerak miring ke atas maupun arah miring ke bawah.
2. Dari data pengukuran yang diperoleh dihitung percepatan gerak benda baik dengan persamaan (5) maupun (6) kemudian hasilnya dibandingkan.

**IV. Data dan Analisis :**

Arah mendatar

Perc. ke	$m_1 \pm \Delta m_1$	$m_2 \pm \Delta m_2$	$s \pm \Delta s$	$t \pm \Delta t$
1				
2				
3				
.....				

Arah miring

Perc. ke	$\alpha \pm \Delta \alpha$	$m_1 \pm \Delta m_1$	$m_2 \pm \Delta m_2$	$s \pm \Delta s$	$t \pm \Delta t$
1					
2					
3					
.....					

Ketidakpastian hasil pengukuran diperoleh dari rambatan ralat, perbandingan hasil dengan uji kecocokan, sedangkan hasil akhir pengukuran dan ketidakpastiannya menggunakan rata-rata berbobot.

#### V. PERTANYAAN :

1. Dapatkah pada sistem seperti gambar (1) dan gambar (2) mempunyai percepatan nol ( $a=0$ )? Jika dapat apa artinya?
2. Berapakah nilai  $T_1$ ,  $T_2$  dan  $T_3$  pada sistem berikut (gambar 5)?



Gambar 5

**A. TUJUAN PERCOBAAN**

1. Menentukan konstanta pegas spiral pada alat momen inersia
2. Menentukan momen inersia diri alat momen inersia
3. Menentukan momen inersia benda.

**B. KAJIAN TEORI****1. Konstanta Pegas dan Momen Inersia Diri Alat**

Bila pada sebuah benda bekerja gaya ( $F$ ) tegak lurus terhadap  $R$ , dengan  $R$  adalah jari-jari benda, besar momen gaya (torsi, torka) yang timbul:

$$\tau = R \times F \quad (1)$$

Apabila torka tersebut bekerja pada benda yang putarannya ditahan oleh pegas spiral, dalam hal ini adalah spiral pada alat momen gaya, besar torka itu sebanding dengan simpangan ( $\theta$ ), yang dapat ditulis:

$$\tau = -\kappa\theta \quad (2)$$

Dengan  $\kappa$  adalah konstanta spiral/pegas. Dari persamaan (1) dan (2) diperoleh

$$\theta = \frac{R}{\kappa} F \quad (3)$$

Persamaan (3) menunjukkan simpangan sebanding dengan gaya. Jika dibuat grafik simpangan terhadap gaya, berupa garis lurus dengan kemiringan tertentu.

Torka yang bekerja pada alat momen inersia sebanding dengan momen inersia ( $I$ ), dan percepatan sudut (

$$\alpha = \frac{d^2\theta}{dt^2}), \text{ dituliskan:}$$

$$\tau = I\alpha$$

$$\tau = I \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (4)$$

Maka, persamaan (2) dapat ditulis kembali:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\kappa\theta$$

Atau

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{\kappa}{I}\theta = 0 \quad (4)$$

Dengan  $I$  adalah momen inersia benda terhadap sumbu putar.

Persamaan (4) merupakan persamaan getaran (osilasi) sederhana dengan periode:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\kappa}} \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan (5), Anda dapat mengetahui besar momen inersia pada Alat Momen Inersia ini dengan mengukur periode osilasinya, yakni:

$$I_0 = \frac{\kappa}{4\pi^2} T_0^2 \quad (6)$$

dengan  $I_0$  adalah momen inersia diri dan  $T_0$  adalah periode diri Alat Momen Inersia.

**2. Momen Inersia Benda**

Sesuai persamaan (5), apabila sebuah benda dipasangkan pada Alat Momen Inersia, kemudian diosilasikan, periode osilasinya adalah:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{\kappa} (I + I_0) \quad (7)$$

dengan  $I$  adalah momen inersia benda.

Dari persamaan (6) dan (7), momen inersia benda yang terpasang

pada Alat Momen Inersia dapat diketahui dengan persamaan:

$$I = \left( \frac{T^2}{T_0^2} - 1 \right) I_0 \quad (8)$$

Sebagai catatan, momen inersia berpadanan dengan  $m$  untuk gerak linear, secara matematis dapat diperoleh dengan

$$I = \int r^2 dm$$

Momen inersia untuk benda-benda berbentuk teratur ditunjukkan pada tabel di bawah:

**Tabel 1.**  
**Momen Inersia Benda**

No	Nama Benda	Letak Sumbu	Momen Inersia
1.	Silinder pejal	Pada sumbu silinder	$\frac{mR^2}{2}$
2.	Silender pejal	Pada diameter pusat	$\frac{mR^2}{4} + \frac{ml^2}{12}$
3.	Silinder berongga	Pada sumbu silinder	$\frac{m}{2}(R_1^2 + R_2^2)$
4.	Bola pejal	Pada diameter	$\frac{2mR^2}{5}$
5.	Bola berongga	Pada diameter	$\frac{2mR^2}{3}$

### 3. ALAT DAN BAHAN

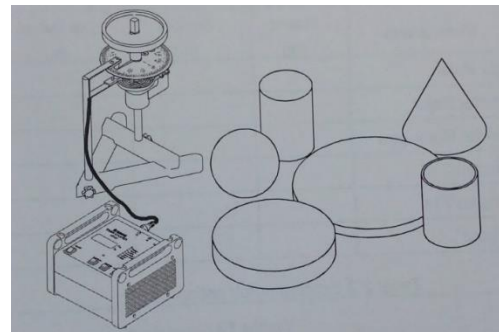
**Tabel 2.**  
**Alat dan bahan Percobaan**

No	Nama	Spesifikasi	Jml
1.	Neraca	Tiga lengan	1 set
2.	Alat Momen Inersia	Pudak PMK 380	1 set
3.	Gerbang Cahaya	standar	1 bh

4.	Perangkat Beban	standar	1 set
5.	Pencacah pewaktu	AT 01	1 bh
6.	Jangka Sorong	standar	1 bh
7.	Benang nilon	roll	1 m

### 4. PROSEDUR PERCOBAAN

#### a. Menentukan Konstanta Pegas dan Momen Inersia Diri Alat



Gambar 1.

Setup untuk Percobaan a dan b

Pasanglah Alat Momen Inersia pada dasar statif. Ikatkan benang nilon pada salah satu baut yang ada pada tepi kedudukan silinder kemudian lilitkan benang tersebut beberapa lilitan. Baringkan Alat Momen Inersia di bagian tepi meja. Lihat Gambar 1.

#### b. Menentukan Konstanta Pegas

- 1) Timbanglah massa tiap-tiap beban.
- 2) Pastikan jarum penunjuk simpangan pada posisi nol.
- 3) Gantungkan satu beban pada benang, amati besar simpangan yang terjadi. Catat sebagai  $\theta_1$ . Catat hasilnya pada Tabel 3. Lakukan beberapa kali



- 4) Tambahkan 1 buah beban lagi, Amati dan catat simpangan  $\theta$  dalam Tabel 3. Lakukan beberapa kali
- 5) Ulangi kegiatan 4 dengan menambah (mengubah massa) beban.

