

**PENUNTUN PRAKTIKUM  
FISIKA DASAR I  
(JURUSAN PMIPA FKIP)**



**PENYUSUN:**

**Dr. Komang Werdhiana, M.Si**

**UNIT PELAKSANA TEKNIS (UPT)  
LABORATORIUM DASAR  
UNIVERSITAS TADULAKO  
PALU  
2013**

**MODUL I**  
**PENGUKURAN DASAR DAN KETIDAKPASTIAN**  
**PADA HASIL PENGUKURAN**

**I. TUJUAN**

1. Mampu menggunakan beberapa alat ukur dasar, menentukan ketidakpastian pada hasil pengukuran dan hasil percobaan serta menjelaskan arti statistiknya, dan memahami pengertian angka berarti.
2. Menggunakan jangka sorong ,Micrometer dan neraca Ohaus 311 gm.
3. Mencari besaran turunan (dalam modul ini : volume dan massa jenis).
4. Mengungkapkan hasil perhitungan lengkap dengan ketidakpastiannya.

**II.WAKTU BELAJAR**

Untuk dapat memahami dan menjalankan percobaan dalam modul ini dengan baik,diperlukan waktu belajar dirumah sekitar 1,5 jam dan dilaboratorium 3 jam.

**III. ALAT- ALAT**

- |                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| 1. Voltmeter     | 6 . Micrometer sekrup       |
| 2. Amperemeter   | 7 . Neraca Ohaus            |
| 3. Stop Watch    | 8 . Mistar plastik (30 cm ) |
| 4. Busur derajat | 9 . Balok besi              |
| 5. Jangka sorong | 10 Kelereng                 |

**IV . P U S T A K A**

1. B. Darmawan Djonobutro (1984 ).*Teori ketidakpastian* .penerbit ITB, Bandung.
2. Soejoto,dkk.(1993).*Petunjuk praktikum Fisika dasar*, DEPDIKBUD.

3. DC Baird (1962). *Experimentation An Inroduction to Measurement Theory and Experiment Design.*

## V. BAHAN BELAJAR DI RUMAH

### 5.1 Ketidakpastian Dan sumbernya

#### 5.1.1 Ketidakpastian Yang Ditimbulkan oleh adanya *Nilai Skala yang Terkecil (NST)* Alat Ukur

Setiap alat ukur mempunyai skala terkecil yang merupakan keterbatasannya. Karena itu, hasil pengukuran dengan membaca skala pada alat ukur hanya dapat dipastikan hingga batas (jumlah angka ) tertentu saja. Inilah salah satu sumber ketidakpastian yang tak terelakkan .

contoh : pengukuran panjang batang dengan sebuah penggaris plastik biasa hanya dapat memberi hasil pasti sampai skala terkecilnya, yaitu milimeter. jika ternyata panjang batang lebih dari 9,4 cm tetapi kurang dari 9,5 cm, kita dapat menambahkan satu angka lagi pada 9,4 cm, misalnya 9, 45 cm. Angka 5 yang terakhir itu kita peroleh hanya dengan perkiraan saja. Tidak pasti, jadi mengandung ketidakpastian Bila pengukuran hanya dilakukan satu kali ( pengukuran tunggal ),maka ketidak pastian pada pengukuran tersebut di perkirakan berdasarkan skala terkecil . Misalkan :

jarak antara garis skala terkecil + 1 mm dan jarum petunjuk untuk membaca tidak begitu bagus , dalam hal ini biasanya ketidak pastian  $x$  dari besaran  $x$  yang diukur diambil.

$$x = 1/ 2 \text{ NST alat ukur.}$$

Contoh: NST satu milli Amperemeter =1 mA

maka :  $x = 0,5 \text{ Ma}$

Jika alat ukur mempunyai skala terkecil yang jarak goresannya agak besar, goresannya ± tajam (tipis) begitupula jarum petunjuknya halus, maka ketidakpastian pada pembacaan alat ini dapat lebih kecil dari  $\frac{1}{2}$  NST. Misalnya :

$$\Delta x = \frac{1}{5} \text{ NST alat ukur}$$

Dalam penetapan nilai  $\Delta x$  kita harus yakin 100 %, bahwa nilai yang sebenarnya terletak antara  $x - \Delta x$  dan  $x + \Delta x$ .

*Hasil pengukuran tersebut dituliskan sebagai berikut :*

$x = (x_0 \pm \Delta x)$  satuan yang sesuai, dengan  $x$  adalah besaran yang diukur

$x_0$  = nilai besaran yang diperoleh dari pengukuran tunggal

$\Delta X$  = ketidakpastian pada pengukuran tunggal yang berasal dari NST.

