



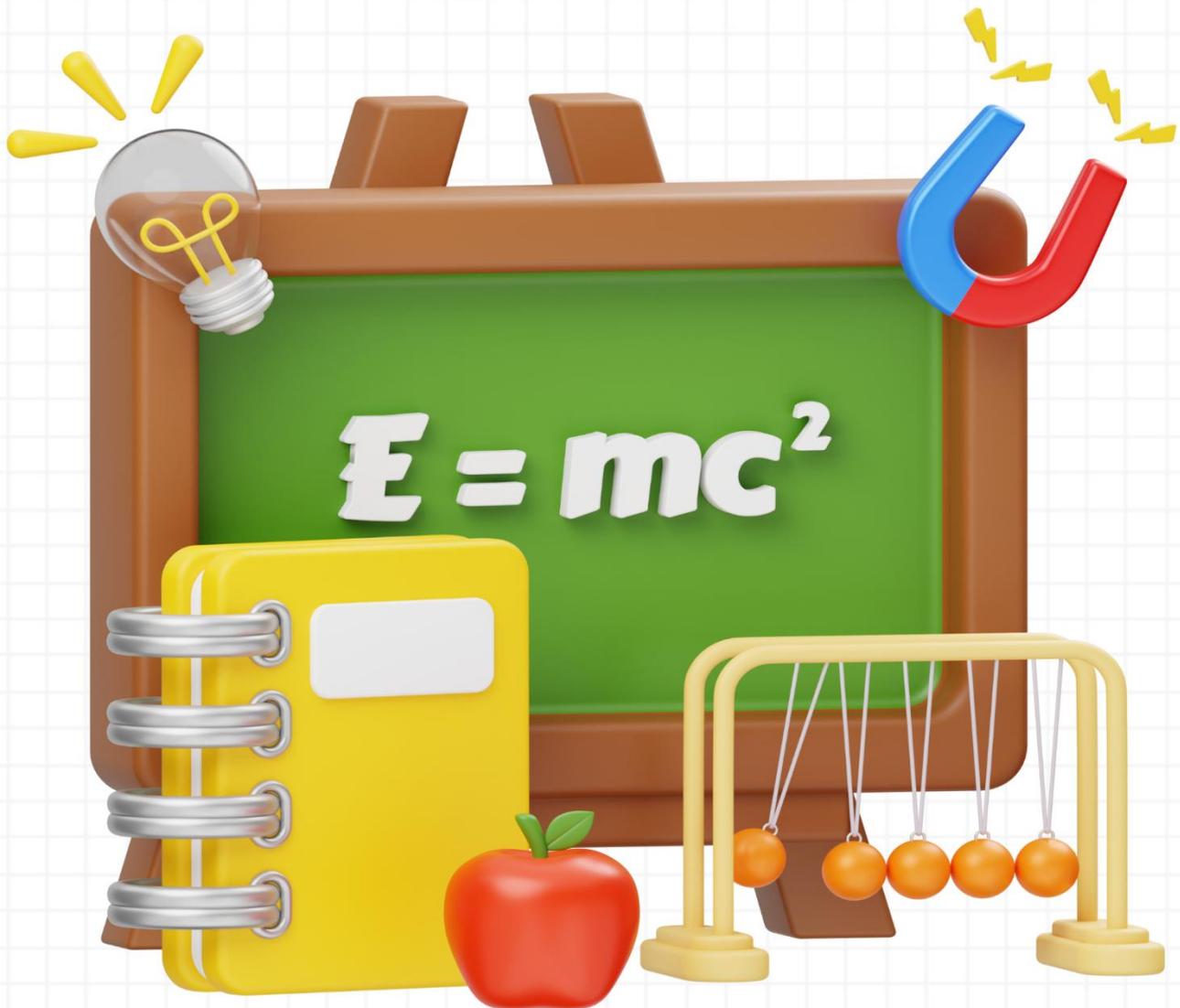
UMY

UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA  
Unggul & Islami



Fakultas Teknik

# MODUL PRAKTIKUM FISIKA



Disusun oleh:

Dr. Ir. Willis Diana, S.T., M.T. | Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. | Dr. Restu Faizah, S.T., M.T.

# HALAMAN PENGESAHAN

## MODUL PRAKTIKUM FISIKA DASAR

TAHUN AKADEMIK 2024/2025

Modul Praktikum Fisika ini digunakan dalam pelaksanaan praktikum Fisika semester gasal tahun akademik 2024/2025. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Modul ini telah disetujui dan diperiksa oleh Tim Dosen Mata Kuliah Fisika.

Disahkan :

Disetujui,  
Koordinator Dosen Praktikum  
Fisika

Dr. Ir. Willis Diana, S.T., M.T.  
NIK. 19740822200004123044

Disetujui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Sipil

Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK. 19740607201404123064

Disetujui,  
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.  
NIK. 19700307199509123022

**TIM PENYUSUN**  
**MODUL PRAKTIKUM FISKA**

<b>NO</b>	<b>NAMA</b>	<b>NIK/NIP</b>	<b>JABATAN</b>
1	Dr. Ir. Willis Diana, S.T., M.T.	19740822200004123044	Koordinator
2	Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.	19740607201404123064	Anggota
3	Dr. Ir. Restu Faizah, S.T., M.T.	19700223201404123067	Anggota

Yogyakarta,  
Mengetahui  
Ketua Program Studi

Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK. 19740607201404123064

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Modul ini disusun sebagai panduan Praktikum Fisika Dasar pada Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang diharapkan akan mengalami penyempurnaan di tahun-tahun mendatang.

Sebagai petunjuk praktikum bagi mahasiswa program S-1 Teknik Sipil, modul ini memuat penjelasan singkat mengenai materi praktikum, prosedur pelaksanaan praktikum, format pembuatan laporan yang terkait dan mendukung mata kuliah Fisika. Dengan adanya buku ini diharapkan mahasiswa dapat lebih memahami proses yang terdapat di masing-masing topik praktikum, disamping itu dapat lebih mudah dalam pelaksanaan praktikum.

Diharapkan pula dengan adanya buku ini dapat mengenalkan permasalahan praktis. Serta sebagai Latihan melakukan penelitian laboratorium khususnya di bidang Fisika.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang membantu serta mendukung tercapainya tujuan pembelajaran baik di kelas maupun pelaksanaan di Laboratorium Fisika Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Kritik dan saran demi kesempurnaan modul ini sangat diharapkan.

Wassalamu'alaikumwarahmatullahiwabarakatuh.

Yogyakarta,

Tim Dosen  
Mata Kuliah Fisika

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	2
TIM PENYUSUN .....	3
KATA PENGANTAR .....	4
BAB I CARA PENGGUNAAN ALAT .....	6
BAB II CARA PERHITUNGAN RALAT.....	9
BAB III PENGUKURAN PERCEPATAN GRAVITASI BUMI DENGAN METODE AYUNAN MATEMATIS (BANDUL MATEMATIS, BANDUL FISIS) .....	17
BAB IV PENGUKURAN KONSTANTA PEGAS DENGAN METODE PEGAS DINAMIK.....	21
BAB V MASSA JENIS ZAT CAIR.....	23
BAB VI VISKOSITAS ZAT CAIR .....	27
BAB VII VISKOSITAS LARUTAN .....	31
BAB VIII KESETARAAN PANAS LISTRIK .....	34
BAB IX PANAS PELARUTAN, PANAS SENSIBEL, DAN PANAS PENGUAPAN .....	37
BAB X KOEFISIEN GESEKAN .....	40
BAB XI MOMEN INERSIA .....	43
BAB XII BOLA JATUH BEBAS .....	45
BAB XIII PENGUKURAN TEGANGAN PERMUKAAN .....	47

# BAB I

## CARA PENGGUNAAN ALAT

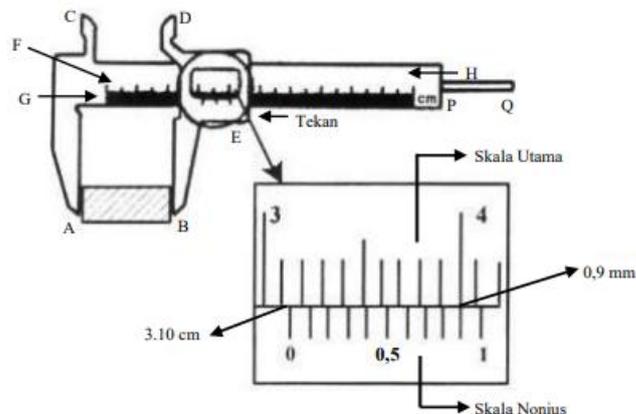
---

Petunjuk cara penggunaan alat ini digunakan untuk menghindari :

1. Tidak tepatnya pengukuran.
2. Kemungkinan kerusakan alat.

### A. JANGKA SORONG

Jangka sorong digunakan untuk pengukuran besaran panjang. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur : panjang, lebar, tinggi, diameter luar dan dalam, serta kedalaman lubang suatu benda.



Gambar 1.1 Jangka Sorong

Cara Menggunakan Jangka Sorong :

1. Letakkan benda pada posisi A-B (untuk mengukur diameter digunakan C-D dan lubang digunakan P-Q).
2. Tekan E agar posisi A-B, C-D, dan P-Q dapat berubah sesuai dengan ukuran besar benda.
3. Baca skala utama F (satuan cm) dan skala nonius G (satuan mm). Jika skala G penuh berarti 1 mm. Misalnya pada Gambar 1 ditunjukkan garis “nol” pada skala nonius (skala bantu) G berada 3,10 cm pada skala utama (skala dasar) F, sedangkan pada skala bantu yang paling berimpit dengan skala dasar adalah 0,9 mm. Jadi panjang benda yang diukur adalah :  $3,10 \text{ cm} + 0,9 \text{ mm} = 3,10 \text{ cm} + 0,09 \text{ cm} = 3,19 \text{ cm}$ . Seandainya garis “nol” dari skala bantu sudah tepat berimpit dengan skala dasar, maka panjangnya adalah harga dari skala dasar tersebut.

4. Skala dasar H adalah dengan satuan inchi.

## B. MIKROMETER

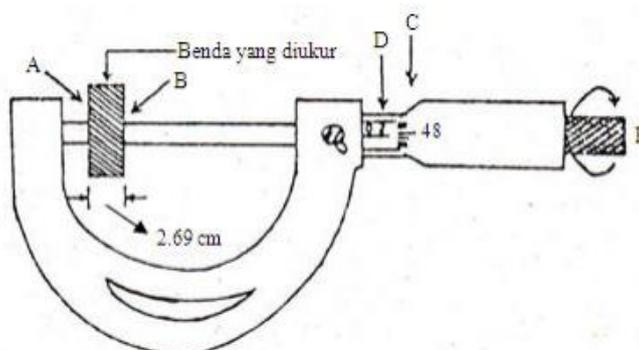
Mikrometer digunakan untuk mengukur panjang, lebar, diameter luar, dan tinggi.