**Tabel 3.**  
**Simpangan Alat Momen Inersia untuk Beban Tertentu**

$m$ (g)	Simpangan ( $\theta$ )					
	I	II	III	IV	V	Rata-rata
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

**c. Menentukan Momen Inersia Diri Alat Momen Inersia**

- 1) Tegakkan kembali alat momen inersia. Buka benang yang terpasang padaudukan silinder.
- 2) Pasang gelombang cahaya pada dasar statif bila belum terpasang. Atur posisinya sehingga jarum penunjuk pada alat dapat melintasi gerbang cahaya.
- 3) Hubungkan gerbang cahaya dengan alat pencacah pewaktu AT-01 (Gambar 2).
- 4) Hubungkan alat pencacah pewaktu dengan tegangan 220 V kemudian nyalakan.
- 5) Mengatur pencacah waktu untuk bias mengukur dalam waktu sekon setelah itu pilih

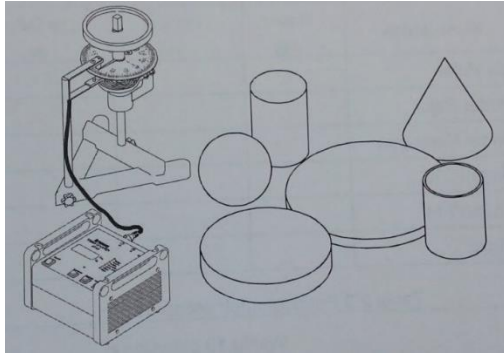
fungsi **CYCLE** dengan menekan tombol **FUNCTION**. Tekan tombol **CH. OVER** sebanyak 10 kali untuk membatasi 10 getaran yang akan teramati.

- 6) Simpangkan kedudukan silinder sampai menunjukkan angka  $180^\circ$  kemudian lepaskan, sehingga terjadi gerakan bolak-balik atau osilasi.
- 7) Amati pencacah pewaktu. Pencacah pewaktu akan menghitung mundur jumlah getaran. Setelah 10 getaran alat tersebut otomatis akan menampilkan waktu untuk 10 getaran. Catat waktu tersebut pada Tabel 4 Sebagai  $t_1$ .
- 8) Tekan tombol **FUNCTION** satu kali untuk meng-nol-kan yang tampil di layar.
- 9) Ulangi langkah 5 s.d. 7, catat waktunya sebagai  $t_2$ ,  $t_3$ , dan seterusnya.
- 10) Hitung waktu rata-rata 10 getaran, kemudian hitung periode osilasi tersebut (dengan membagi 10). Catat pada Tabel 4 sebagai  $T_0$ .

**Tabel 4.**  
**Periode Diri Alat Momen Inersia**

Waktu 10 getaran (s)						Periode diri, $T_0$
I	II	III	IV	V	Rata-rata	

#### d. Menentukan Momen Inersia Benda



Gambar 2.

#### Rancangan Percobaan Momen Inersia

##### Langkah Pelaksanaan Praktikum

- 1) Susun alat seperti Gambar 2.
- 2) Timbanglah semua benda yang akan ditentukan momen inersianya. Catat hasilnya pada Tabel 5.
- 3) Ukurlah tinggi dan/atau diameter tiap benda. Catat hasilnya pada Tabel 5.
- 4) Rangkailah benda (subyek praktikum misalnya bola pejal) pada bagian atas alat momen inersia. Pastikan benda terangkai dengan rapat agar osilasi benda dapat sempurna.
- 5) Hubungkan alat pencacah pewaktu dengan tegangan 220 V kemudian nyalakan. Pilih fungsi **CYCLE** dengan menekan tombol **FUNCTION**. Tekan tombol **CH. OVER** sebanyak 10 kali untuk membatasi 10 getaran yang akan teramati.
- 6) Simpangkan bola pejal (benda subyek praktikum) sampai  $180^\circ$  kemudian lepaskan, sehingga terjadi gerakan bolak-balik atau osilasi, catat waktu untuk 10 getaran pada Tabel 5 sebagai  $t_1$ .

- 7) Tekan tombol **FUNCTION** satu kali untuk meng-nol-kan yang tampil di layar.
- 8) Ulangi langkah 5 s.d. 7, catat waktunya sebagai  $t_2$ ,  $t_3$ , dan seterusnya.
- 9) Hitung waktu rata-rata 10 getaran, kemudian hitung periode osilasi tersebut (dengan membagi 10). Catat pada Tabel 5 sebagai  $T$ .
- 10) Ganti bola pejal dengan benda sesuai urutan pada Tabel 5. Lakukan langkah 6 s.d. 9 untuk setiap benda. Catat hasilnya pada Tabel 5.

**Tabel 5.**  
**Periode untuk Setiap Benda**

Nama Benda	Waktu 10 getaran (s)						Periode, $T$
	I	II	III	IV	V	Rata-rata	
Bola pejal							
Silinder Pejal							
Silinder Berongga							

##### Pertanyaan

1. Pada percobaan diatas, benda-benda memiliki massa yang memiliki massa yang sama (hampir sama). Bagaimana momen inersianya, sama atau berbeda? Mengapa?
2. Apa yang anda ketahui mengenai momen inersia sebuah benda
3. Apakah bentuk benda mempengaruhi momen inersia benda tersebut, mengapa?

##### e. Kesimpulan

Berdasarkan percobaan diatas tentang momen inersia pada alat inersia dan momen inersia pada benda. Apa yang dapat anda simpulkan?

**f. Menentukan Konstanta pegas**

**(Analisis)**

**1) Menentukan Konstanta Pegas**

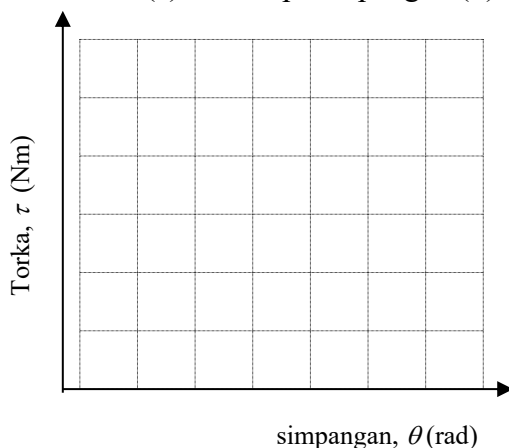
- Hitunglah gaya yang bekerja, yakni berupa berat beban (massa kali percepatan gravitasi,  $g = 9,80 \text{ ms}^{-2}$ ).
- Hitung torka untuk setiap gaya, dengan mengalikan gaya dengan  $R$ ,  $R = 4,500 \text{ cm}$  (bila perlu ukur lagi  $R$ )!
- Ubah satuan simpangan ( $\theta$ ) dalam radian.
- Buat grafik simpangan terhadap torka.
- Dari gradien kemiringan grafik, didapatkan konstanta spiral ( $\kappa$ ).