$\Delta x = \frac{1}{2}$  atau  $\frac{1}{5}$  atau . . . . . NST alat ukur yang digunakan, dengan keyakinan 100

% bahwa  $x$  terletak antara  $x_0 - \Delta x$  dan  $x_0 + \Delta x$

*Tugas R-1 : a) Tentukan NST jam tangan anda dan jam dinding di rumah anda.*

*b) Tuliskan suatu hasil pembacaan jam dan ketidakpastiannya untuk jam dinding tersebut di atas.*

*Tugas R-2 : pelajarilah mengenai alat-alat ukur dasar mekanika terutama mengenai jangka sorong dan micrometer sekrup. jawablah pertanyaan berikut ini :*

*a) Jangka sorong dan banyak alat ukur lainnya dilengkapi dengan skala nonius. Apakah gunanya nonius pada alat ukur semacam ini ?.*

- b) *Jelaskanlah ( dengan gambar ) suatu contoh cara membaca suatu besaran yang diukur dengan alat ukur panjang yang menggunakan nonius, dimana panjang nonius sama dengan 19 skala terkecil alat (mm) dan nonius tersebut dibagi menjadi 20 bagian!*
- c) *Berapa mm kah selisih panjang satu skala utama alat ukur dan satu skala nonius pada soal b ?.*
- d) *Berikanlah suatu contoh penulisan hasil pengukuran panjang yang menggunakan jangka sorang tersebut diatas lengkap dengan ketidakpastiannya.*
- e) *Ungkapkanlah keistimewaan sebuah micrometer sekrup sebagai alat ukur mengukur panjang . Berikanlah suatu contoh hasil pengukuran dengan micrometer sekrup beserta ketidakpastiannya .*

### 5.1.2 Ketidakpastian Bersistim

Ketidakpastian bersistim dapat disebut sebagai kesalahan. Kesalahan tersebut dapat diperbaiki sebelum pengukuran dilaksanakan ,jika tidak memungkinkan , usahakan untuk mengoreksi kesalahan ini pada hasil akhir pengukuran .

Di antaranya kesalahan yang sering terjadi adalah :

#### a). Kesalahan kalibrasi

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik , jika mungkin lakukanlah pengkalibrasianulang alat yang akan digunakan . Untuk itu perlukan alat standar yang menunjukkannya jauh lebih terjamin kebenarannya .Caranya adalah dengan membuat catatan (atau grafik ) yang menyatakan berapa hasil bacaan alat standar untuk setiap angka yang di tunjukkan oleh alat yang digunakan . Untuk mengoreksi hasil bacaan pengukuran , digunakan alat tersebut.

Contoh : Terbaca arus 2,5 A. Sedangkan hasil kalibrasi menunjukkan 2,5 A sesuai dengan 2,8 A pada alat standar. Maka nilai yang digunakan sebagai hasil pengukuran adalah 2,8 A.

b). Kesalahan titik nol

Pada alat ukur yang baik kesalahan ini dapat dikoreksi dengan memutar tombol pengatur kedudukan (penunjukan) jarum agar dimulai dengan menunjuk tepat angka nol. Jika tidak, anda harus membuat catatan penunjukan awal jarum tersebut dan kemudian mengoreksi semua hasil bacaan (pengamatan) skala dengan kesalahan titik nol tersebut.

c). Kesalahan Paralaks

Kesalahan ini timbul akibat kesalahan arah pandang sewaktu membaca skala.

### 5.1.3 Ketidakpastian Acak

Ketidakpastian ini bersumber dari keadaan atau gangguan yang sifatnya acak menghasilkan ketidakpastian acak. Penyebabnya, diantaranya adalah gerakan molekul udara (gerak Brown), fluktuasi tegangan listrik, bising elektronik. Semuanya sering diluar kemampuan kita untuk mengendalikannya. Untuk pengukuran yang teliti harus diusahakan, misalnya, ruang yang tertutup (mengurangi pengaruh angin), sumber tegangan yang berkualitas tinggi (yang menjamin tidak terjadi fluktuasi yang tinggi), dan sebagainya.

### 5.1.4 Keterbatasan kemampuan/ketrampilan pengamat

Kita harus pula menyadari bahwa alat yang bermutu tinggi belum menjamin hasil pengukuran yang bermutu tinggi pula, karena jika itu melibatkan sipengamat sebagai yang mengamati langsung atau yang mengatur segala sesuatu yang terkait dengan pengukuran tentulah ketrampilan, ketajaman mata, dan kemampuan lainnya dari sipengamat itu ikut memberi andil pada mutu hasil

pengukuran . Dengan kata lain, sipengamat itu merupakan salah satu sumber kesalahan atau ketidak pastian.

## 5.2 Ketidakpastian pada pengukuran berulang

Secara intuitif kita dapat merasakan bahwa keyakinan kita akan benarnya hasil pengukuran meningkat bila pengukuran itu dilakukan *berulang*. Jika hasil pengukuran yang dilakukan berulang itu tidak banyak bedanya satu sama lainnya, kita lebih yakin bahwa nilai sebenarnya yang ingin kita peroleh itu berada dalam daerah sempit sekitar hasil pengukuran itu. Semakin banyak kali diulang dan ternyata hasilnya masih tidak banyak berbeda, semakin meningkat pula kepercayaan kita akan hasil yang diperoleh.

Sekarang, masalahnya nilai mana yang harus kita gunakan sebagai hasil pengukuran tersebut, dan berapa pula ketidak pastiannya, serta apapula arti yang terkait dengan ketidak pastian tersebut. Untuk ini, ilmu statistika membantu kita memecahkannya.

Dibawah ini diberikan beberapa hal yang penting sehubungan dengan percobaan (latihan) yang akan kita lakukan dilaboratorium.