Cara Menggunakan Mikrometer ;

1. Sebelum menggunakan perhatikan permukaan A-B apakah sudah bersih dari kotoran, benda-benda kecil dan sebagainya.
2. Dengan memutar skala bantu C, maka A dan B akan berimpit. Agar A dan B berimpit betul putarlah E sehingga bersuara 5 kali (Standart Laboratorium) dan dilakukan dengan hati-hati.
3. Perhatikan kedudukan titik “nol”, apabila skala dasar D tidak tepat pada “nol” maka perlu dilakukan “Ralat Sistematis”. Contoh, bila dalam pengecekan alat ini setelah A dan B berimpit dengan memutar E sebanyak 5 kali, skala dasar tidak terlihat sedangkan pada skala bantu berharga 21 dan skala dasar berharga “nol” maka Ralat Sistematisnya adalah 0,21 mm.
4. Cara Pengukuran :
  - Letakkan benda diantara A dan B.
  - Putar E (5 kali) agar A dan B benar-benar menghimpit benda. Apabila skala dasar D menunjukkan harga 2 sedang skala bantu C menunjukkan harga 48 (Gambar 2), maka panjang benda adalah :  $2 \text{ mm} + 0,48 \text{ mm} + 0,21 \text{ mm} = 2,69 \text{ mm}$ .

Catatan : Spesifikasi Mikrometer yang digunakan adalah ;

- a. Satuan terkecil skala dasar = 0,01 mm
- b. Satuan terkecil skala bantu = 1 mm
- c. Tiap putaran skala bantu E (360o ) = 0,5 mm
- d. Pembacaan skala bantu dari 0 sampai 0,5 mm



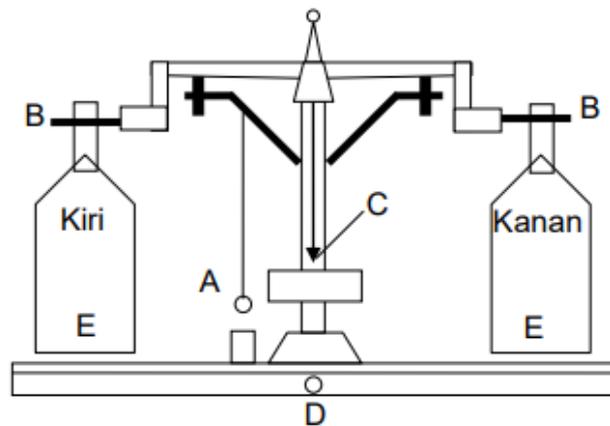
Gambar 1.2 Mikrometer

### C. NERACA TEKNIS

Neraca teknis digunakan untuk mengukur berat benda secara teliti.

Cara menggunakan neraca teknis :

1. Perhatikan batas maksimum dan minimum neraca teknis ini.
2. Sebelum menimbang periksa dahulu kedudukan neraca, apakah sudah berdiri tegak (dengan melihat bandul A) dan praktikan dilarang merubah skrup pengatur B.
3. Pada umumnya jarum gandar C, tidak dapat berhenti karena pengaruh dari luar (angin). Karena itu dianjurkan untuk menggunakan neraca dalam ruang tertutup.
4. Dalam penimbangan, letak anak timbangan di sebelah kanan dan benda yang ditimbang di sebelah kiri (Standar Laboratorium).
5. Pada saat meletakkan atau mengambil anak timbangan hanya diperbolehkan apabila jarum gander C berhenti berayun.
6. Anak timbangan tidak boleh dipegang dengan tangan dan dianjurkan dengan penjepit.
7. Zat yang dapat merusak pinggan neraca dilarang diletakkan di pinggan
8. Pada saat melepas penahan (D) usahakan agar simpangan jarum tidak terlalu besar
9. Penimbangan dianggap tepat bila jarum C tepat pada titik nol.



Gambar 1.3 Neraca Teknis

## BAB II

# CARA PERHITUNGAN RALAT

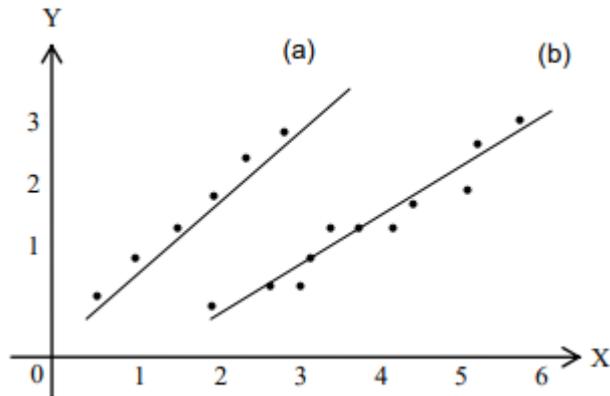
---

### A. Fenomena dalam Pengukuran

Pengukuran merupakan proses untuk mendapatkan informasi besaran fisis yang diukur. Informasi yang diperoleh dapat berupa nilai dalam bentuk angka (data kuantitatif) maupun berupa pernyataan yang merupakan sebuah simpulan (data kualitatif). Dalam konteks ilmiah, pengukuran dalam lingkup percobaan di laboratorium sering menghasilkan kemiripan data yang digunakan untuk mendapatkan suatu kesimpulan. Oleh karena itu seorang eksperimentalis harus selalu sadar sampai seberapa jauh kualitas atau ketangguhan kesimpulannya dan hal ini berarti bahwa ia harus menyatakan ketelitian dari kesimpulannya. Untuk mengatasi hal tersebut, seorang eksperimentalis melakukan eksperimen tidak hanya sekali agar mempunyai jangkauan ketelitian yang dapat dipercaya dan masuk akal. Pengulangan dalam eksperimen dengan perbaikan berbagai teknik dan metode akan menghasilkan secara bertahap dan mendekati kesimpulan yang dapat diterima dan dipercaya untuk menjadi gambaran hasil eksperimen. Sebagai contoh yang terdapat dalam bidang-bidang baru dari ilmu Fisika, seseorang melakukan banyak pengukuran untuk membandingkan berbagai macam teori.

### B. Akurasi (Accuracy) dan Presisi (Precision)

Sebelumnya kita harus mengetahui terlebih dahulu perbedaan antara akurasi dan presisi. Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi yang baik, yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil. Keakuratan sebuah eksperimen diukur dari seberapa dekat hasil ukur dengan nilai sebenarnya. Dalam hal ini sebelum sebuah alat ukur digunakan, harus dipastikan bahwa kondisi alat sudah dalam keadaan terkalibrasi dengan baik. Kalibrasi yang buruk akan menyebabkan ketidakpastian hasil ukur menjadi besar. Sedangkan sebuah alat ukur dikatakan presisi jika untuk pengukuran besaran fisis tertentu yang diulang maka alat ukur tersebut mampu menghasilkan hasil ukur yang sama seperti sebelumnya. Kepresisian eksperimen diukur dari seberapa baik hasil yang ditetapkan, tanpa referensi yang sesuai dengan nilai sebenarnya. Perbedaan antara pengukuran keakuratan dan kepresisian ditunjukkan pada Gambar 2.1. Terlihat jelas bahwa kita harus mempertimbangkan keakuratan dan kepresisian secara bersamaan untuk percobaan apapun.



Gambar 2.1 Ilustrasi perbedaan antara presisi dan akurasi (a) Presisi tetapi data tidak akurat (b) akurat tetapi data tidak presisi. Nilai sebenarnya direpresentasikan berupa garis lurus

### C. Cara Perhitungan Ralat

Ralat/ketidakpastian selalu muncul dalam sebuah pengukuran. Ralat ini muncul baik karena keterbatasan alat ukur yang berpengaruh pada presisi dan akurasi alat, atau juga karena kondisi (lingkungan dll) pengukuran yang kurang mendukung. Kesalahan yang dikenal dengan istilah ralat (error) didefinisikan sebagai selisih (difference) antara hasil ukur (hasil pengamatan) dan hasil sebenarnya. Perlu dicermati bahwa pengertian ralat bukan berarti kita salah mengukur, tetapi lebih menggambarkan deviasi hasil baca alat ukur terhadap nilai “benar” besaran fisis yang diukur. Dalam hal ini kita tidak mengetahui nilai “benar” dari apa yang kita ukur, namun kita dapat memperkirakan dengan eksperimen awal maupun prediksi teori. Perkiraan tersebut dapat mengindikasikan bahwa besarnya hasil yang ditawarkan mendekati kebenaran, tetapi kita harus menentukan cara sistematis dari data dan kondisi eksperimen itu sendiri terhadap seberapa besar kepercayaan kita terhadap hasil eksperimen. Oleh karena kita tidak mengetahui nilai “benar” tersebut maka hasil ukur yang kita peroleh dapat dinyatakan dalam bentuk rentang (interval) hasil pengukuran.

Secara umum faktor-faktor yang member kontribusi pada ralat/ketidakpastian dapat dikelompokkan dalam dua kelas ralat, yaitu :

- a. Ralat Sistematis (Systematic Error)
- b. Ralat Acak (Random Error)

#### 1. Ralat Sistematis (Systematic Error)

Ralat ini digunakan untuk sumber-sumber kesalahan yang timbulnya dapat dipelajari secara sistematis, dapat diprediksi, dan bahkan dapat dihilangkan. Keakuratan eksperimen sebagaimana dijelaskan sebelumnya secara umum tergantung

sebaik apa kita dapat mengontrol systematic error. Kesalahan dapat membuat hasil kita berbeda dari nilai sebenarnya dengan hasil yang diperoleh. Hal tersebut bisa berasal dari hasil kalibrasi peralatan yang rusak atau kesalahan dari pengamat. Hal tersebut harus diperkirakan dari analisis kondisi dan teknik eksperimen. Bagian detail eksperimen harus diperhatikan untuk memahami dan mengurangi sumber systematic error. Misalnya :

- a. Jarum penunjuk Amperemeter yang seharusnya menunjukkan angka 0 A saat tidak ada arus, ternyata menunjukkan angka 0,5 A. Maka harus ada koreksi titik nol sebesar -0,5 A. Bila alat digunakan untuk mengukur arus maka arus yang sebenarnya = arus terbaca + koreksi titik nol.
  - b. Jangka sorong dan Mikrometer sering tidak menunjukkan titik nol.
  - c. Pembacaan Barometer air raksa perlu koreksi pembacaan karena adanya pemuaian air raksa.
  - d. Mistar yang digunakan mengukur besaran panjang, mungkin skalanya tidak teratur, atau mungkin suhu peneraan mistar tidak sama dengan suhu pada saat pengukuran dilakukan Dalam pekerjaan kita selalu melakukan koreksi terhadap "systematic error" walaupun ralat ini tidak perlu masuk perhitungan, namun ralat ini tetap perlu dituliskan.
2. Ralat Acak (Random Error)

Sesuai dengan namanya, tipe ralat ini terjadi secara acak (berfluktuasi secara statistik) pada hasil ukur. Nilai besaran fisis yang diukur bervariasi di sekitar nilai benar, menjadi lebih kecil atau lebih besar dari nilai benar tersebut. Ralat tipe ini dapat dikurangi pengaruhnya (bukan dihilangkan) dengan melakukan pengukuran secara berulang-ulang beberapa kali sehingga kita dapat memperoleh rata-rata hasil pengukuran yang presisi. Kepresisian eksperimen sebagaimana dijelaskan sebelumnya secara umum tergantung sebaik apa kita dapat mengatasi random error.