**Tabel 6.**

**Perhitungan Konstanta Spiral Alat**

$m$ (kg)	$F$ (N)	$\tau = F \times R$ (Nm)	$\theta_{\text{rata}}$ (der)	$\theta_{\text{rata}}$ (rad)

Grafik Torka ( $\tau$ ) terhadap Simpangan ( $\theta$ )



Konstanta spiral = kemiringan grafik = ...  
Nm/rad

**a. Menentukan Momen Inersia Diri Alat**

Masukkan hasil perhitungan data  $T_0$  Tabel 4 ke persamaan (6) untuk memperoleh harga momen inersia diri alat.

**b. Menentukan Momen Inersia Benda**

Masukkan hasil perhitungan data  $T_0$  dan  $T$  dan momen diri alat ke persamaan (8) untuk memperoleh harga momen inersia benda.

**C. PERTANYAAN**

- Apa yang mempengaruhi besar konstanta spiral?
- Bandingkan momen inersia hasil pengukuran dengan secara teori (ukur dimensi benda dan massa benda, masukkan ke rumus I). Analisislah apa penyebab perbedaan itu.
- Jika benda memiliki massa sama, namun bentuk berbeda (misalnya silinder dengan bola pejal), apa pengaruh bentuk itu dalam gerak benda?

**D. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis, buatlah pernyataan yang menjawab tujuan kegiatan ini.

**E. DAFTAR PUSTAKA**

- Pudak Scientific. *Manual Percobaan Alat Inersia*.

### I. Tujuan

- Membedakan grafik hubungan antara jarak dengan waktu pada peristiwa GLB dan GLBB.

### II. Kajian Teori

Suatu benda bergerak dengan kelajuan konstan pada suatu lintasan garis lurus, maka dikatakan bahwa benda tersebut bergerak lurus beraturan. Jarak yang ditempuh  $s$  selama waktu  $t$  dengan kelajuan  $v$  adalah:

$$s = v \cdot t \quad (1)$$

dengan:  $s$  = jarak tempuh (m)

$v$  = kelajuan (m/s)

$t$  = waktu tempuh (s)

pada gerak lurus beraturan, kecepatan benda setiap saat selalu konstan, artinya kecepatan awal sama dengan kecepatan akhir. Oleh karena itu, jarak yang ditempuh benda berbanding lurus dengan waktu.

Benda melakukan gerak lurus berubah beraturan apabila benda selama geraknya menempuh lintasan lurus dengan kelajuan berubah setiap sekon, artinya dalam selang waktu yang sama benda akan menempuh jarak yang berbeda.

### III. Langkah Percobaan

*Percobaan GLB*

Sehingga dapat didefinisikan bahwa gerak lurus berubah beraturan adalah gerak suatu benda yang lintasannya berupa garis lurus dan kecepatannya berubah secara teratur. Pada peristiwa GLBB, Jarak yang ditempuh oleh benda memenuhi persamaan:

$$S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (2)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa jarak sebanding dengan waktu kuadrat atau berbentuk garis eksponensial.

#### Rencana Eksperimen

##### a. Rumusan hipotesis:

.....  
.....  
.....

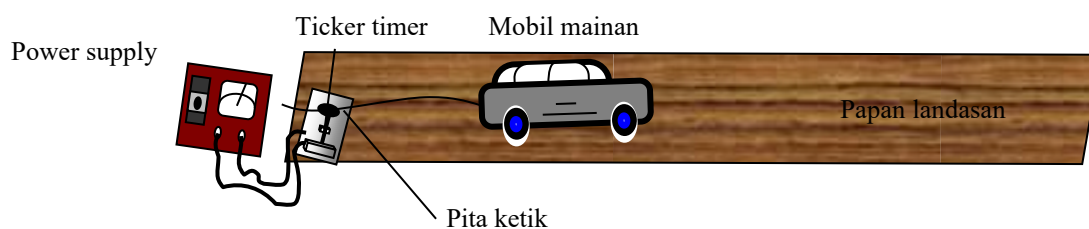
##### b. Identifikasi variabel dan definisi operasional variabel manipulasi, respon, dan kontrol.

.....  
.....  
.....

##### c. Prosedur Eksperimen

###### Alat dan Bahan

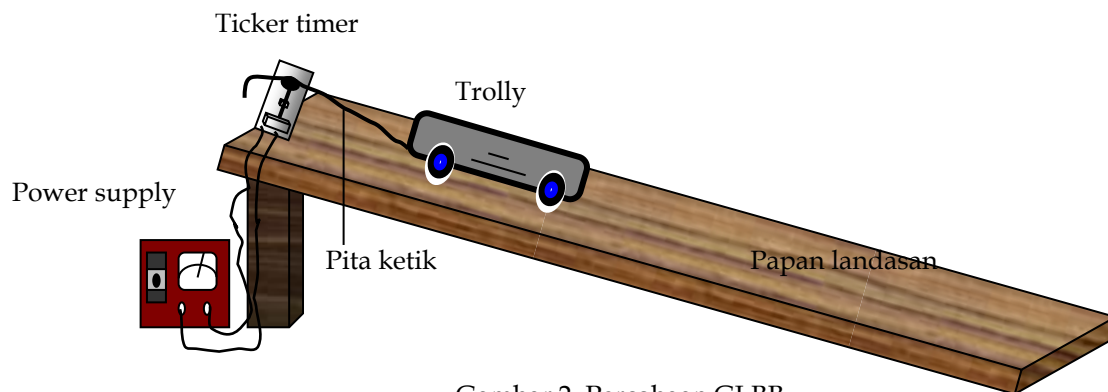
- |                     |        |
|---------------------|--------|
| ▪ Mobil-mobilan     | 1 buah |
| ▪ Pita Ticker timer | 1 buah |
| ▪ Ticker timer      | 1 buah |
| ▪ Papan landasan    | 1 buah |
| ▪ Power supply      | 1 buah |



Gambar 1. Percobaan GLB

1. Merangkai alat seperti gambar diatas. Hubungi pembimbing sebelum dinyalakan.
2. Hidupkan power supply dan dalam waktu tertentu (misalnya 10 detik) matikan
3. Amati jarak antara titik titik tersebut pada pita kertas dan potonglah setiap 5 titik dan tempelkan pada kertas
4. Buat grafik hubungan waktu dan jarak dengan menghubungkan setiap ujung potongan kertas dengan sebuah garis.
5. Ulangi langkah 2 s/d 4 beberapa kali.