### 5.2.1. Nilai rata-rata

Misalkan kita melakukan N kali pengukuran besaran X dengan hasil  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . Kesimpulan nilai x ini merupakan suatu sampel dari populasi besaran x. Dari sampel ini kita tidak mungkin memperoleh nilai sebenarnya, yaitu  $x_0$ , nilai yang dipandang terbaik terhadap nilai  $x_0$  adalah *nilai rata-rata sampel* yang ditentukan sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

contoh :  $X_1 = 3 \text{ mA}$ ,  $X_2 = 4 \text{ mA}$ ,  $X_3 = 3 \text{ mA}$

$$\bar{x} = \frac{3+4+3}{3} = \frac{10}{3} = 3,3 \text{ mA}$$

### 5.2.2. Ketidakpastian pada nilai rata-rata, Deviasi Standar

Salah satu besaran yang banyak digunakan sebagai ketidak pastian pada nilai rata-rata adalah Deviasi Standar yang ditentukan sebagai berikut :

$$\Delta x = S_{\bar{x}} = \left[ \frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{N-1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

contoh :  $x_1 = 3, x_2 = 4, x_3 = a$

$$(\sum x_i)^2 = (3+4+3)^2 = 10^2 = 100$$

$$N \sum x_i^2 = 3(3^2 + 4^2 + 3^2) = 102$$

$$\text{Jadi, } \Delta x = \frac{1}{3} \left( \frac{102-100}{3-1} \right) = 0,3 \text{ mA}$$

Hasil pengukuran untuk contoh ini, dituliskan sebagai berikut :

$$x = \bar{x} \pm \Delta x = (3,3 \pm 0,3) \text{ mA}$$

### 5.2.3. Arti Deviasi Standar sebagai ketidak pastian pada pengukuran berulang

Dari contoh di 5.2.1 dan 5.2.2, dapat kita lihat bahwa selang antara  $\bar{x} - \Delta x$  dan  $\bar{x} + \Delta x$ , yaitu 3,0 dan 3,6 tidak mencakup semua nilai pengukuran. jelas kita

tidak dapat yakin 100 % bahwa perbedaan antara nilai  $\bar{x}$  dan  $x_0$  telah dicakup oleh  $\Delta x$ . Arti statistik untuk ketidakpastian ini adalah : ada keyakinan 68 % bahwa simpangan  $x$  dan  $\bar{x}$  tidak lebih dari  $\Delta x$  ( $S\bar{x}$ ).

#### 5.2.4 Ketelitian Pengukuran dan ketidakpastian Relatif

Ketidakpastian  $\Delta x$  seperti yang telah dikemukakan diatas disebut ketidakpastian mutlak. Ketidakpastian ini telah dapat memberi informasi mengenai mutu alat ukur yang digunakan, tetapi belum mengungkapkan mutu pengukuran. Jelas akan berbeda mutu pengukuran yang menghasilkan ketidakpastian \*\*\*untuk pengukuran panjang yang nilainya sekitar 1000 cm dengan yang nilainya beberapa cm saja.

Untuk menyatakan KETELITIAN PENGUKURAN yang menggambarkan MUTU PENGUKURAN tersebut digunakan :

$$KETIDAKPASTIAN RELATIF = \frac{\Delta X}{X}$$

semakin kecil  $\frac{\Delta X}{X}$  Semakin tinggi ketelitian pengukuran tersebut.

contoh :  $X = \bar{X} \pm \Delta X = 3,3 \pm 0,3$

dapat ditulis  $x = 3,3 \pm 9\%$

di sini  $\Delta X / X = 0,3 / 3 = 1/10 = 10\%$ .

#### 5.2.5 Angka Berarti

Bialah hasil perhitungan  $\bar{x} = 10/3$  dituliskan dalam desimal, berapa angka yang wajar dituliskan? Apakah 3 atau 3,3 atau 3,33 seterusnya? Untuk menentukannya harus kita perhatikan ketidakpastiannya.

Ketidakpastian sebaiknya hanya dituliskan dengan satu angka saja misalnya  $\Delta x = 1/3 = 0,3$ . Tentulah tidak ada artinya kita menuliskan  $\bar{x} = 3,33$  sedangkan

ketidakpastiannya adalah 0,3. Dalam contoh ini kita gunakan dua angka berarti saja untuk  $\bar{x}$ , yaitu :

$$\begin{aligned} x &= (3,3 \pm 0,3) mA \\ &= (3,3 \pm 0,3) \times 10^{-3} A. \end{aligned}$$

Suatu aturan praktis dapat digunakan, yaitu :

$$\text{Jumlah angka berarti} = 1 - \log \frac{\Delta x}{x}$$

Contoh :  $\frac{\Delta x}{x} \cong 10\%$  gunakan 2 angka berarti  
 $\cong 1\%$  gunakan 3 angka berarti  
 $\cong 0,1\%$  gunakan 4 angka berarti

*Tugas R-3: Diberikan hasil pengukuran berulang  $x_i = 5,2; 5,3; 4,9; 5,4; 5,2; 5,4;$  dan 5,.*

- a. Tentukanlah nilai rata-rata nya
- b. Tentukanlah deviasi standarnya
- c. Tentukanlah ketidakpastian relatifnya
- d. Jelaskan berapa angka berarti pada hasil pengukuran tersebut
- e. Tuliskanlah hasil pengukuran lengkap dengan ketidakpastiannya.