Sumber dari ralat ini tidak dapat kita ikuti dan kita kendalikan karena sifatnya muncul secara alamiah (tidak disengaja) dan sesuatu yang melekat (inherent) pada saat pengukuran. Ralat tipe ini umumnya bernilai kecil dan tidak dapat diperkirakan secara tepat berapa nilainya saat pengukuran dilakukan. Ralat ini harus selalu dicantumkan dalam hasil pengukuran.

Contoh : Hasil pengukuran panjang batang logam adalah :

Pengukuran Ke	Panjang (x)	(x - $\bar{x}$ )	(x - $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
1	20,1 m	+0,1 m	0,01 m <sup>2</sup>
2	20,0 m	0,0 m	0,00 m <sup>2</sup>
3	20,2 m	+0,2 m	0,04 m <sup>2</sup>
4	19,8 m	-0,2 m	0,04 m <sup>2</sup>
5	19,9 m	-0,1 m	0,01 m <sup>2</sup>
Rata-rata ( $\bar{x}$ ) = 20,0 m		$\sum (x - \bar{x})^2 = 0,10^2$	

Ralat Hasil Perhitungan Harga Terkecil Untuk menentukan ralat hasil perhitungan dari hasil pengukuran harus kita perhatikan beberapa hal, misalnya kita akan mengukur besar f yang akan didapat dengan jalan mengukur besaran x dan y. Dikatakan f merupakan fungsi x dan y [f = f(x,y)]. Menurut Kalkulus, untuk f = f(x,y) berlaku :

$$df = \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy \quad (1.1)$$

Dalam perhitungan ralat diperoleh :

$$\Delta f = \frac{\partial f}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \Delta y \quad (1.2)$$

Ralat dari f ditimbulkan oleh ralat dari x dan y. Apabila  $\Delta x$  dan  $\Delta y$  merupakan ralat mutlak x dan y maka,

$$f = x + y \rightarrow \Delta f = \Delta x + \Delta y \quad (1.3)$$

$$f = x - y \rightarrow \Delta f = \Delta x - \Delta y \quad (1.4)$$

$$f = x \cdot y \rightarrow \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} \quad (1.5)$$

dengan

$\Delta f$  = ralat mutlak hasil perhitungan

f = harga rata-rata.

Contoh 1 :

Bila  $M = \frac{(x^2 \cdot y)}{z}$ , dengan x, y, z adalah besaran yang diukur dengan ralat mutlak masing-masing  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , dan  $\Delta z$ .

Penyelesaian :

$$M = \frac{(x^2 \cdot y)}{z} \quad \frac{\Delta M}{M} = 2 \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta z}{z} \quad (1.6)$$

$$\text{Sehingga diperoleh : } M = M_{bar} = 2 \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta z}{z} \quad (1.7)$$

Contoh 2 :

Hasil perhitungan volume tabung adalah :

$$\text{Volume (V)} = \pi r^2 l$$

$$\text{Jari-jari (r)} = (65,00 \pm 0,002) \text{ cm}$$

$$\text{Panjang (l)} = (10,00 \pm 0,03) \text{ cm}$$

Artinya  $r = 65,00 \text{ cm}$ ,  $\Delta r = 0,02 \text{ cm}$  dan  $l = 10,00 \text{ cm}$ ,  $\Delta l = 0,03 \text{ cm}$ .

Penyelesaian :

- Ralat Mutlak (V) dapat dihitung :

$$\frac{\Delta V}{V} = 2 \frac{\Delta r}{r} + \frac{\Delta l}{l} = 2 \frac{0,02}{65} + \frac{0,03}{10} = 0,08 + 0,03 \quad (1.8)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 0,011$$

$$V = \pi (65)^2 (10) = 785 \text{ cm}^3$$

$$\Delta V = 785 \cdot 0,011 = 8,635 \text{ cm}^3$$

$$\text{Jadi volume tabung} = (785 \pm 9) \text{ cm}^3$$

- Ralat Nisbi

$$I = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% = 0,011 \times 100\% = 1,1\% \quad (1.9)$$

Dengan pembulatan maka  $I = 1\%$

- Keseksamaan  $K = 100\% - 1\% = 99\%$  (1.10)

### Ringkasan

Dalam mencantumkan hasil pengukuran harus disertai :

1. Ralat Sistematis (apabila ada)

2. Ralat Mutlak :  $\Delta x = \left[ \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n(n-1)} \right]^{1/2}$  (1.11)

dengan :

$n$  = jumlah pengukuran

$\bar{x}$  = harga rata-rata :

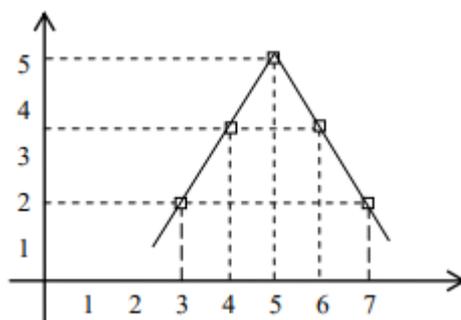
3. Ralat Nisbi :  $\frac{\Delta x}{x} \times 100\% = \dots\dots\dots\%$  (1.12)

4. Keseksamaan :  $100\% - \text{ralat nisbi} = \dots\dots\dots\%$  (1.13)

### Langkah - langkah Membuat Grafik

1. Grafik harus dibuat pada kertas millimeter dan titik pada grafik harus diberi tanda yang jelas : O, o,  $\Delta$  dsb (sesuai kesepakatan asisten).

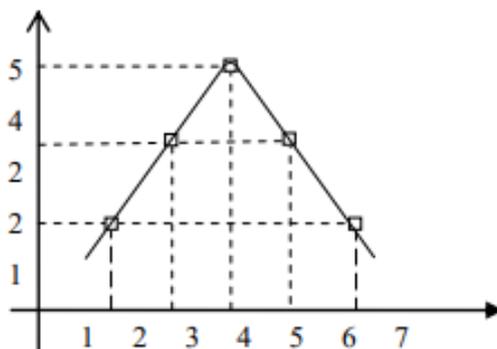
2. Besar skala dan letak titik nol harus dibuat sedemikian rupa sehingga grafik mudah dibaca dan dimengerti. Artinya skala absis = skala ordinat dan letak titik nol di pusat sumbu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3.
3. Grafik harus disertai keterangan lengkap tentang absis dan ordinat.
4. Jika kita mengharapkan garis lurus dari grafik tersebut, maka garis yang ditarik harus sedapat mungkin melalui titik-titik tersebut (Gambar 2.4).
5. Jika kita tidak yakin akan bentuk grafik, maka harus ditarik garis lengkung penuh (bukan garis patah) melalui hampir semua titik (Gambar 2.5).
6. Berikan interpretasi dari grafik tersebut, seperti : linier eksponensial, maksimum, minimum, dan sebagainya.
7. Apabila akan menggambar lebih dari satu grafik pada satu gambar maka untuk setiap titik pada setiap grafik kita beri tanda berbeda. Misalnya pada Gambar 2.6, titik grafik  $y_1 = f_1(x)$  kita beri tanda  $\square$  dan pada grafik  $y_2 = f_2(y)$  bertanda  $\circ$ .



Keterangan :

- Skala absis tidak tepat
- Grafik sulit dibaca
- Puncak grafik terlalu tajam, karena dipaksa melalui semua titik

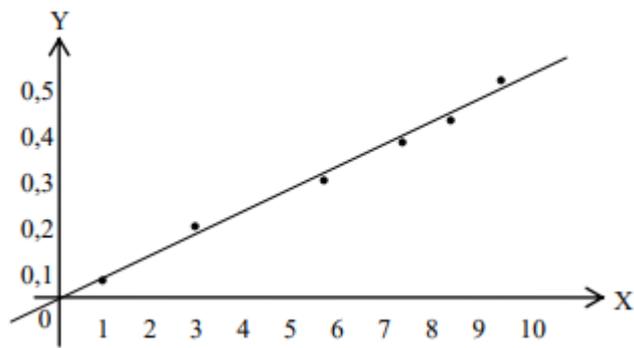
Gambar 2.2 Grafik yang dipaksakan melalui semua titik



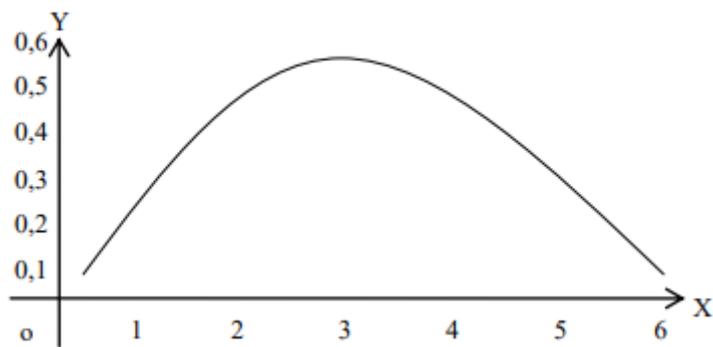
Keterangan :

- Skala absis sudah tepat
- Grafik mudah dibaca
- Grafik tidak dipaksa melalui semua titik

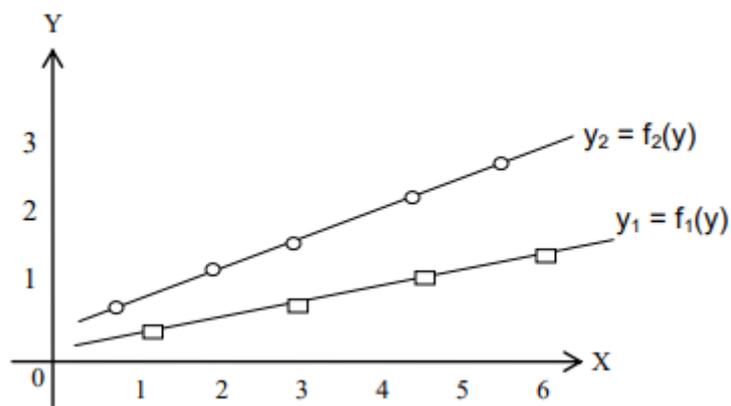
Gambar 2.3 Grafik sesuai dengan skala yang dibuat



Gambar 2.4 Grafik Linier



Gambar 2.5 Gambar grafik harus sesuai dengan titik-titik dan dibuat tidak putus-putus



Gambar 2.6 Grafik dari dua fungsi dengan membedakan titik koordinatnya

Metode Regresi Linier Untuk mendapatkan persamaan garis lurus  $y = mx + C$ , maka kita dapat menghitung dari rumus berikut :

$$y = mx + C \quad (1.14)$$

$$m = \frac{n(\sum xy) - (\sum x \cdot \sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (1.15)$$

$$C = \frac{\sum y - m \sum x}{n} \quad (1.16)$$

Persamaan  $y = mx + C$  adalah hasil yang sesuai dengan yang kita inginkan, jika nilai koefisien regresi linier ( $R$ ) mendekati nilai  $\pm 1$ , dengan  $-1 \leq R \leq 1$ .  $R$  bernilai negatif jika garis singgung  $m$  negatif dan bernilai positif jika  $m$  positif.