### Percobaan GLBB



Gambar 2. Percobaan GLBB

1. Sekarang buatlah bidang datar tersebut dengan kemiringan tertentu.
2. Dengan jalan yang sama pada percobaan GLB buatlah grafik untuk percobaan yang kedua.
3. Buat grafik hubungan waktu dan jarak dengan menghubungkan setiap ujung potongan kertas dengan sebuah garis.
4. Ulangi langkah 2 s/d 4 beberapa kali.

### IV. Data dan Analisis



Diskusikan perbedaan grafik GLB dan GLB berdasarkan hasil percobaan yang Anda peroleh.

### V. Daftar Pustaka

Tim Fisika Dasar UNESA. 2008. *Panduan Praktikum Fisika Dasar I*. Jurusan Fisika FMIPA UNESA.  
Zemansky, S. 1994. *Fisika Untuk Universitas I*. Binacipta Edisi Indonesia

**I. TUJUAN PERCOBAAN:**

- Memahami konsep hukum ke 0 Termodinamika (kesetimbangan termal).
- Menentukan harga air kalorimeter.

**II. TEORI:**

Jika antara dua benda yang berbeda suhunya terjadi kontak termal, maka benda yang suhunya lebih tinggi akan memberikan panas (kalor) kepada benda yang suhunya lebih rendah. Proses tersebut berlangsung terus sampai dicapai suhu kesetimbangan. Selama proses tersebut memenuhi asas Black: "Jumlah panas yang diserap oleh benda yang suhunya lebih rendah sama dengan jumlah panas yang suhunya lebih tinggi".

Yang dimaksud dengan harga air kalorimeter adalah banyaknya panas yang diperlukan untuk menaikkan satu satuan derajat suhu kalorimeter tersebut. Jika bahan kalorimeter diketahui, yang dimaksudkan dengan harga air tersebut sama dengan kapasitas panas dari kalorimeter tersebut. Karena bahan kalorimeter biasanya sering tidak diketahui (panas jenisnya tidak diketahui), harga air kalorimeter sering ditentukan dengan menggunakan *Asas Black*.

Misalkan air bermassa  $m_1$  dengan suhu  $t_1$  dimasukkan ke dalam kalorimeter yang telah berisi air bermassa  $m_2$  dengan suhu  $t_2$ , jika  $t_1 > t_2$  maka setelah terjadi perpindahan panas sampai dicapai kesetimbangan termal berlaku:

$$\text{Jumlah panas yang diterima} = \text{jumlah panas yang diberikan}$$

$$m_1 c_{\text{air}} (t_1 - t_2) = (M_{\text{kal}} c_{\text{kal}} + m_2 c_{\text{air}})(t_a - t_2) \quad (1)$$

Karena  $c_{\text{air}}$  (panas jenis air murni) = 1 dan  $M_{\text{kal}} c_{\text{kal}} = H$ , maka :

$$H = \frac{m_1 (t_1 - t_2) - m_2 (t_a - t_2)}{(t_a - t_2)} \quad (2)$$

dengan:

$m_1$  = massa air dengan suhu  $t_1$

$m_2$  = massa air dengan suhu  $t_2$

$t_a$  = suhu akhir (suhu kesetimbangan)

**III. METODE PERCOBAAN:****A. Alat dan Bahan:**

1. Kalorimeter	1 buah
2. Termometer	2 buah
3. Neraca teknis	1 buah
4. Bejana (gelas/plastik) 100cc	1 buah
5. Bejana logam	1 buah
6. Kompor	1 buah
7. Stop Watch	1 buah
8 Air murni	

**B. Rumusan Hipotesis dan Identifikasi Variabel**

Rumusan hipotesis:

.....  
 .....  
 Identifikasi variabel manipulasi, respon, dan kontrol.  
 .....

**C. Langkah Percobaan :**

1. Memasukkan air yang telah ditimbang massanya ( $m_2$ ) ke dalam kalorimeter, kemudian suhunya diukur ( $t_2$ ).
2. Memanaskah sejumlah air yang telah ditimbang bermassa  $m_1$  dalam bejana logam sampai suhunya  $t_1 > t_2$ .
3. Kemudian dengan cepat menuangkan air yang telah dipanaskan tersebut kedalam kalorimeter yang telah berisi air lebih dingin.
4. Sambil diaduk pelan-pelan dicatat suhunya sampai diperoleh suhu yang tidak berubah lagi (tetap). Suhu yang tetap tersebut adalah suhu akhir/setimbang ( $t_a$ ).
5. Mengulangi percobaan tersebut beberapa kali (minimal 3 kali) dengan variasi massa dan suhu yang berbeda-beda.

#### IV. Data dan Analisis :

Per. ke	$m_1 \pm \Delta m_1$	$t_1 \pm \Delta t_1$	$m_2 \pm \Delta m_2$	$t_2 \pm \Delta t_2$	$t_a \pm \Delta t_a$	$H \pm \Delta H$
1						
2						
3						
Rata-rata						

**Keterangan:**

$C_{air}$ : ....

$m_{kalorimeter}$ : ....

Ketidakpastian hasil pengukuran dihitung dengan perambatan ralat, perbandingan hasil menggunakan uji kecocokan, dan hasil akhir pengukuran beserta ketidakpastiannya dihitung dengan rata-rata berbobot.

#### V. PERTANYAAN :

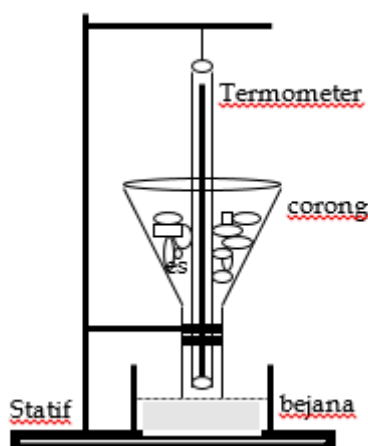
1. Jika massa dan bahan kalorimeter diketahui, bagaimanakah cara lain yang lebih tepat digunakan selain dengan percobaan di atas untuk menentukan harga air kalorimeter tersebut?
2. Apakah dalam percobaan tersebut tekanan udara berpengaruh?

**I. TUJUAN PERCOBAAN :**

- Menentukan skala pada termometer
- Tanggap terhadap penunjukan termometer

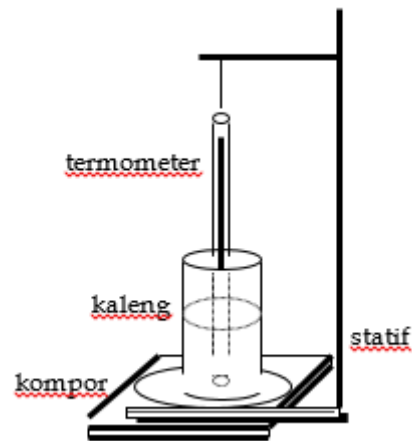
**II. DASAR TEORI :**

Pada skala Celsius dipilih dua suhu acuan atau dua titik tetap. Dua titik tetap ini adalah titik beku air yaitu suhu es yang sedang mencair pada suhu udara 1 atm, dan titik didih air yaitu suhu air murni yang mendidih pada tekanan 1 atm, yang masing masing didefinisikan sebagai 0 °C dan 100 °C. Jarak antara ujung air raksa dalam pipa kapiler dari termometer air raksa pada titik beku air dan pada titik didih dibagi menjadi 100 bagian yang sama dan tiap bagiannya 1 derajat.