### 5.3 Ketidakpastian besaran yang merupakan fungsi dari besaran lain

Banyak besaran yang ditentukan melalui hubungannya dengan besaran lain yang sudah di ketahui ( diukur atau ditentukan sebelumnya). Misalnya ,  $V$

$$= PLT \text{ dan } \rho = \frac{M}{V}.$$

Dalam hal ini yang diukur adalah P, L, T dan M. Ada dua kemungkinan cara memperoleh besaran–besaran tersebut dari pengukuran, misalnya:

- 1). Panjang P diukur satu kali dengan hasil

$$P = (P \pm \Delta P) \text{ satuan}$$

= Hasil bacaan pada alat ukur

$\Delta P$  = Ketidakpastian dari NST .

Arti statistiknya : Yakin 100 % panjang yang sebenarnya terletak antara  $P - \Delta P$  dan  $P + \Delta P$

2). Panjang P diukur berulang dengan hasil

$$P = (\bar{P} \pm \Delta P) \text{ satuan}$$

$$P = \frac{\sum P_i}{N} = \text{nilai rata - rata}$$

$P_i$  = hasil masing – masing pengukuran

N = jumlah pengukuran

$$\Delta P = \delta_{\bar{p}} = \text{deviasi standar } \bar{P}$$

Arti Statistiknya : yakin 68 % selisi  $\bar{P}$  dengan nilai yang sebenarnya  $P_o$  tidak lebih dari  $\delta_{\bar{p}}$ . Karena perbedaan cara memperoleh besar dan ketidakpastian ini terkait pula dengan arti statistik yang berbeda, maka cara menentukan ketidakpastian besaran yang akan ditentukan tersebut dibedakan sesuai dengan 3 kasus berikut :

5.3.1 Semua besaran ditentukan melalui pengukuran tunggal (ketidakpastiannya berasal dari NST)

Secara umum hubungan besaran yang akan ditentukan dapat dituliskan sebagai berikut :  $V = V ( P, L, T )$  Bila P, L,dan T diperoleh dari pengukuran tunggal dengan hasil:

$$P = P \pm \Delta P$$

$$L = L \pm \Delta L$$

$$T = T \pm \Delta T$$

maka ketidakpastian  $\Delta V$  dari besaran  $V$  ditentukan sebagai berikut :

$$\Delta V = \left| \frac{\partial V}{\partial P} \right|_{p,l,t} |\Delta P| + \left| \frac{\partial V}{\partial L} \right|_{p,l,t} |\Delta L| + \left| \frac{\partial V}{\partial T} \right|_{p,l,t} |\Delta T|$$

contoh :  $v = P L T$

$$\left| \frac{\partial V}{\partial P} \right|_{p,l,t} = L T$$

$$\left| \frac{\partial V}{\partial L} \right|_{p,l,t} = P T$$

$$\left| \frac{\partial V}{\partial T} \right|_{p,l,t} = P L$$

$$\text{maka : } \Delta V = LT(\Delta P) + PT(\Delta L) + PL(\Delta T)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta T}{T}$$

Tugas R – 4 : Jika dari pengukuran tunggal panjang, lebar dan tinggi sebuah balok di peroleh hasil :

$$P = (7,24 \pm 0,02) \text{ cm}$$

$$L = (3,43 \pm 0,02) \text{ cm}$$

$$T = (1,523 \pm 0,002) \text{ cm}$$

Tentukanlah : a ) Ketidakpastian mutlak dan relatif volume benda.

b ) Berapa angka berarti volume anda ?

c ) Tuliskanlah hasil penentuan volume benda.

d) Jelaskan arti statistik hasil penentuan ini.

5.3.2. Semua Ketidakpastian Adalah Deviasi Standar ( Dari pengukuran Berulang )

Misalkan  $V = V(P,L,T)$  ditentukan dengan pengukuran P, L, dan T berulang kali sehingga diperoleh :

$$P = \bar{P} \pm \Delta P$$

$$L = \bar{L} \pm \Delta L$$

$$T = \bar{T} \pm \Delta T$$

$\bar{P}, \bar{L}$  dan  $\bar{T}$  adalah nilai rata-rata P, L dan T; sedangkan  $\Delta P, \Delta L$  dan  $\Delta T$  adalah deviasi standar. Maka ketidakpastian  $\Delta V = \delta_v =$  deviasi standar untuk V ditentukan sebagai berikut :

$$\Delta = \delta_v = \left[ \left| \frac{\partial V}{\partial P} \right|_{P,L,T}^2 |\delta_P|^2 + \left| \frac{\partial V}{\partial L} \right|_{P,L,T}^2 |\delta_L|^2 + \left| \frac{\partial V}{\partial T} \right|_{P,L,T}^2 |\delta_T|^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

contoh :  $v = P L T$

$$\Delta V = \delta_v = \left[ |LT|^2 |\delta_P|^2 + |PT|^2 |\delta_L|^2 + |PL|^2 |\delta_T|^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta T}{T}$$