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x \sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (1.17)$$

# BAB III

## PENGUKURAN PERCEPATAN GRAVITASI BUMI DENGAN METODE AYUNAN MATEMATIS (BANDUL MATEMATIS, BANDUL FISIS)

---

### 1. Bandul Matematis

#### A. Tujuan Percobaan

Untuk mengukur percepatan gravitasi bumi ( $g$ ) di lokasi percobaan menggunakan metode ayunan matematis

#### B. Tinjauan Pustaka

Benda bermassa  $m$  yang berada di bumi mengalami gaya, disebut gaya bumi atau gaya berat, didefinisikan (Halliday dan Resnick, 1997).

$$W = m \cdot g \quad (3.1)$$

Dengan  $g$  adalah percepatan gravitasi bumi yang arahnya selalu menuju ke pusat bumi. Dengan hukum Newton tentang gravitasi, percepatan gravitasi di suatu tempat di permukaan bumi dinyatakan (Purwadi dkk., 2002).

$$g = G \frac{M}{R_2^2} \quad (3.2)$$

dengan :

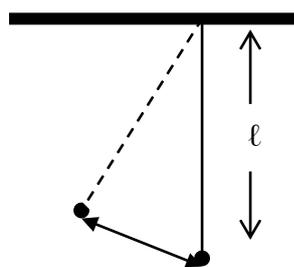
$M$  : massa bumi

$R$  : jari-jari bumi

$G$  : konstanta gravitasi atau tetapan Cavendish,  $6,6 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 / \text{kg}^2$

Apabila sebuah bandul digantungkan dengan kawat dan diberi simpangan kecil kemudian dilepaskan, maka akan berayun dengan getaran selaras (Gambar 3.1).

Maka akan berlaku persamaan



Gambar 3.1 Bandul Matematis

$$f = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{g}{\ell}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.3)$$

$$T = 2\pi \left(\frac{\ell}{g}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.4)$$

$f$  = Jumlah getaran per detik satuan ( $\text{det}^{-1}$ )

$T$  = Periode satuan (detik)

$g$  = percepatan gravitasi satuan ( $\text{cm}/\text{det}^2$ )

$\ell$  = panjang kawat satuan (cm)

Jika ayunan disimpangkan dengan sudut  $\theta$  kemudian dilepaskan maka ayunan akan berosilasi. Untuk sudut simpangan yang kecil dan dengan mengabaikan gesekan udara, maka osilasi ayunan matematis bersifat sebagai getaran selaras sederhana. Sehingga hubungan antara periode osilasi  $T$  dengan panjang tali  $l$ , didekati oleh persamaan:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.5)$$

$$T^2 = 4\pi^2 \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (3.6)$$

dengan:

$T$  : periode osilasi, dt (waktu yang diperlukan untuk satu kali ayunan, bandul kembali ke posisi awal ayunan)

$l$  : panjang tali ayunan, m dengan persamaan (3.5), nilai percepatan gravitasi ( $g$ ) akan ditentukan.

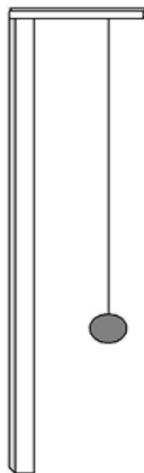
Dengan persamaan (3.5), nilai percepatan gravitasi ( $g$ ) akan ditentukan.

### C. Cara Kerja

Alat dan Susunan Alat

1. Set-up ayunan matematis
2. Stop-watch
3. Mistar

Susunan alat percobaan secara skema disajikan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Susunan alat eksperimen

### D. Prosedur Eksperimen

1. Ukurlah panjang tali, dan mulailah dengan panjang tali yang paling kecil,

2. Simpangkan ayunan dengan sudut simpangan yang kecil dan kemudian dilepaskan, maka ayunan akan beresilasi,
3. Ukurlah waktu yang diperlukan untuk 20 kali ayunan. Ulangilah 3 kali,
4. Variasikan (tambahkan) panjang tali pegas. Ulangi langkah (1), (2) dan (3).
5. Tambahkan beban ayunan (variasi beban ayunan). Ulangi langkah (1), (2) dan (3).

#### **E. Analisa Data**

Dari persamaan (3.5) hitunglah percepatan gravitasi bumi (g) melalui gradien grafik hubungan antara  $T^2$  vs  $l$ .

#### **F. Bahan Diskusi**

1. Jelaskan prinsip getaran selaras.
2. Jelaskan gaya berat dan gaya gravitasi.
3. Jelaskan yang disebut keadaan tanpa berat (bobot).
4. Bandingkan hasilnya jika nilai g dihitung langsung dan pers. (3.5).

## **2. Bandul Fisis**

### **A. Tujuan Percobaan**

1. Menentukan percepatan gravitasi bumi dengan menggunakan :
  - Bandul Fisis

### **B. Peralatan Yang Digunakan**

1. Bandul fisis dan perlengkapannya 1 set
2. Beban setangkup 1 buah
3. Rollmeter 1 buah 4. Stop watch 1 buah

### **C. Teori**

Bandul Fisis, Bila kita punya batang dan diayun suatu porosnya maka berlaku persamaan :

$$T = 2\pi \left[ \frac{Ke^2 + a^2}{g+a} \right] \quad (3.7)$$

dengan :

- T = periode ayunan
- Ke = jari-jari girasi terhadap pusat massa (C)
- a = jarak pusat massa
- g = percepatan gravitasi bumi

Untuk menghitung percepatan gravitasi bumi dapat digunakan persamaan nomor (3.8) seperti berikut ini :

$$\frac{T_1^2 + T_2^2}{8(a_1 + a_2)} + \frac{T_1^2 - T_2^2}{8(a_1 - a_2)} = \frac{\pi^2}{g} \quad (3.8)$$

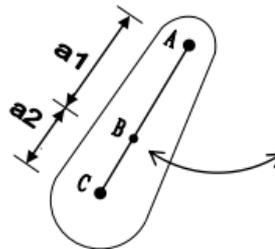
dengan :

$T_1$  = waktu getar untuk titik gantung

$T_2$  = waktu getar untuk titik gantung B.

$a_1$  = jarak antara pusat massa C dengan titik gantung A (cm).

$a_2$  = jarak antara pusat massa C dengan titik gantung B (cm).



Gambar 3.3 Bandul Fisis

#### D. Cara Melakukan Percobaan :

- Letakkan beban pada suatu kedudukan dan cari pusat massa C untuk kedudukan tersebut. Perlu diingat letak C selalu berubah tergantung letak beban.
- Gantung beban pada titik A dan ukur  $a_1$ .
- Ayun batang dengan simpangan kecil, catat waktu untuk 6 kali getaran sempurna.
- Ambil titik lain (B) terhadap titik C sebagai titik gantung dan ukur  $a_2$ . Ulangi langkah 1 – 3.
- Ulangi percobaan untuk pasangan titik A dan B yang berbeda.

#### E. Tugas Untuk Laporan Resmi :

- Hitung G untuk tiap pasang titik A dan B dengan persamaan (3.8) dan gunakan Ralat Perhitungan.
- Buat kesimpulan dari percobaan ini.

#### F. Tugas Pendahuluan :

- Buktikan persamaan (3.7) dan (3.8).
- Terangkan konsepnya bila bandul fisis uniform.

# BAB IV

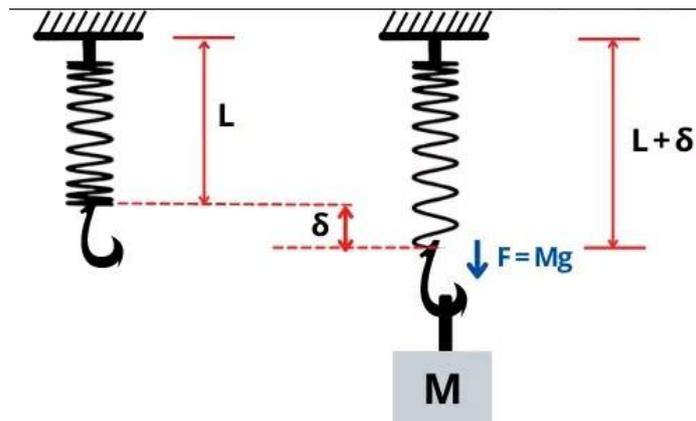
## PENGUKURAN KONSTANTA PEGAS DENGAN METODE PEGAS DINAMIK

---

### A. Tujuan Percobaan

Menentukan konstanta pegas

### B. Tinjauan Pustaka



Gambar 4.1 Alat untuk menentukan konstanta pegas

Perhatikan Gambar 4.1 Oleh beban bermassa  $m$  pegas akan bertambah panjang sebesar  $x$ . Jika kemudian beban bermassa  $m$  disimpangkan dan posisi seimbang dan dilepaskan maka sistem pegas-massa akan berosilasi. Jika gesekan udara dapat diabaikan, maka hubungan antara periode osilasi dengan massa beban ( $m$ ) dipenuhi. Dengan  $k$  adalah konstanta pegas.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (4.1)$$

persamaan dinamik

$$mg = kx \quad (4.2)$$

persamaan statik

### C. Metode Eksperimen

Alat dan Susunan Alat

1. Pegas
2. Mistar
3. Statif dan penggantung

4. Stopwatch
5. Beban (bervariasi)
6. Tempat beban

Susunan alat percobaan secara skema disajikan pada Gambar 1.

#### **D. Prosedur Percobaan Dinamik**

1. Gantungkan pegas pada tempat yang telah dipersiapkan,
2. Ternpatkan beban  $m$ , dan mulailah dari massa beban yang paling kecil,
3. Simpangkan beban dari posisi seimbang dan lepaskan, maka sistem pegas-massa akan berosilasi. Ukurlah waktu yang diperlukan untuk 20x osilasi, dan ulangi pengukuran itu 3x,
4. Lakukanlah langkah (3) untuk penambahan beban.
5. Lakukan langkah (3) untuk jenis pegas yang berbeda

#### **E. Prosedur Percobaan Statis**

1. Gantungkan ember pada pegas (gunakan statif) sehingga menunjukkan skala nol.
2. Tambahkan satu persatu beban yang ada, catat massa beban dan kedudukan ember setiap penambahan beban. Lakukan untuk 5 macam beban.
3. Keluarkan beban satu persatu catat massa beban dan kedudukan ember setiap pengurangan beban.
4. Lakukan langkah a - c, untuk pegas yang lain.