**III. METODE PERCOBAAN :****A. Rancangan Percobaan :**

Gambar 1

*Termometer tidak berskala dimasukkan dalam potongan-potongan es*



Gambar 2

*Termometer tidak berskala dimasukkan dalam air mendidih*

**B. Alat dan Bahan :**

- |                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 1. Model termometer tidak berskala | 1 buah |
| 2. Corong bening (plastik/kaca)    | 1 buah |
| 3. Bak plastik                     | 1 buah |
| 4. Statif                          | 2 buah |
| 5. Kaleng lengkap dengan tutup     | 1 buah |
| 6. Kompor listrik                  | 1 buah |
| 7. Termometer standar              | 1 buah |
| 8. Es dan air murni                |        |

**C. Rumusan Hipotesis dan Identifikasi Variabel**

Rumusan hipotesis:

.....

Identifikasi variabel manipulasi, respon, dan kontrol.

.....

**D. Langkah Percobaan :**

1. Termometer tidak berskala digantungkan dan dimasukkan dalam corong dan disela-selanya ditimbuni dengan potong-



an-potongan es seperti gambar 1. Dibiarkan beberapa saat sehingga es melebur dan tampak dibagian bawah corong menetes air. Jika esnya habis ditambah lagi sampai permukaan air raksa dari termometer berhenti bergerak. Selanjutnya tempat berhentinya permukaan air raksa tersebut diberi tanda dengan benang atau spidol dan tempat ini disebut dengan titik tetap bawah (titik  $0^{\circ}\text{C}$ ). Untuk menentukan titik tetap atas (titik  $100^{\circ}\text{C}$ ) pada skala termometer, dapat dilakukan dengan menyusun alat seperti gambar 2. Mengisi kaleng dengan air murni (tidak perlu penuh) kemudian mendidihkan air dalam kaleng tersebut dengan kompor. Memasukkan termometer tidak berskala melalui lubang tutupnya dan dibiarkan beberapa saat di dalam kaleng ditunggu sampai air raksa dalam termometer tidak berubah kemudian memberinya tanda dengan benang atau spidol.

2. Dengan menggunakan kertas milimeter dan batas-batas yang telah diperoleh dari percobaan, dibuat skala termometer untuk rentang  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$ .
3. Membandingkan skala yang telah diperoleh dari percobaan tadi dengan skala termometer standar.
4. Menggunakan termometer standar dan termometer tidak berskala bersamaan untuk mengukur beberapa nilai suhu sekitar. Mencatat nilai suhu dari termometer standar dan menandai titik yang ditunjukkan termometer tidak berskala tadi. Memeriksa berapa nilai suhu yang ditunjukkan termometer tidak berskala tadi dengan skala yang telah dibuat kemudian membandingkannya dengan hasil yang dicatat dari termometer standar.

**Catatan :** selama percobaan diamati suhu ruang dan tekanan udara.

#### IV. Data dan Analisis :

Termometer yang telah diberi skala tersebut bersama-sama termometer standar

digunakan untuk mengukur suhu tertentu dengan hasil sbb :

Perc. ke	Termometer standar $^{\circ}\text{C}$	Pada skala mm	Suhu pada skala yang dibuat ( $^{\circ}\text{C}$ )
1			
2			
3			
4			
5			
6			
.....			

#### V. PERTANYAAN :

1. Apakah yang dimaksud dengan menara? Jika anda diminta untuk menara termometer badan, apakah yang dipakai sebagai standar peneraan dan bagaimana caranya?
2. Bolehkah termometer badan di tera langsung dengan es mencair dan air mendidih? Berikan penjelasan!
3. Mengapa selama percobaan perlu memperhatikan tekanan udara dan suhu ruang

**PERCOBAAN**  
**T-3**

## PANAS JENIS ZAT PADAT

### I. TUJUAN PERCOBAAN :

- Menentukan panas jenis zat padat

### II. DASAR TEORI :

Panas jenis suatu zat adalah bilangan yang menunjukkan berapa kalori yang diperlukan untuk memanaskan satu satuan massa dari zat dengan kenaikan suhu sebesar  $1^{\circ}\text{C}$ . Untuk memanaskan  $m$  gram massa dengan kenaikan suhu sebesar  $\Delta t$  diperlukan kalor sebesar :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (1)$$

dengan  $c$  = panas jenis.

Panas jenis suatu zat ternyata tidak tetap bergantung pada suhu. Panas jenis biasanya disebutkan untuk rentang suhu tertentu. Panas jenis dalam hal ini adalah panas rata-rata untuk rentang suhu tersebut. Panas jenis dapat ditentukan dengan kalorimeter. Jika tidak ada pertukaran kalor antara kalorimeter dengan sekelilingnya maka berlaku :

$$m_b \cdot c_b \cdot (t_b - t_2) = (m_a \cdot c_k + m_k \cdot c_k)(t_2 - t_1) + m_p \cdot c_p \cdot (t_a - t_1) \quad (2)$$

dengan :

- $m_b$  = massa benda padat
- $c_b$  = panas jenis benda padat
- $m_p$  = massa termometer
- $c_p$  = panas jenis termometer
- $c_k$  = panas jenis kalorimeter
- $m_k$  = massa kalorimeter
- $t_b$  = suhu benda padat
- $m_a$  = massa air
- $t_1$  = suhu awal kalorimeter
- $t_2$  = suhu akhir

Pertukaran kalor dengan sekelilingnya dapat dikurangi dengan kalorimeter yang sempurna. Dalam persamaan di atas tidak ada suhu yang menyatakan kalor yang diperlukan untuk penguapan air berarti dalam percobaan ini penguapan air harus dapat diabaikan.

### III. METODE PERCOBAAN :

#### A. Alat dan Bahan :

- 1. Kalorimeter dengan pengaduk 1 buah
- 2. Termometer 1 buah

- 3. Bejana pemanas 1 buah
- 4. Kompor listrik 1 buah
- 5. Air murni dan benda padat

#### B. Rumusan Hipotesis dan Identifikasi Variabel

Rumusan hipotesis:

.....

.....

Identifikasi variabel manipulasi, respon, dan kontrol.

.....

.....