Tugas R – 5 : Dari pengukuran berulang diperoleh nilai rata – rata panjang, lebar dan tinggi balok beserta deviasi standarnya sebagai berikut :

$$\bar{p} = (7,245 \pm 0,003) \text{ cm}$$

$$\bar{l} = (3,432 \pm 0,002) \text{ cm}$$

$$\bar{t} = (1,5230 \pm 0,0003) \text{ cm}$$

- Tentukanlah :
- Ketidakpastian (deviasi standar) volume benda dan ketidakpastian relatifnya.
  - Tuliskan hasil penentuan volume balok ( beserta ketidakpastian relatifnya )
  - Jelaskan arti statistik dari hasil yang anda peroleh di b

5.3.3. Sebagian ketidakpastian adalah Deviasi standar dan sebagian lagi dari NST

Karena ketidakpastian yang berasal dari NST dan dari deviasi standar mempunyai arti statistika yang berlainan, harus diadakan penyesuaian terlebih dahulu. Karena ketidakpastian yang berasal dari NST menghasilkan tingkat kepercayaan 100 % sedangkan deviasi standar hanya 68 % maka untuk mengubah ketidakpastian yang berasal dari NST menjadi ( diperlukan sebagai ) deviasi standar, harus dikalikan dengan  $2/3$  .

Contoh : Massa diukur satu kali dengan hasil  $M = m \pm \Delta m$ .

$$\Delta m = \text{ketidakpastian} = \frac{1}{2} NST.$$

$$\text{Maka : } \delta_m = \frac{2}{3} \Delta m.$$

Misalkan, besaran bergantung pada besaran M dan V , secara umum dapat ditulis :

$$\rho = \rho(M, V)$$

$M = m \pm \Delta m$  dari pengukuran tunggal

$$V = \bar{V} \pm \Delta V \quad (\Delta V = \text{deviasi standar})$$

$$\text{maka : } \delta_m = \frac{2}{3} \Delta m$$

$$\delta_v = \Delta V$$

Ketidakpastian  $\rho$  ditentukan seperti pada bagian 5.3.2 dengan hasil sebagai berikut :

$$\Delta\rho = \left[ \left| \frac{\partial\rho}{\partial M} \right|_{mV}^2 \left| \frac{2}{3} \Delta m \right|^2 + \left| \frac{\partial\rho}{\partial V} \right|_{mV}^2 |\delta_V|^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

contoh : Rapat massa  $\rho = \frac{M}{V} = MV^{-1}$

$$\left| \frac{\partial\rho}{\partial M} \right|_{mV} = V^{-1} \quad \text{dan} \quad \left| \frac{\partial\rho}{\partial V} \right|_{mV} = -MV^{-2}$$

maka ;  $\Delta\rho = \left[ (V^{-2})^2 \left( \frac{2}{3} \Delta M \right)^2 + (-MV^{-2})^2 (\delta_V)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta M}{M}$$

Tugas R-6 : Bila pada Tugas R-6 ditambahkan hasil pengukuran massa (pengukuran Tunggal)  $m = (21,52 \pm 0,01)$  gram.

- a) Tentukanlah ketidakpastian ( deviasi standar ) rapat massa balok. Tentukanpulah ketidakpastian relatifnya dan jumlah angka berarti yang dapat digunakan unuk menuliskan hasil pengukuran rapat massa tersebut.
- b) Tentukanlah rapat massa balok dan tuliskan bersama ketidakpastian (deviasi standarnya ). Jelaskanlah arti statistik hasil ini.

## VI. TUGAS DI LABORATORIUM

Tugas P – 1 ;

1. Serahkanlah tugas rumah anda kepada asisten yang bertugas .
2. Jawablah tes awal yang diberikan oleh asisten
3. Pinjamlah alat – alat yang diperlukan dalam modul ini

Tugas P – 2 :

1. Tentukanlah NST dari :
  - a) Mistar plastik
  - b) Busur derajat
  - c) Voltmeter
  - d) Amperemeter
  - e) Stop watch.
  - f) Termometer

Tugas P - 3

2. Pelajarilah cara membaca hasil pengukuran dengan jangka sorong dengan menggunakan nonius nya.
  - a) Ambil mistar plastik,kemudian tentukan *nilai skala utama* yang paling kecil dari jangka sorong.
  - b) Hitunglah banyaknya skala nonius.
  - c) Katupkanlah jangka sorong anda rapat-rapat ,jangan paksakan,perhatikan kunci yang harus ditekan agar dapat mengerakan bagian yang dapat digeser.Pada kedudukan ini catatlah penunjukan nonius terakhirterhadap skala utama.
  - d) Tentukanlah skala noniusnya .
  - e) Tentukanlah NST jangka sorong.

Tugas P – 4 :

3. Pelajarilah cara membaca hasil pengukuran dengan micrometer sekrup.
  - a) Ambil mistar plastik,kemudian tentukan nilai skala mendatar yang paling kecil dari mocrometer.
  - b) Hitunglah banyak skala berputar .
  - c) Putar tramol hingga skala berputar menunjuk nol skala mendatar dan skala mendatar juga menunjuk nol skala berputar.d)Putar kembali tromol satu kali putaran penuh,kemudian catat berapa skala mendatar yang keluar
  - d) Dari data diatas,tentukanlah satu nilai skala berputar .