#### **F. Analisa Data**

Dari persamaan (4.1) hitunglah konstanta pegas melalui gradien grafik hubungan antara  $T^2$  vs  $m$  (massa beban).

# BAB V

## MASSA JENIS ZAT CAIR

---

### A. Tujuan Percobaan :

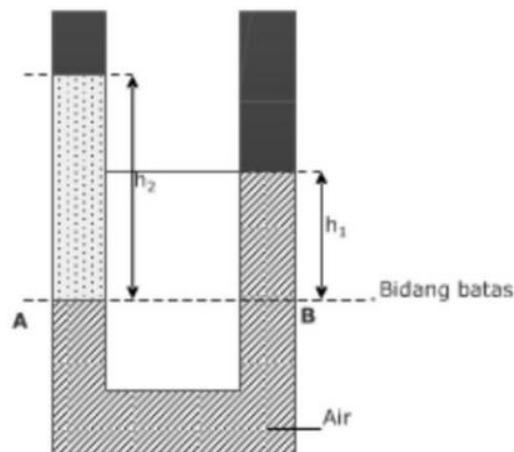
Memahami hukum hidrostatika sebagai landasan untuk menentukan massa jenis zat cair dengan alat Pipa-U, Menentukan massa jenis zat cair dengan Pipa-U (2 jenis zat cair dan 3 jenis zat cair).

### B. Tinjauan Pustaka

Dasar untuk menghitung massa jenis zat cair dengan Pipa-U adalah hukum Hidrostatika, yang menyatakan bahwa Tekanan dalam zat cair pada bidang mendatar dimana-mana sama besarnya. Besarnya takanan dalam zat cair adalah:

$$P = \rho \cdot g \cdot h + P_0 \quad (5.1)$$

Dengan  $\rho$  adalah massa jenis zat cair,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $h$  adalah tinggi permukaan zat cair dan  $P_0$  adalah tekanan udara luar.



Gambar 5.1 Pipa-U dengan 2 zat cair

Bila Pipa-U diisi dengan 2 jenis zat cair (Gambar 5.1), maka zat cair 1 sebagai pembanding yang diketahui massa jenis ( $\rho_1$ ) dan zat cair 2 yang akan ditentukan massa jenisnya ( $\rho_2$ ) dimasukkan dalam kaki sebelah. Bila pada kedudukan tersebut tinggi permukaan zat cair 2 adalah  $h_2$ . Menurut hukum hidrostatika, tekanan di titik A ( $P_A$ ) sama dengan tekanan di titik B ( $P_B$ ), atau

$$P_A = P_B \quad (5.2)$$

Berdasarkan persamaan (5.1) dan Persamaan (5.2) dapat ditulis sebagai :

$$\rho_1 = \rho_2 \frac{h_1}{h_2} \quad (5.3)$$

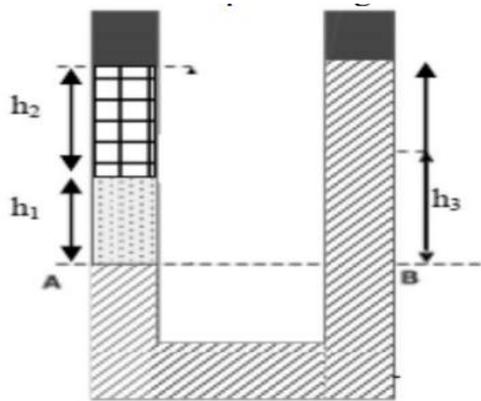
dengan :

$\rho_2$  = massa jenis zat cair yang diselidiki

$\rho_1$  = massa jenis zat cair pembanding

$h_2$  = tinggi permukaan zat cair yang diselidiki

$h_1$  = tinggi permukaan zat cair pembanding



Gambar 5.2 Pipa-U dengan 3 zat cair

Bila Pipa-U diisi dengan 3 jenis zat cair, kedudukan zat cair tersebut akan tampak seperti pada Gambar 5.2. Kedudukan dari zat cair ini tidak tetap, akan tetapi dapat berubah-ubah tergantung pada massa jenis dan tinggi permukaan zat cair 2 dan 3. Misalkan kedudukan seperti pada Gambar 5.2, menurut hukum hidrostatis:  $P_A = P_B$  Dengan:

$$P_A = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 \quad (5.4)$$

$$P_B = \rho_3 g h_3 + P_0 \quad (5.5)$$

Dari (5.4) dan (5.5), persamaan (5.3) menjadi:

$$\rho_3 = \frac{\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2}{h_3} \quad (5.6)$$

dengan :

$\rho_1, \rho_2$  = Massa jenis zat cair 1 dan 2 (pembanding)

$h_1, h_2$  = tinggi permukaan zat cair 1 dan 2.

$h_3$  = tinggi permukaan zat cair 3 (yang diselidiki).

### C. Cara Kerja

Alat dan bahan

1. Pipa-U 1 set
2. Pipet
3. Gelas piala
4. Kertas saring
5. Aquades
6. Alkohol/spritus
7. Air raksa.

### D. Prosedur Eksperimen

Tugas P-2: Pipa-U dengan 2 jenis zat cair.

1. Aturilah kedudukan Pipa-U sedemikian rupa sehingga letaknya tidak miring. Isilah pipa-U dengan air raksa ( $\rho_{\text{raksa}} = 13,6 \text{ gr/cm}^3$ )
2. Masukkan zat cair yang akan diselidiki (alkohol atau lainnya) ke dalam Pipa-U pada kaki yang lain. 2. Tentukan bidang batas permukaan zat cair. Ukurlah tinggi  $h_1$  dan  $h_2$ .
3. Hitung massa jenis zat cair yang diselidiki (2) dengan menggunakan persamaan (5.3).
4. Ulangi langkah 2-4 sebanyak 2 kali dengan merubah tinggi permukaan zat cair yang diselidiki (gunakan Pipet untuk memasukkan/mengeluarkan zat cair).
5. Keluarkan zat cair yang diselidiki sampai bersih, kemudian aturlah kembali kedudukan Pipa-U hingga permukaan air raksa menunjukkan skala yang sama (seimbang).

Tugas P-3: Pipa-U dengan 3 jenis zat cair.

1. Air raksa (zat cair pembanding 1) dan aquades (zat cair pembanding 2) dimasukkan pada kaki kiri Pipa-U, zat cair yang diselidiki dimasukkan pada kaki kanan Pipa-U.
2. Tentukan bidang batas permukaan zat cair. Ukurlah tinggi  $h_1$ ,  $h_2$ , dan  $h_3$ .
3. Hitung massa jenis zat yang diselidiki (3) dengan menggunakan persamaan (5.6).
4. Dengan merubah-rubah kedudukan permukaan zat cair 2 dan 3, ulangilah langkah 2-3 sebanyak 2 kali. Catat hasilnya.

5. Bandingkan hasil 3 dengan nilai massa jenis yang ada dalam literatur.
6. Buatlah kesimpulan dan saran untuk percobaan ini.

# BAB VI

## VISCOSITAS ZAT CAIR

---

### A. Tujuan Percobaan

Menentukan angka kekentalan (viskositas) suatu cairan dengan menggunakan

- Viskositas Oswald
- Viskositas bola jatuh

### B. Peralatan Yang Digunakan

1. Viskosimeter Oswald dengan perlengkapan 1 set.
2. Gelas ukur 2 buah.
3. Cairan yang akan ditera.
4. Pipet 1 buah.
5. Viskosimeter bola jatuh dengan perlengkapan 1 set.
6. Bola kaca dan besi masing-masing 2 buah.
7. Mikrometer 1 buah.
8. Stopwatch 1 buah.

### C. Teori

Setiap zat cair mempunyai karakteristik yang khas, berbeda satu zat cair dengan zat cair yang lain. Kekentalan (viskositas) dapat dibayangkan sebagai peristiwa gesekan antara satu bagian dan bagian yang lain dalam fluida. Dalam fluida yang kental kita perlu gaya untuk menggeser satu bagian fluida terhadap yang lain. Apabila suatu benda bergerak dalam zat cair atau sebaliknya akan timbul gaya yang besarnya berbanding lurus dengan kecepatannya.

#### 1. Viskosimeter Oswald.

Dalam percobaan ini cairan mengalir dalam pipa U dengan jumlah volume tertentu.

Apabila kita menganggap :

- a. Cairan yang digunakan inkompresible dan Newtonian.
- b. Aliran cairan laminar dan steady.

- c. Kecepatan aliran dekat dengan dinding adalah nol, misal : cairan bensin, bensol, ether, dan alkohol, maka angka kekentalan cairan (dyne dt /cm<sup>2</sup> = poise) :

$$\pi = x t = \left[ \frac{h \rho g a}{38 V t} \right] \quad (6.1)$$

dengan : x = konstanta dengan harga tergantung volume cairan, jejari kapiler, panjang pipa gravitasi dll.

Dalam percobaan ini pengandaian di atas tidak sempurna hingga mengalami koreksi :

$$\eta = x t - \frac{0,12}{t} \quad (6.2)$$

Bila t terukur dan x diketahui (terlihat pada tabel), maka dapat dihitung.

## 2. Viskosimeter Bola Jatuh.

Pada percobaan ini bola kecil dijatuhkan pada cairan yang diukur kekentalannya. Mula-mula bola akan mengalami percepatan dikarenakan gravitasi, namun karena kekentalan cairan percepatan bola berkurang dan akhirnya nol. Pada saat itu kecepatan bola tetap (kecepatan terminal  $V_m$ ). Maka menurut Hukum Stokes :

$$V_m = \frac{2r^2 g}{9\eta} (\rho - \rho_0) \quad (6.3)$$

dengan :

$V_m$  = kecepatan terminal (cm/dt)

$\eta$  = Viskositas

r = jari-jari bola (cm)

$\rho$  = rapat massa bola (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_0$  = rapat massa cairan (gr/cm<sup>3</sup>)

Pada persamaan (6.3) dianggap diameter tabung relatif lebih besar dari diameter bola.

Bila perbandingan diameter tidak terlalu besar perlu diberikan koreksi :

$F = (1 + 2,4 r/R)$ , R = jari-jari tabung bagian dalam.

Untuk percobaan R = 1,76 cm, persamaan (6.3) menjadi :

$$\eta = \frac{\mu(\rho - \rho_0)}{F V_m} \quad (6.4)$$

$$\text{dimana : } F = (1 + 1,36) ; \eta = \frac{2r^2g}{9} \quad (6.5)$$

Bila P dan Po diketahui serta r dan Vm diukur maka dengan menggunakan persamaan (6.5)  $\eta$  dapat ditentukan.