#### C. Langkah Percobaan:

1. Menimbang massa kalorimeter kosong.
2. Menimbang massa pengaduk.
3. Mengisi kalorimeter dengan air murni kemudian ditimbang.
4. Memasukkan kalorimeter pada tempatnya dan mencatat suhu awal.
5. Menimbang massa benda padat.
6. Mengisi bejana pemanas dengan air dan memasukkan benda padat kedalamnya kemudian dipanaskan hingga suhu tertentu. Mencatat suhunya sebagai suhu benda padat.
7. Mengangkat benda padat dari bejana dididih dan dengan cepat memasukkannya kedalam kalorimeter.
8. Mengaduk-aduk dan mengamati suhu maksimum dan mencatatnya sebagai suhu akhir.
9. Mengulangi beberapa kali (minimal 3 kali) dengan jumlah air murni yang berbeda-beda.

#### IV. Data dan Analisis :

Besaran yang diukur	Percobaan ke :			
	1	2	3	.....
$m_b \pm \Delta m_b$				
$m_p \pm \Delta m_p$				
$m_k \pm \Delta m_k$				
$t_b \pm \Delta t_b$				

Besaran yang diukur	Percobaan ke :			
	1	2	3	.....
$t_1 \pm \Delta t_1$				
$t_2 \pm \Delta t_2$				
$m_a \pm \Delta m_a$				

#### V. PERTANYAAN :

1. Jelaskan perbedaan antara panas jenis dan harga air?
2. Jelaskan azas yang dipakai dalam percobaan yang menggunakan kalorimeter.
3. Bagaimanakah saran anda jika panas jenis dari bahan kalorimeter dan pengaduk-nya tidak diketahui?
4. Bagaimana pendapat anda jika pengalokasian dilakukan secara cepat sedangkan pemindahan benda dari pemanas ke kalorimeter dilakukan secara lambat?

## PERCOBAAN

# T-4

## KALOR LEBUR ES

### I. TUJUAN PERCOBAAN :

- Memahami azas Black
- Menghitung jumlah panas yang diperlukan untuk meleburkan 1 gram es pada titik leburnya

### II. DASAR TEORI :

Sepotong es yang dimasukkan ke dalam air akan melebur semua karena es mempunyai suhu lebih tinggi dari suhu es, dan selanjutnya suhu air akan turun. Dalam hal ini berlaku azas Black yaitu :

*Jumlah panas yang diberikan = Jumlah panas yang diterima*

Panas yang diberikan berasal dari air, tabung penampung (kalorimeter dan pengaduknya), serta alat pengukur suhu (termometer). Panas tersebut dipakai untuk meleburkan es dan mengakibatkan suhu air turun. Jika massa air M gram, massa es m gram dan panas yang berasal dari kalorimeter dan pengaduknya  $C_1$  kalori, dan panas yang berasal dari termometer  $C_2$  kalori, maka berlaku :

$$M_{\text{air}} \cdot C_{\text{air}} \cdot (t_1 - t_2) + M_{\text{kal}} \cdot C_1 \cdot (t_1 - t_2) = M_{\text{es}} \cdot L_{\text{es}} + M_{\text{es}} \cdot C_{\text{air}} \cdot (t_2 - 0) \quad (1)$$

dengan :

$t_1$  = suhu mula-mula

$t_2$  = suhu terendah yang dicapai setelah semua es melebur

$L_{\text{es}}$  = panas lebur es

Karena pengaruh sekeliling yang juga memberikan panas, maka perlu diadakan koreksi dengan cara: mencatat waktu setelah penurunan suhu dari  $t_1$  ke  $t_2$  (misalnya d menit). Setelah  $t_2$  °C, dibiarkan selama 0,5 d (yaitu setengah waktu penurunan suhu) sampai suhunya misalkan mencapai  $t_3$  °C. Panas yang diserap oleh kalorimeter bersama air dan alat-alat yang ada didalamnya selama 0,5 d tersebut adalah :

$$(M+m)(t_3 - t_2) + C_1 + C_2 \quad (2)$$

Jadi dalam 1 menit panas yang diserap adalah:

$$\frac{(M+m)(t_3 - t_2) + C_1 + C_2}{0,5 \text{ d}} \quad (\text{kalori/menit})$$

Jadi panas yang diserap selama d menit adalah:

$$[(M+m)(t_3 - t_2) + C_1 + C_2] \times 2 \quad (3)$$

Jadi pada ruas kiri dari persamaan (1) harus ditambah dengan persamaan (3) sebagai faktor koreksi terhadap panas sekeliling yang mempengaruhi sistem.

### III. METODE PERCOBAAN:

#### A. Alat dan Bahan:

- |                  |        |
|------------------|--------|
| 1. Kalorimeter   | 1 set  |
| 2. Termometer    | 1 buah |
| 3. Gelas ukur    | 1 buah |
| 4. Neraca teknis | 1 buah |

#### B. Rumusan Hipotesis dan Identifikasi Variabel

Rumusan hipotesis:

.....

Identifikasi variabel manipulasi, respon, dan kontrol.

.....

#### C. Langkah percobaan:

1. Menimbang tabung (bagian dalam) kalorimeter beserta pengaduknya.
2. Memasukkan air kira-kira 3/4 isi tabung kalorimeter, kemudian menimbang massanya.
3. Memasukkan termometer kedalam kalorimeter, dibiarkan beberapa saat kemudian dicatat suhunya sebagai suhu mula-mula ( $t_1$ ).
4. Memasukkan sepotong es ke dalam kalorimeter, kemudian diaduk pelan-pelan. Sambil diaduk, suhunya dicatat tiap

setengah menit dan mencatat pula suhu kamar.

5. Mengamati perubahan suhu tersebut sampai mencapai suhu terendah ( $t_2$ ).
6. Membiarkan beberapa saat sehingga suhunya mulai naik selama setengah penurunan suhu dari suhu mula-mula ke suhu terendah. Mencatat suhu setiap setengah menit dan mencatat pula suhu tertinggi ketika itu ( $t_3$ ).
7. Setelah langkah tersebut, termometer diangkat dan volume termometer yang masuk ke dalam air diukur dengan gelas ukur.
8. Mengulangi langkah percobaan tersebut beberapa kali (minimal 3 kali)

#### IV. Data dan Analisis:

Besaran terukur	Percobaan ke.			
	1	2	3	...dst.
$M_1 \pm \Delta M_1$				
$M_2 \pm \Delta M_2$				
$M_3 \pm \Delta M_3$				
$t_1 \pm \Delta t_1$				
$t_2 \pm \Delta t_2$				
$L_{es} \pm \Delta L_{es}$				

Keterangan :

$M_1$  = massa air

$M_2$  = massa es

$M_3$  = massa kalorimeter

$t_1$  = suhu mula-mula

$t_2$  = suhu terendah

$L_{es}$  = panas lebur es

Ralat hasil pengukuran untuk operasi penambahan, pengurangan, perkalian, dan pembagian menggunakan perambatan ralat.