- e) Putar kembali hingga tromol berbunyi satu kali. Catat penunjukan skala berputar dan skala mendatar. Penunjukan ini disebut *Kesalahan titik nol* (jika kedua skala tidak tepat nol). Tentukan kesalahan titik nol – nya.  
Ingat ! Tandanya ada yang positif dan ada yang negatif .

Tugas P –5 :

4. Ukurlah panjang dan lebar balok dan jangka sorong, masing-masing satu kali. Tentukan ketidakpastian relatifnya masing-masing. Laporkan hasil pengukuran lengkap dengan ketidakpastiannya.

Tugas P- 6 :

5. Ukurlah diameter kelereng dengan micrometer sekrup, masing-masing satu kali. Tentukan ketidakpastian relatifnya. Laporkan hasil pengukuran lengkap dengan *ketidakpastiannya*.

Tugas P – 7 :

6. Ukurlah tebal balok dengan micrometer sekrup satu kali. Tentukan ketidakpastian relatifnya. Tulislah hasil pengukuran ini lengkap dengan ketidakpastiannya dengan memperhatikan angka berti yang digunakan.

Tugas P - 8

7. Tentukanlah volume balok dan kelereng dari hasil pengukuran di tugas P- 5, P- 6 dan P- 7. Tentukanlah ketidakpastian mutlak dan ketidakpastian relatif. Tuliskanlah hasil penentuan volume benda tersebut lengkap dengan ketidakpastiannya dengan memperhatikan jumlah angka berarti .

Tugas P – 9 :

8. a) Ukurlah panjang, lebar dan tinggi balok serta diameter kelereng masing-masing 5 kali .  
b) Masing-masing , tentukanlah nilai rata-ratanya.  
c) Tentukanlah ketidakpastian (deviasi Standar ) masing-masing besaran tersebut .  
d) Tentukan pula ketidakpastian relatifnya masing-masing .

- e) Tentukanlah volume balok dan kelereng beserta ketidakpastian mutlak dan relatifnya. Tulislah hasil perhitungan volumenya lengkap dengan ketidakpastian mutlaknya.
- f) Bandingkanlah ketelitian hasil penentuan volume di P – 8 .

Tugas P—10 :

- 9. Pelajarilah cara menggunakan neraca Ohaus 311 untuk menimbang balok dan kelereng. Catatlah hal-hal yang perlu diperhatikan pada neraca tersebut . Berapakah NST-nya (massa beban terkecil)?

Tugas P – 11 :

- 10. Timbanglah balok dan kelereng masing-masing satu kali.Tulislah dengan ketidakpastiannya .

Tugas P – 12 :

- 11. a) Gunakan hasil pengukuran di - P – 11 dan penentuan volume di- P –9 untuk menentukan rapat massa balok.
- b) Tentukan ketidakpastian mutlak dan relatifnya .
- c) Tuliskan hasil penentuan rapat mass a balok lengkap dengan ketidakpastianya mutlaknya,dengan mengingat dengan angka berarti.
- d) Jelaskan arti statistik hasil yang diperoleh.

## **MODUL II**

### **BANDUL SEDERHANA**

#### **I. TUJUAN**

1. Memahami konsep gerak harmonik sederhana dan beberapa faktor yang mempengaruhi periode (waktu ayun).
2. Mengukur periode gerak bandul sederhana .
3. Menghitung percepatan gravitasi bumi .

#### **II. Waktu belajar**

Untuk dapat memahami dan menjalankan praktikum modul ini dengan baik, diperlukan waktu belajar di rumah sekitar 1,5 jam dan dilaboratorium sekitar 3 jam .

#### **III. ALAT DAN BAHAN**

1. Bandul dan penggantung
2. Statif
3. Mistar (100 cm)
4. Stop Watch
5. Kertas grafik

#### **IV. PUSTAKA**

1. Tim pengajar Fisika Dasar (1994 ). *Buku ajar Fisika Dasar I*. UP-MIPA Universitas Tadulako Palu.
2. Halliday and resnick ( 19). *Fisika*. Penerbit Erlangga , Jakarta.
3. Sutrisno ( 1982 ). *Seri Fisika Dasar; Mekanika*. Penerbit ITB, Bandung .

#### **V. BAHAN BELAJAR DI RUMAH**

Tinjauan gerak suatu sistem yang disebut bandul sederhana. Bandul ini adalah benda ideal yang terdiri dari sebuah titik massa  $m$  yang digunakan pada seutas tali ringan yang tidak dapat melar. Jika bandul ditarik ke samping dari posisi setimbang lalu dilepaskan, bandul akan berayun dalam bidang vertikal karena pengaruh gravitasi bumi. Geraknya merupakan gerak osilasi dan periodik.

Mari kita pelajari lebih lanjut gerak bandul ini. Kita selidiki dalam keadaan yang bagaimana gerak bandul ini mengikuti *gerak harmonik sederhana*.

Tugas R-1 : a) Tuliskanlah gaya-gaya apa saja yang bekerja pada bandul  $m$ .

b) Gambarkanlah diagram gaya yang bekerja pada bandul  $m$ .