#### **D. Cara Melakukan Percobaan**

1. Viskosimeter Oswald.
  - a. Usahakan posisi Viskosimeter Oswald vertikal terhadap meja.
  - b. Bersihkan tabung Viskosimeter
  - c. Melalui mulut O tuangkan 3 ml alkohol yang ditera.
  - d. Dengan bola tensi O dipindahkan alkohol melalui kapiler R sampai batas titik T.
  - e. Setelah itu buka katub udara hingga permukaan alkohol turun sampai titik S. Catat waktu tempuh yang diperlukan dari titik T ke titik S.
  - f. Lakukan langkah d – e lima kali.
  - g. Lakukan untuk cairan aquades.

Setelah percobaan selesai, maka bersihkan tabung dan tutup dengan sumbat P yang tersedia. Lihat harga x pada tabel. .

2. Viskosimeter Bola Jatuh
  - a. Ukur jari-jari bola kecil dengan mikrometer.
  - b. Perhatikan kedudukan T dimana bola Q dianggap mencapai kecepatan terminal.
  - c. Tentukan titik S di bawah titik T.
  - d. Jatuhkan bola Q dan catat waktu dari titik T dan ke S. Ulangi 5 kali.
  - e. Lakukan langkah c-d, 2 kali dengan jarak dan bola yang berbeda (tanya asisten).
  - f. Lakukan percobaan yang sama untuk cairan yang lain.

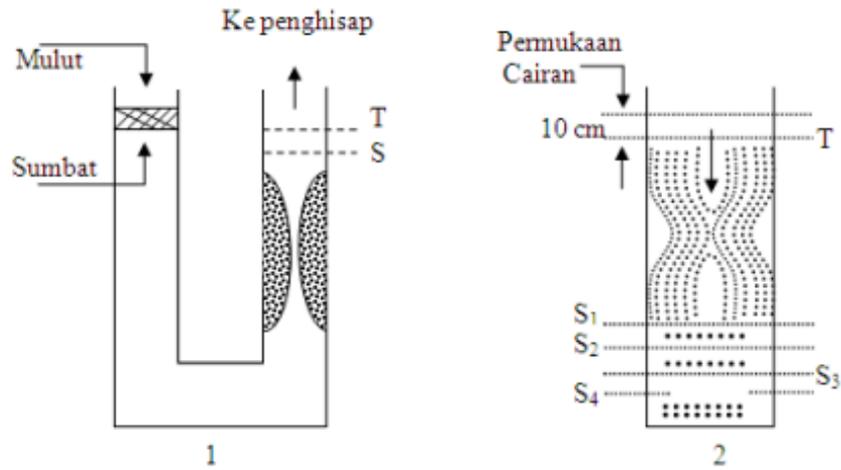
#### **E. Tugas Untuk Laporan Resmi**

1. Hitung angka kekentalan menurut Viskosimeter Oswald dengan persamaan (6.2) dan lihat harga x pada tabel.
2. Hitung angka kekentalan menurut Viskosimeter bola jatuh dengan persamaan (6.4). Harga x lihat pada tabel.
3. Hitung ralat untuk tugas no. 1 dan 2.

4. Buatlah kesimpulan dari percobaan ini.

#### F. Tugas Pendahuluan

1. Gambar dan jelaskan arus laminer zat cair yang kental.
2. Jelaskan beberapa faktor yang mempengaruhi kekentalan.
3. Gambar dan jelaskan gaya yang bekerja pada benda yang bergerak jatuh dalam cairan.



Gambar 6.1 Viskometer Oswald (1) dan Viskometer bola jatuh (2)

## BAB VII

# VISKOSITAS LARUTAN

---

### A. Tujuan Percobaan :

1. Mempelajari dinamika benda dalam cairan
2. Menentukan *STOP VELOCITY* (kecepatan akhir atau kecepatan terminal) pada suatu zat cair

### B. Tinjauan Pustaka :

Suatu benda jika dilepaskan dalam fluida dengan kekentalan tertentu, maka benda tersebut akan mengalami perlambatan. Hal ini disebabkan derajat kekentalan dari cairan/liquid tersebut. Derajat kekentalan suatu cairan/liquid dikenal dengan sebutan viskositas ( $\eta$ ). Besar gaya gesekan pada benda yang bergerak dalam fluida disamping bergantung pada koefisien kekentalan  $\eta$  juga bergantung pada bentuk bendanya. Khusus untuk benda berbentuk bola, gaya gesekannya oleh fluida dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F = -6\pi\eta r \quad (7.1)$$

Jika sebuah bola padat yang rapat massanya  $\rho$  dan berjari-jari  $r$  dilepaskan tanpa kecepatan awal di dalam zat cair kental yang rapat massanya  $\rho_0$  ( $\rho > \rho_0$ ), bola mula-mula akan mendapat percepatan karena gaya berat dari bola, dan percepatan ini akan memperbesar kecepatan bola. Bertambah besar kecepatan bola, menyebabkan gaya Stokes bertambah besar juga. Sehingga pada suatu saat akan terjadi keseimbangan diantara gaya-gaya yang bekerja pada bola. Keseimbangan daya-daya ini menyebabkan bola bergerak lurus beraturan, yaitu bergerak dengan kecepatan yang tetap. Kecepatan yang tetap ini disebut kecepatan akhir atau kecepatan terminal dari bola.

Setelah gaya-gaya pada bola setimbang, kecepatan akhir  $v$  dari bola dapat diturunkan sebagai berikut :

$$v = \frac{2r^2(\rho - \rho_0)}{g} \quad (7.2)$$

Dengan :

$T$  : waktu jatuh bola dalam menempuh jarak  $d$  (detik)

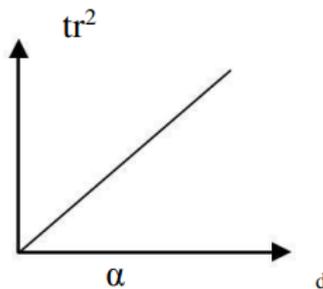
$d$  : jarak jatuh yang ditempuh bola

$\rho$  : massa jenis bola ( $\text{gr/cm}^3$ )

$\rho_0$  : massajenis cairan uji ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

Persamaan (7.1) ini dikenal sebagai hukum Stokes dan dalam penerapannya memerlukan beberapa syarat sebagai berikut :

- Ruang tempat fluida tidak terbatas (ukurannya jauh lebih besar dari pada ukuran bola)
- Tidak terjadi aliran turbulensi di dalam fluida
- Kecepatan  $v$  tidak besar, sehingga aliran fluida masih bersifat laminar. dapat digambarkan dengan grafik hubungan antara  $tr^2$  dengan  $d$  yang merupakan garis lurus.



Gambar 7.1 Gradien garis lurus

Dari grafik diperoleh persamaan garis lurus =  $mx+c$ , dimana gradien garis merupakan  $\tan \alpha$ , maka viskositas dapat dicari

$$\text{dengan persamaan} = \frac{9\eta}{2g(\rho-\rho_0)} \quad (7.3)$$

Penyelesaian dengan Metode grafik

Kecepatan bola ( $v$ ) mengikuti persamaan  $\frac{d}{t}$  dengan ;

$d$  = jarak yang ditempuh bola

$t$  = waktu yang diperlukan

$$\text{maka persamaan (7.2) menjadi : } \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho-\rho_0)}{\eta} \text{ atau } \frac{2}{9} gr^2(\rho-\rho_0) \frac{t}{d} \quad (7.4)$$

$$\text{sehingga melalui persamaan (7.5) didapat} = \frac{9\eta d}{2g(\rho-\rho_0)} \quad (7.5)$$

### C. Alat dan Bahan

- Tabung zat cair dengan isinya
- Bola kecil 2 buah
- Stopwatch 1 buah d. Mikrometer sekrup, mistar, timbangan
- Saringan untuk mengambil bola

#### **D. Cara kerja**

- a. Siapkan sebuah peralatan yang akan digunakan.
- b. Jatuhkan bola sedemikian rupa (jangan terjadi adanya kecepatan awal) pada tabung berisi zat cair.
- c. Amati dan beri tanda serta catat waktunya yang diperlukan pada saat bola bergerak dengan kecepatan tetap sampai jarak tertentu.
- d. Ukur jarak yang ditempuh pada saat pengambilan data tersebut.
- e. Ulangi sampai 5 kali untuk meyakinkan pengukuran.
- f. Ulangi langkah percobaan di atas untuk ukuran bola yang berbeda.
- g. Apa yang kamu amati dari perbedaan zat cair tersebut ketika mencari kecepatan jatuh bola (amatilah tepat pada saat bola turun dengan kecepatan yang tetap)
- h. Tentukan nilai kecepatan akhir dari gerak lurus beraturan bola tersebut.
- i. Coba lakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2 dari data yang anda peroleh dari asisten, Bandingkan dengan hasil percobaan Anda

## BAB VIII

# KESETARAAN PANAS LISTRIK

---

### A. Tujuan percobaan

1. Mempelajari adanya hubungan antara tenaga listrik dan tenaga panas.
2. Menentukan angka kesetaraan joule dengan kalor.

### B. Dasar Teori

Dua bentuk tenaga yang dibicarakan disini adalah tenaga listrik dan tenaga panas. Tenaga dari bentuk yang satu dapat berubah menjadi bentuk lain. Misalnya pada peristiwa gesekan tenaga mekanik menjadi tenaga panas, di dalam mesin uap tenaga panas menjadi tenaga mekanik.

Bilangan yang menyatakan besarnya tenaga listrik yang setara dengan 1 satuan tenaga panas dinamakan angka kesetaraan kalor-listrik. Kesetaraan kalor mekanis pertama kali diukur oleh Joule dengan mengambil tenaga mekanik dan beban yang jatuh untuk mengaduk air dalam kalorimeter sehingga air menjadi panas. Cara lain adalah dengan mengubah tenaga listrik menjadi tenaga panas dalam suatu kawat tahanan yang tercelup dalam air yang berada di dalam kalorimeter. Tenaga listrik yang hilang dalam kawat tahanan besarnya:

$$W = V \cdot I \cdot t \quad (1) \tag{8.1}$$

Dengan:

V = beda potensial antara ujung-ujung kawat dalam volt,

I = kuat arus dalam ampere,

t = lamanya mengalirkan dalam detik.