#### V. PERTANYAAN :

1. Gambarkan grafik hubungan antara waktu (absis) dengan suhu (ordinat) masing-masing pada waktu suhu turun dan suhu naik.
2. Tentukan cara untuk memperkecil ketidakpastian dalam proses pertukaran panas tersebut.
3. Buktikan bahwa penimbangan tidak perlu dilakukan lebih teliti dari 0,01 gram, mengingat kita tidak mungkin dapat menaksir suhu lebih teliti dari 0,01°C.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
LABORATORIUM PRODI S1 PENDIDIKAN IPA

Kampus UNESA 1, Jl Ketintang Surabaya 60231

Telp. (031)8289070;

Nama	: Suyidno	Kode Percobaan	: MK-1
No. Registrasi	: 123456789	Tanggal Percobaan	: 20-9-2025
Program Studi	: S1 Pendidikan IPA	Kelompok	: 1 (satu)

**MASSA JENIS ZAT PADAT BENTUK TAK KONTINU  
DAN MASSA JENIS ZAT CAIR**

**ABSTRAK**

Percobaan massa jenis zat padat bentuk tak kontinu dan zat cair bertujuan untuk menentukan massa jenis zat padat bentuk tak kontinu (kuningan) dan massa jenis zat cair (gliserin) dengan menggunakan neraca Archimedes. Metode yang digunakan adalah menimbang massa benda di udara, di air dan di dalam zat cair (gliserin) dengan menggunakan neraca archimedes.

Dari hasil percobaan diperoleh Percobaan menentukan massa jenis kuningan sebesar  $(8,40 \pm 0,07) \text{ gr/cm}^3$  dan massa jenis gliserin sebesar  $(1,21 \pm 0,02) \text{ gr/cm}^3$  dengan taraf ketidakpastian berturut-turut sebesar 1,87% dan 1,81%

Hasil tersebut belum sesuai dengan nilai teoritis massa jenis kuningan ( $8,6 \text{ gr/cm}^3$ ) dan gliserin ( $1,26 \text{ gr/cm}^3$ ) dikarenakan beberapa faktor diantaranya pengaruh suhu ruang ( $32^\circ\text{C}$ ) dan tekanan udara ruang (750 mmHg) yang belum standar, kesulitan menyeimbangkan neraca archimedes, ketelitian dalam melihat skala pada neraca Archimedes, serta gliserin yang digunakan terkontaminasi oleh air.

Namun kami berharap percobaan ini dapat bermanfaat sebagai pembanding dalam percobaan yang sama dengan metode yang berbeda.

*Ditulis di halaman khusus abstrak  
(maksimal 80)*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Penentuan nilai massa jenis suatu zat padat dan massa jenis zat cair dapat dilakukan dengan menggunakan banyak metode. Salah satu diantaranya adalah dengan menggunakan neraca Archimedes yaitu dengan memanfaatkan gaya tekan ke atas yang ditimbulkan oleh air maupun zat cair sehingga dapat ditentukan besarnya massa benda bentuk tak kontinu di udara, air maupun zat cair. Untuk memahami penggunaan metode ini maka dilakukan percobaan menentukan massa jenis zat padat bentuk tak kontinu dan massa jenis zat cair dengan menggunakan neraca Archimedes.

### II. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

*"Berapakah nilai massa jenis zat padat bentuk tak kontinu dan massa jenis zat cair dengan menggunakan neraca Archimedes?"*

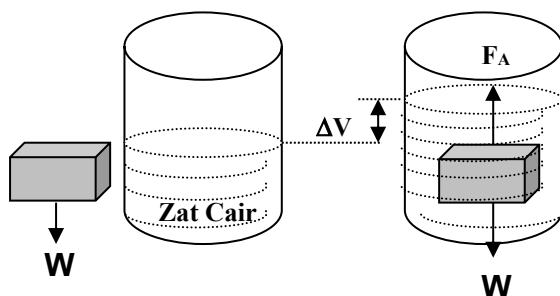
### III. Tujuan Percobaan

Adapun tujuan percobaan ini adalah :

1. Memahami dan trampil menggunakan neraca Archimedes
2. Dapat menentukan massa jenis zat padat bentuk tak kontinu dan massa jenis zat cair dengan menggunakan neraca Archimedes

## IV. KAJIAN TEORI

Menurut hukum Archimedes suatu benda yang berada dalam zat cair akan mendapatkan gaya ke atas sebesar berat zat cair yang dipindahkan.



Gambar 1. zat padat dalam Zat cair

Sehingga memenuhi hubungan :

$$F_A = \rho_c V g \dots\dots\dots 1$$

Dengan

$F_A$  : gaya tekan ke atas (dyne)

$\rho_c$  : massa jenis zat cair (gr/cm<sup>3</sup>)

$V$  : volume zat cair yang dipindahkan (cm<sup>3</sup>)

$g$  : percepatan grafitasi bumi (cm/s<sup>2</sup>)

Jika suatu benda ditimbang di udara massanya  $m_1$  kemudian ditimbang di air murni massanya  $m_2$  maka gaya tekan ke atas di dalam air adalah :

$$F_A \text{ (air murni)} = (m_1 - m_2) g \dots\dots\dots 2$$

Jika di dalam zat cair tertentu massanya  $m_3$  maka gaya tekan ke atas di dalam zat cair tersebut :

$$F_A \text{ (zat cair)} = (m_1 - m_3) g \dots\dots\dots 3$$

Karena massa jenis air murni 1 gr/cm<sup>3</sup> penggabungan persamaan (1) dan (2) menghasilkan :

$$\rho_{\text{(benda)}} = m_2 / (m_1 - m_2) \text{ dengan satuan gr/cm}^3 \dots\dots\dots 4$$

Seda ngkan penggabungan persamaan (1), (2) dan persamaan (4) menghasilkan :

$$\rho_{\text{(zat cair)}} = (m_1 - m_3) / (m_1 - m_2) \text{ dengan satuan gr/cm}^3 \dots\dots\dots 5$$

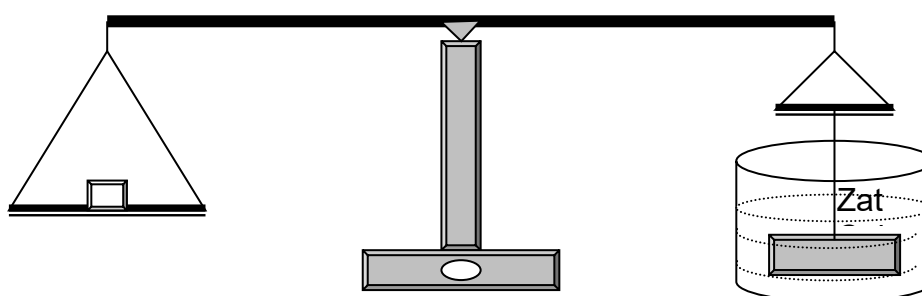
## V. METODE PERCOBAAN

### A. Alat dan Bahan

1. Neraca Archimedes
2. Beker Gelas
4. Air murni
5. Zat cair lain (gliserin)

3. benda bentuk sembarang (bahan sama)

6. Benang



Gambar 2. Neraca Archimedes

#### VI. Variabel yang Digunakan

Variabel manipulasi :  $m_1$   
 Variabel respon :  $m_2$  dan  $m_3$   
 Variabel kontrol : Jenis benda padat dan zat cair

#### A. Langkah Percobaan

Mengkalibrasi neraca Archimedes yang akan digunakan. Menimbang massa benda di udara, di air dan zat cair dengan neraca Archimedes yang masing-masing tercatat sebagai  $m_1$ ,  $m_2$  dan  $m_3$ . langkah tersebut diulangi lima kali dengan massa benda yang berbeda (jenis sama). Data pengukuran yang diperoleh digunakan untuk menentukan massa jenis zat padat bentuk tak kontinu dan massa jenis zat cair dengan menggunakan persamaan (4) dan (5).