Gaya-gaya yang bekerja pada  $m$  terdiri atas *komponen radial* dan *komponen tangensial*. Resultan gaya radial bertindak sebagai gaya yang dibutuhkan beban agar tetap bergerak melingkar. Resultan gaya tangensial bertindak sebagai gaya pemulih yang bekerja pada  $m$  untuk mengembalikannya ke titik kesetimbangannya.

Tugas R-2: Turunkan persamaan yang menyatakan hubungan antar besarnya gaya radial dengan besaran-besaran lainnya.

Tugas R-3 : a) Turunkanlah persamaan yang menyatakan hubungan antara besarnya gaya pemulih dengan massa  $m$ , panjang tali  $l$ , dan simpangan sudut bandul  $\theta$

b) Tunjukkan bahwa untuk  $\theta$  kecil ( $\sin \theta \cong \theta$ ) gaya pemulih pada bandul berbanding lurus dengan simpangan  $x$ , tetapi berlawanan arah.

Jika gaya diungkapkan dalam Tugas R-3b dipenuhi berarti syarat gerak harmonik sederhana terpenuhi. Selanjutnya, gaya pemulih dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$F = -kx$$

dimana  $k$  adalah suatu tetapan.

Tugas R-4 : Apakah perioda bandul di atas bergantung pada massa  $m$ ?

Tugas R-5 : Di permukaan sebuah planet, besarnya percepatan gravitasi hanya seperempat  $g$  (percepatan gravitasi di bumi). Apabila periode bandul sederhana di bumi adalah  $T$ , tentukanlah periodenya diplanet tersebut.

## **VI. TUGAS DI LABORATORIUM**

Tugas P-1 :

1. Serahkan tugas rumah anda kepada asisten yang bertugas.
2. Jawablah tes awal yang diberikan oleh asisten .
3. Pinjamlah alat-alat /bahan percobaan kepada laboran .

*Tugas P-2 :*

1. Berikanlah simpangan yang cukup kecil pada bandul dan biarkan beryun beberapa saat. Setelah itu baru mulai mencatat waktu yang diperlukan untuk 50 ayunan .
2. Catat panjang tali  $l_1$  dan massa beban  $m_1$ .
3. Ulangi langka 1 – 2 dengan panjang tali  $l_1$  dan beban  $m_2$ .
4. Ulangi langka 3 dengan panjang tali  $l_2$  dan beban  $m_1$
5. Ulangi langka 3 dengan panjang tali  $l_2$  dan beban  $m_1$ .

Tugas P –3 :

1. Hitunglah periode ayunan untuk setiap panjang tali /massa beban.
2. Hitunglah pecepatan gravitasi bumi dari data-data yang anda peroleh.
3. Buatlah kesimpulan dan saran – saran mengenai percobaan ini.

## **MODUL III**

### **BALOK KACA DAN PRISMA**

#### **I. TUJUAN**

1. Memahami hukum Snellius tentang pembiasan.
2. Memahami dan mengamati sifat-sifat pembiasan pada prisma dan balok kaca.
3. Membuktikan hukum Snellius tentang pembiasan.
4. Menggambarkan jalannya sinar bias pada balok kaca dan prisma.
5. Menentukan indeks bias pada satu bidang batas (balok kaca, dan dua bidang batas prisma).
6. Menentukan besarnya sudut deviasi.

#### **II. WAKTU BELAJAR**

Untuk dapat memahami dan menjalankan praktikum modul ini dengan baik, diperlukan waktu belajar di rumah sekitar 1,5 jam dan dilaboratorium sekitar 3 jam .

#### **III. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN**

- |                  |                       |
|------------------|-----------------------|
| 1 Balok kaca.    | 5. Mistar 30 cm       |
| 2 Prisma         | 6. Jarum Pentul warna |
| 3 Papan landasan | 7. Kertas grafik      |
| 4 Busur derajat  | 8. Paku tindis        |

#### **IV. PUSTAKA**

1. Sutrisno, 1985. *Seri Fisika Dasar (Gelombang dan Optik)*, Penerbit ITB.
2. Hollyday and Resnick (Terjemahan P. Silaban dan E. Sucipto), 1984. *Fisika Edisi Ke-3 Jilid I*, Penerbit Erlangga.
3. Tim Penyusun Fisika, 1994. “Buku Ajar Fisika Dasar II” TPB Fisika FMIPA FKIP Universitas Tadulako.
4. Buku-buku fisika yang relevan dengan percobaan ini.

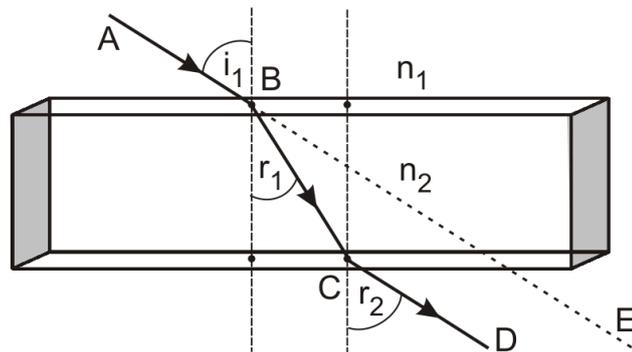
## V. TEORI RINGKAS

### 1. Balok Kaca

Bila berkas cahaya didatangkan pada salah satu sisi balok kaca/kaca plan paralel (sinar datang AB), maka sinar tersebut akan keluar lagi pada sisi lain setelah mengalami pembiasan (sinar CD) seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.1.