Tenaga listrik sebesar  $Vit$  joule ini adalah tenaga mekanik yang hilang dari elektron-elektron yang bergerak dari ujung kawat berpotensi rendah ke ujung berpotensi tinggi. Tenaga ini berubah menjadi panas. Jika tidak ada panas yang keluar dari kalorimeter, maka besarnya panas:

$$Q = m \cdot Cp \cdot (T_2 - T_1) \tag{8.2}$$

dengan :

m = massa air,

Cp = Kapasitas panas air

T2 = suhu akhir

$T_1$  = suhu mula-mula besarnya angka kesetaraan kalor-listrik ( $\alpha$ ) adalah:

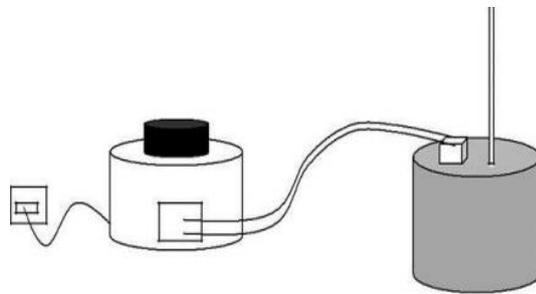
$$\alpha = \frac{W}{Q} \quad (8.3)$$

$$= \frac{V.I.t}{m.Cp.(T_2 - T_1)} \quad (8.4)$$

### C. Metode Percobaan :

Alat-alat yang diperlukan

1. Kalorimeter dengan pemanas
2. Voltmeter AC
3. Amperemeter AC
4. Termometer
5. Transformator step-down
6. Tahanan geser
7. Pemutus arus



Keterangan:

1. Sumber Arus AC
2. Regulator Pengatur Tegangan
3. Kalorimeter
4. Pemanas
5. Termometer

Gambar 8.1 Rangkaian Alat Percobaan

### D. Cara Percobaan

1. Pasanglah rangkaian listriknya seperti Gambar 8.1. Jangan dihubungkan dengan sumber sebelum diperiksa asisten.
2. Setelah diperiksa, hubungkan dengan sumber, tutuplah pemutus arus dan aturlah regulator untuk tegangan yang ditentukan.
3. Timbanglah kalorimeter kosong. Kemudian isilah dengan air sampai kira-kira kawat pemanasnya tercelup dan timbanglah.
4. Tutuplah pemutus arus pada saat jarum detik jam menunjuk nol. Catatlah jam berapa saat ini, catatlah tegangan listrik, arus dan suhu setiap 2 menit. Saat pengamatan aduklah air di kalorimeter.

5. Setelah temperatur akhir yang dikehendaki tercapai bukalah pemutus arus, catatlah jam berapa dan catatlah temperatur akhir.
6. Ulangi 3 sampai 5 dengan tegangan listrik yang berbeda.

# BAB IX

## PANAS PELARUTAN, PANAS SENSIBEL DAN PANAS PENGUAPAN

---

### A. Tujuan Percobaan

Menentukan panas pelarutan, panas sensibel dan panas penguapan bahan.

### B. Tinjauan Pustaka

Panas pelarutan adalah panas yang dilepaskan ketika sebuah padatan dan larutan dalam cairan, panas pelarutan besarnya tergantung jumlah mol antara pelarut dan zat terlarut. Panas sensibel adalah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda.

$$q = m \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1) \quad (9.1)$$

dengan:

$q$  = panas, kal

$m$  = massa cairan, kg

$C_p$  = kapasitas panas, kal/kg°C

$T_2$  = suhu akhir, °C

$T_1$  = suhu awal, °C

Kapasitas panas adalah panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda satu satuan berat sebesar satu derajat, sehingga satuan kapasitas panas adalah kal/kg°C. Kapasitas panas campuran dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{pm} = C_{p_1} \cdot x_1 + C_{p_2} \cdot x_2 + C_{p_3} \cdot x_3 + \dots + C_{p_n} \cdot x_n \quad (9.2)$$

dengan:

$C_{pi}$  = kapasitas panas komponen  $i$

$x_i$  = fraksi mol komponen  $i$  dalam campuran Panas laten adalah panas yang diperlukan suatu cairan untuk berubah fase dari fase cair menjadi fase uap,

$q$  =  $m \cdot \lambda$

dengan:

$q$  = panas, kal

$m$  = massa cairan, kg

$\lambda$  = kapasitas penguapan, kal/ kg

### **C. Alat dan Bahan**

Alat-alat yang diperlukan

- a. Pemanas listrik
- b. Panci
- c. Termometer
- d. Timbangan

### **D. Cara kerja**

Peneraan panas dari listrik

1. Timbang 100 gram aquades, catat beratnya juga catat suhu awal
2. Panaskan dengan pemanas listrik (hot plate)
3. Catat waktu untuk tiap kenaikan 100C sampai mencapai titik didih
4. Setelah 10 menit mendidih, hentikan proses
5. Timbang air yang tersisa

Pengukuran Panas Pelarutan

1. Menimbang bejana terisolasi kosong
2. Timbang 5 gram NaOH
3. Masukkan 100 gram aquadest dalam bejana yang terisolasi, ukur suhunya
4. Masukkan 5 gram NaOH ke dalam bejana yang berisi aquadest
5. Aduk sampai larut sempurna
6. Ukur suhu akhir campuran

Penentuan panas sensibel suatu zat

1. Timbang campuran NaOH dan aquadest hasil pencampuran percobaan diatas, catat suhu awal
2. Panaskan dengan pemanas listrik (hot plate), hitung berapa daya hot plate
3. Catat waktu untuk tiap kenaikan 100C sampai mencapai titik didih
4. Setelah 10 menit mendidih, hentikan
5. Timbang campuran yang tersisa
6. Ulangi percobaan diatas untuk berat NaOH 5 gram, 10 gram, dan 15 gram

### **E. Perhitungan**

Peneraan panas listrik

1. Lihat pada tabel steam kapasitas panas aquadest tiap interval 100C perubahan suhu, kemudian hitung  $C_p$  rata-ratanya
2. Hitung panas yang diperlukan untuk memanaskan 100 gram aquadest tiap kenaikan 100C ( $q_s$ )
3. Hitung daya yang dikeluarkan pemanas listrik,  $\text{Daya} = q_s/\text{waktu}$
4. Ulangi hitungan tiap kenaikan 100C sampai titik didih, hitung rata-rata daya pemanas listrik

#### **F. Perhitungan Panas Sensibel Campuran**

1. Hitung perbandingan mol aquadest dan NaOH
2. Hitung panas yang diperlukan untuk menaikkan tiap 100C campuran  $q_c = \text{daya listrik} \times \text{waktu}$
3. Hitung  $C_p$  campuran tiap kenaikan 100C
4. Hitung  $C_p$  NaOH dengan rumus persamaan (2)

#### **G. Menghitung Panas Penguapan**

1. Hitung jumlah aquadest yang menguap
2. Hitung panas yang diperlukan untuk menguapkan,  $q_c = \text{daya listrik} \times \text{waktu}$
3. Hitung panas penguapan aquadest =  $q_c/\text{jumlah menguap}$
4. Hitung jumlah campuran yang menguap
5. Hitung panas yang diperlukan untuk menguapkan,  $q_c = \text{daya listrik} \times \text{waktu}$
6. Hitung panas penguapan campuran =  $q_c/\text{jumlah menguap}$

# BAB X

## KOEFSISIEN GESEKAN

---

### A. Tujuan Percobaan

Menentukan koefisien gesekan statis  $s$  dan kinetis  $k$ .

### B. Peralatan yang Digunakan

1. Papan gesekan,
2. Balok kayu, dan beban (anak timbangan).
3. Neraca
4. Stop watch.

### C. Teori

Suatu benda yang bergerak pada suatu permukaan benda lain akan mendapat gaya yang arahnya berlawanan dengan arah benda. Gaya ini terjadi akibat gesekan kedua permukaan benda dan disebut sebagai gaya gesek

Koefisien gesekan statis ( $s$ ) Adalah perbandingan gaya statis maksimum ( $f_s$  maks) dengan gaya normal.

$$\mu_s = \frac{f_s(\text{maks})}{N} \quad (10.1)$$

Gaya normal ( $N$ ), untuk bidang datar dan bidang miring adalah seperti ilustrasi berikut :

- Pada saat tepat akan bergerak,  $f_s$  berharga maksimum sehingga :

$$\mu_s = \frac{m_2}{m_1} \quad (10.2)$$

- Keadaan tepat akan bergerak dapat dicapai pada sudut kemiringan tertentu (misal ), maka :

$$\mu_s = \text{tg} \phi = \text{tg} \frac{a}{b} \quad (10.3)$$

Koefisien gesekan kinetis ( $k$ ) Adalah perbandingan antara gaya gesekan kinetis dengan gaya normal ( $N$ )

$$\mu_k = \frac{f_k}{N} \quad (10.4)$$

Jika ditambahkan pada  $m_2$  (Gambar 10.1b), balok mulai bergerak. Apabila gesekan antara katrol dengan tali penghubung diabaikan maka dari Hukum Newton :

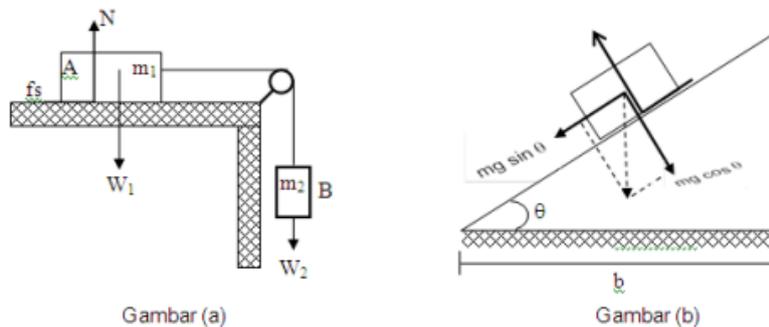
$$F_{total} = m_{total} \cdot a \quad (10.5)$$

Sehingga didapatkan :

$$\mu_k = \frac{m_2}{m_1} - \left[ \frac{m_1 + m_2}{m_1} \right] \frac{a}{g} \quad (10.6)$$

Atau dapat ditulis :

$$\frac{m_2}{m_1} = \left[ \mu_k + \frac{a}{g} \right] \frac{g}{g-a} \quad (10.7)$$



Gambar 10.1 Rangkaian percobaan koefisien gesekan statis dan kinetis

#### D. Cara Melakukan Percobaan

Koefisien gesekan statis.

1. Susun peralatan seperti pada Gambar (10.1a), letakkan benda A pada posisi tertentu.
2. Beri beban di A dan B sedemikian rupa sehingga sistem tepat akan bergerak.
3. Catat massa benda di A dan di B (Timbang juga tempat beban A dan B).

#### E. Koefisien gesekan kinetis.

1. Susun peralatan seperti Gambar (10.1a)
2. Letakkan benda A di posisi tertentu (tanyakan asisten) lalu beri beban di A dan B sehingga sistem bergerak dengan percepatan  $a$ . Catat posisi benda A sebelum bergerak dan waktu tempuh sistem bergerak hingga berhenti (ulangi lima kali).
3. Lakukan langkah 2 untuk posisi yang lain (tanyakan asisten).
4. Lakukan langkah 2 – 3 untuk massa beban yang berbeda (tanyakan asisten).