### VII. DATA DAN ANALISIS

#### A. Data

Adapun data yang diperoleh selama percobaan adalah sebagai berikut :

Perc Ke	Massa Benda		
	Di Udara ( $m_1 \pm 0,01$ )gr	Di dalam Air ( $m_2 \pm 0,01$ )gr	Di dalam Zat Cair ( $m_3 \pm 0,01$ )gr
1	25,12	22,21	21,58
2	40,13	35,45	34,57
3	50,00	44,00	42,78
4	50,49	44,65	43,27
5	61,71	53,40	51,80

Catatan : bahan kuningan dan zat cair (gliserin)

#### B. Analisis

Dari data di atas dengan menggunakan persamaan

$$\rho_{\text{(benda)}} = m_2 / (m_1 - m_2) \quad \text{dan} \quad \rho_{\text{(zat cair)}} = (m_1 - m_3) / (m_1 - m_2)$$

diperoleh massa jenis zat padat dan massa jenis zat cair pada masing-masing percobaan sebagai berikut (lihat lampiran 1)

No	$\rho_{\text{(benda)}} = m_2 / (m_1 - m_2)$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{\text{(zat cair)}} = (m_1 - m_3) / (m_1 - m_2)$ (gr/cm <sup>3</sup> )
1	8,63	1,216
2	8,58	1,188



3	8,33	1,203
4	8,75	1,336
5	8,31	1,218

Selanjutnya dengan menggunakan standard deviasi diperoleh nilai massa jenis benda padat bentuk tak kontinu sebesar  $(8,40 \pm 0,07) \text{ gr/cm}^3$  dan massa jenis zat cair (gliserin) sebesar  $(1,21 \pm 0,02) \text{ gr/cm}^3$  dengan ketidakpastian berturut-turut 1,87% dan 1,81%.

Adapun nilai massa bahan kuningan secara teoritis adalah  $8,6 \text{ gr/cm}^3$  dan massa jenis gliserin secara teoritis adalah  $1,26 \text{ gr/cm}^3$

## VIII. DISKUSI

Hasil pengukuran massa jenis kuningan sebesar  $(8,40 \pm 0,07) \text{ gr/cm}^3$  dan massa jenis zat cair (gliserin) sebesar  $(1,21 \pm 0,02) \text{ gr/cm}^3$  ternyata **berbeda dengan nilai teoritis** bahan kuningan ( $8,6 \text{ gr/cm}^3$ ) dan gliserin ( $1,26 \text{ gr/cm}^3$ ) dikarenakan oleh beberapa faktor diantaranya pengaruh suhu ruang saat percobaan sebesar  $32^\circ\text{C}$  dan tekanan udara ruang sebesar  $750 \text{ mmHg}$ , padahal nilai teoritis di atas hanya diperoleh dalam keadaan standar ( $25^\circ\text{C}$ ,  $760 \text{ mmHg}$ ). Sehingga massa jenis benda akan berubah jika suhu sekitar berubah menurut fungsi  $\rho = \rho_0 (1 + \gamma \Delta T)$  dimana  $\rho$  massa jenis pada suhu  $T$ ,  $\rho_0$  massa jenis pada suhu  $T_0$ ,  $\gamma$  koefisien muai ruang dan  $\Delta T$  perubahan suhu.

**Ketidakpastian** yang kami peroleh sebesar 1,87% dan 1,81% dikarenakan oleh beberapa faktor diantaranya kesulitan kami dalam menyeimbangkan neraca archimedes (karena percobaan dekat kipas angin sehingga kondisi udara tidak stabil), kurang telitinya kami dalam melihat skala pada neraca Archimedes, serta gliserin yang digunakan terkontaminasi oleh air (benda padat yang masih basah dimasukkan dalam air).

Adapun **contoh penerapan hukum Archimedes** dalam kehidupan sehari-hari adalah kapal, kapal selam, balon helium dan lain-lain.

## IX. KESIMPULAN

Percobaan menentukan massa jenis zat padat bentuk tak kontinu dan massa jenis zat cair dengan menggunakan neraca Archimedes diperoleh hasil sebagai berikut :

Massa jenis kuningan sebesar  $(8,40 \pm 0,07) \text{ gr/cm}^3$

Massa jenis tembaga sebesar  $(1,21 \pm 0,02) \text{ gr/cm}^3$

dengan taraf ketidakpastian berturut-turut sebesar 1,87% dan 1,81%

Hasil tersebut belum sesuai dengan nilai teoritis massa jenis kuningan ( $8,6 \text{ gr/cm}^3$ ) dan gliserin ( $1,26 \text{ gr/cm}^3$ ) dikarenakan beberapa faktor diantaranya pengaruh suhu ruang ( $32^\circ\text{C}$ ) dan tekanan udara ruang ( $750 \text{ mmHg}$ ) yang belum standar, kesulitan menyeimbangkan neraca archimedes (karena percobaan dekat kipas angin sehingga kondisi udara tidak stabil), kurang teliti dalam melihat skala pada neraca Archimedes, serta gliserin yang digunakan terkontaminasi oleh air (benda padat yang masih basah dimasukkan dalam air).

## DAFTAR PUSTAKA

- Resnick, Holiday. 1999. *Fisika Jilid 1 Edisi ketiga*. Jakarta: Erlangga.  
Tim. 2004. *Panduan Praktikum Fisika dasar I*. Surabaya: Unipress-UNESA.  
Zemansky, Sears. 1994. *Fisika Untuk Universitas I*. Bandung: Bina Cipta  
Giancoli, Douglas. 2001. *Fisika*. Jakarta: Erlangga

**Catatan :** - Analisis hanya ditulis hasil akhir dan hitungannya ditulis dalam lampiran  
- Jawaban pertanyaan ditulis dalam lampiran

*Orang-orang yang merasa dirinya malas, akan menjadikan sesuatu yang seharusnya asyik menjadi membosankan, ayo hancurkan kemalasanmu! Ingat kemalasan sumber virus kebodohan  
Fisika itu asyik, marilah kita jadikan segalanya asyik dan mengasyikkan  
I love fisika, How about you.....*