#### F. Tugas Untuk Laporan Resmi

1. Hitung besarnya  $s$  dengan persamaan (10.2)

2. Hitung besarnya percepatan  $a$  untuk percobaan menentukan koefisien gesekan kinetis.
3. Hitung persamaan  $k$  dengan persamaan (10.5)
4. Buat grafik  $\frac{m_2}{m_1}$  sebagai fungsi  $\frac{g}{g-a}$
5. Tentukan besarnya  $k$  berdasarkan grafik tersebut (kemudian bandingkan dengan hasil nomer 3).
6. Beri kesimpulan dari percobaan ini.

### **G. Tugas Pendahuluan**

1. Buktikan persamaan (10.2), (10.3), (10.6)
2. Tunjukkan bagaimana  $k$  dapat ditentukan dari grafik  $\frac{m_2}{m_1}$  sebagai fungsi  $\frac{g}{g-a}$  dari persamaan (10.6).
3. Bagaimana cara menentukan percepatan  $a$  dari percobaan koefisien gesekan kinetis.

# BAB XI

## MOMEN INERSIA

---

### A. Tujuan Percobaan

1. Memperkenalkan penggunaan Hukum Newton II pada gerak rotasi.
2. Menentukan momen inersia sistem benda berwujud roda sepeda.

### B. Peralatan Yang Dipergunakan

1. Roda sepeda beserta statif 1 set.
2. Electric stop clock 1 buah.
3. Anak timbangan 1 set.
4. Rollmeter 1 buah.
5. Waterpass dan tempat beban 1 buah.

### C. Teori

Pada dasarnya menentukan momen inersia benda berwujud tertentu seperti silinder pejal, bola dll, adalah mudah. Namun untuk benda yang berwujud tak beraturan menjadi sulit. Dalam hal ini kita gunakan Hukum Newton II pada gerak rotasi benda tersebut. Pada Gambar 11.1 roda sepeda dengan jari-jari  $R$ , massa  $m_1$ , dan momen inersia  $I$  diletakkan pada sumbu yang statif. Tali yang massanya dapat diabaikan dililitkan sekeliling roda dan pada ujungnya yang bebas diberi massa  $m_2$ , hingga : torsi pada sumbu :

torsi pada sumbu :

$$\tau = I \alpha \quad (11.1)$$

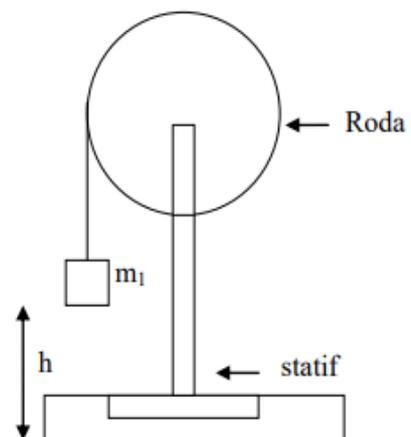
dengan  $\alpha$  = percepatan sudut

Karena percepatan tangensial  $a$ , maka :

$$a = R \alpha \quad (11.2)$$

Atau

$$I = R \tau / \alpha \quad (11.3)$$



Gambar 11.1 Rangkaian Percobaan Momen Inersia

Persamaan (11.2) dapat diselesaikan dengan bantuan persamaan Hukum Newton II untuk gerak rotasi dan translasi sistem.

$$\text{Hingga diperoleh : } I = m_1 R^2 (g/a - 1) \quad (11.4)$$

dengan :  $g$  = percepatan gravitasi bumi.

Momen Inersia Sistem I dapat dihitung dengan mengetahui percepatan tangensial melalui percobaan dengan bermacam-macam beban  $m_2$ .

#### **D. Cara Melakukan Percobaan**

- a. Atur roda sepeda seperti Gambar 11.1.
  - b. Periksa posisi sumbu statif agar tegak lurus bidang dengan waterpass.
  - c. Tentukan tinggi antara beban dengan lantai dan lepaskan beban. Catat waktu tempuh beban untuk mencapai jarak  $h$ . Lakukan 5 kali.
  - d. Lakukan untuk beban yang berbeda tiga kali.
  - e. Lakukan untuk tinggi  $h$  yang berbeda.
- 
- a. Atur tali hingga beban tergantung tepat pada roda, demikian pula dengan posisi sasarannya.
  - b. Lakukan seperti langkah a dan ukur jejari roda sepeda. 3. Lakukan percobaan yang lain dengan rumus yang lain pula, seperti yang anda ungkapkan pada tugas pendahuluan.

## BAB XII

# BOLA JATUH BEBAS

---

### A. Tujuan Percobaan

Menentukan besarnya percepatan gravitasi bumi di suatu tempat.

### B. Peralatan Yang Digunakan :

1. Power Supply 1 buah.
2. Stop clock (timer) 1 buah.
3. Holding magnet 1 buah.
4. Bola besi (gotri) 2 buah.
5. Stop kontak 1 buah
6. Morse key dan rollmeter 1 buah.

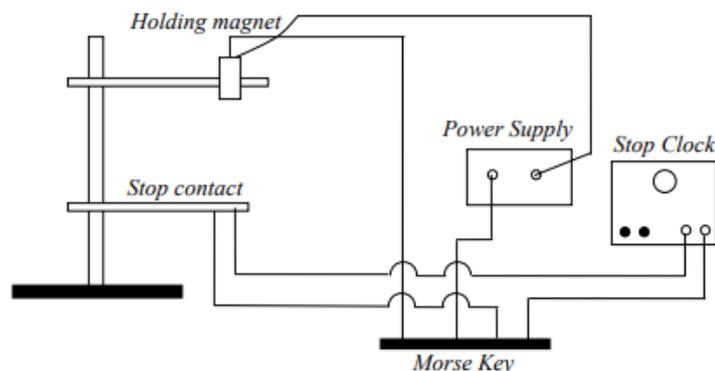
### C. Teori

Apabila sebuah benda dijatuhkan dari ketinggian tertentu maka benda tersebut akan mengalami percepatan sebesar :

$A = g$  dengan ( $g$ ) adalah percepatan gravitasi bumi di tempat tersebut. Jika benda dijatuhkan tanpa percepatan awal, maka jarak yang ditempuh ( $S$ ) :

$$S = \frac{1}{2} g t^2 \quad (12.1)$$

Dengan mengetahui jarak yang ditempuh ( $S$ ) serta waktunya  $T$ , maka harga  $g$  akan kita dapatkan :



Gambar 12.1 Rangkaian percobaan Bola Jatuh Bebas

**C. Cara Melakukan Percobaan :**

1. Susun peralatan seperti Gambar 12.1.
2. Tentukan jarak (S) dengan jalan mengatur ketinggian Holding magnet.
3. Jatuhkan bola besi dengan jalan menekan morse key dan catat waktu yang terbaca pada stop clock.
4. Lakukan langkah 1 – 3 sebanyak 5 kali.
5. Lakukan langkah 1 – 4 untuk ketinggian dan bola yang lain.

**D. Tugas Untuk Laporan Resmi :**

1. Hitung waktu rata-rata untuk setiap bola pada ketinggian tertentu.
2. Buat grafik antara h terhadap  $t^2$  untuk setiap bola.
3. Hitung kecepatan gravitasi dari table dan gambar.
4. Buat kesimpulan dari percobaan ini.

**E. Tugas Pendahuluan :**

1. Buktikan bahwa untuk benda jatuh bebas dipenuhi persamaan :

$$S = \frac{1}{2} gt^2 \quad (12.2)$$

2. Bagaimana kecepatan jatuh bola bila massa bola berlainan sedangkan selang waktu jatuh sama.
3. Sebutkan cara lain untuk mendapatkan besaran gravitasi.
4. Sebutkan hal-hal yang mempengaruhi percepatan gravitasi dan pengukuran.

## BAB XIII

# PENGUKURAN TEGANGAN PERMUKAAN

---

### A. Tujuan Percobaan

Menentukan tegangan permukaan dari berbagai cairan antara lain ; air, minyak, tanah, alkohol, dan olie.

### B. Peralatan Yang Diperlukan :

1. Stand base dengan panjang sisi 28 cm 1 buah.
2. Batang besi panjang 25 cm dan 50 cm 2 buah.
3. Spring balance dengan skala Newton 1 set.
4. Laboratory stand (dongkrak) 1 buah.
5. Cincin aluminium 1 buah.

### C. Teori :

Tegangan permukaan adalah usaha yang diperlukan untuk menciptakan suatu permukaan baru.

$$\alpha = \frac{Usaha}{Luas} = \frac{\Delta W}{\Delta A} = \frac{F \Delta S}{\ell \Delta S} = \frac{F}{\ell} \text{ Newton/m}^2 \quad (13.1)$$

Dalam percobaan ini yang digunakan adalah cincin aluminium berjari-jari r.

dengan :

F = gaya tarik

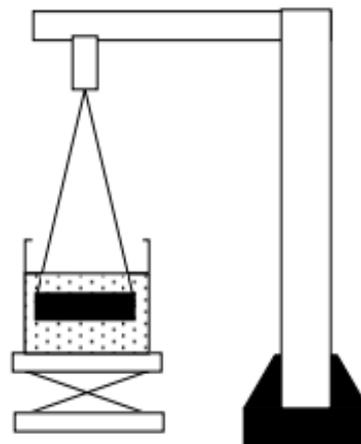
$\ell$  = panjang cairan yang kena permukaan

karena cincin punya 2 permukaan (luar dan dalam) maka :

$$\ell = 2\pi d \quad (13.2)$$

d = diameter cincin

$$\text{jadi } \alpha = \frac{\Delta F}{2\pi d} \quad (13,3)$$



Gambar 13.1 Susunan Peralatan Tegangan

### D. Cara Melakukan Percobaan :

1. Susun peralatan seperti Gambar 13.1
2. Isi gelas ukur dengan cairan yang akan dicari tegangan permukaannya.

3. Putar skrup dari penyangga hingga gelas ukur yang berisi cairan naik dan cincinnya tenggelam dalam cairan.
4. Lalu turunkan gelas ukur dengan jalan memutar skrup penyangga hingga dicapai keadaan maksimum dan baca tegangan permukaannya pada neraca pegas.
5. Cairan yang dicari tegangan permukaan () adalah : air, minyak tanah, alkohol, dan oli.
6. Lakukan masing-masing 5 kali dan buat tabelnya.

**E. Tugas Untuk Laporan Resmi :**

1. Hitung tegangan permukaan dari : air, minyak tanah, alkohol, dan olie. Masing-masing dengan ralatnya.
2. Buat grafik gaya sebagai fungsi tegangan permukaan untuk tiap titik cairan.
3. Buat kesimpulan dari hasil percobaan.

**F. Tugas Pendahuluan :**

1. Apa yang dimaksud dengan tegangan permukaan, mengapa terjadi ?
2. Apakah ada perbedaan khusus antara zat cair yang adhesive dan non-adhesive terhadap tegangan permukaannya ?
3. Terangkan hubungan antara permukaan dan rapat massa !
4. Tunjukkan cara lain untuk menentukan tegangan permukaan !