Dalam model ini, jika ditinjau untuk satu bidang batas maka sinar datang AB (sudut  $i_1 = i$ ) dan dibiaskan menjadi BC (sudut bias  $r_1 = r$ ). Menurut Snellius, pembiasan antara sinus datang dengan sinus sudut bias pada medium udara adalah :

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} \quad (1)$$



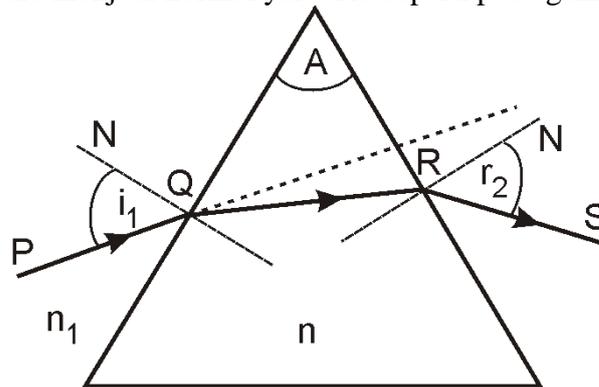
Gambar 3.1 Berkas cahaya pada balok kaca

Tugas R-1:

- Buktikan persamaan (1)
- Berdasarkan hukum Snellius maka buktikan secara matematik bahwa sinar datang AE dengan sinar yang keluar balok kaca (sinar CD) adalah sejajar (AE sejajar CD).

### 2. Prisma

Prisma optik adalah benda yang dapat tembus cahaya yang berotasi oleh dua bidang sisi yang membentuk sudut sat sama lain yang disebut sudut pembias (A). Bila pada salah satu sisi prisma didatangkan suatu sinar PQ, oleh prisma dibiaskan mendekati normal, yaitu QR, kemudian keluar lagi dan dibiaskan oleh udara menjadi normal yaitu RS seperti pada gambar berikut :



Gambar 3.2 Berkas cahaya pada Prisma

Tugas R-2: Buktikan  $A = \frac{1}{2} \alpha$

Sudut yang dibentuk antara perpanjangan sinar datang terhadap sinar bias QS disebut *sudut deviasi (D)* dengan rumus :

$$D = i_1 + i_2 - A \quad (2)$$

Tugas R-3:

- Buktikan Persamaan (2) dan tuliskan arti simbol-simbol tersebut.
- Berdasarkan Persamaan (2) terangkan hubungan antara D dengan besaran-besaran lainnya ( $i_2$  dan A).

Dengan melakukan percobaan dengan sudut datang diubah-ubah akan menghasilkan sudut deviasi yang berubah-ubah dan sudut ini akan mencapai minimum dengan syarat  $i_1 = r_2$  sehingga terjadi sudut deviasi minimum ( $D_m$ ) dengan rumus :

$$n = \frac{\sin 1/2(A + D_m)}{\sin 1/2A} \quad (3)$$

Tugas R-4: Buktikan Persamaan (3)

Jika pengukuran ini dipergunakan sudut  $A$  yang kecil, maka harga  $D_m$  juga kecil sehingga Persamaan (3) dapat ditulis :

$$D_m = (n - 1) A \quad (4)$$

Tugas R-5: Buktikan Persamaan (4)

Tugas R-6: Buatlah (selesaikanlah ) soal berikut :

Pada salah satu sisi permukaan kaca ( $n$  kaca = 1,6) dijatuhkan cahaya dengan sudut datang  $40^\circ$ , sudut pembias prisma  $60^\circ$ .

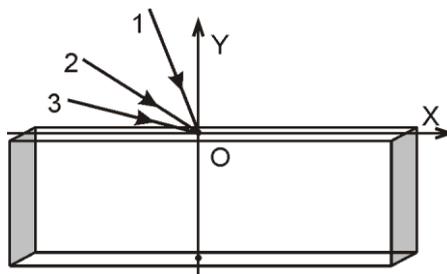
- Hitunglah sudut deviasi sinar cahaya tersebut.
- Analog soal (a) di atas, hitunglah deviasi minimum.

## VI. TUGAS DILABORATORIUM

### 1. Balok Kaca

Tugas P-1:

- Buatlah salib sumbu  $XY$  dan tiga buah garis (1,2,3) dengan pusat  $O$  pada kertas grafik yang diletakkan di papan landasan.
- Letakkan balok kaca dan gambarlah batas-batas balok tersebut seperti gambar berikut :



Gambar 3.3

- c. Tancapkan jarum  $P_1$  dan  $P_2$  pada garis (1) lalu amati dan tancapkan jarum  $P_3$  dan  $P_4$  dari sisi kaca lain, sehingga  $P_1, P_2, P_3, P_4$  kelihatan segaris.
- d. Angkatlah balok kaca dan tarik garis  $P_2$  dan  $P_3$  sampai mengenai tepi balok kaca lalu ukur besar sudut datang  $I$  dan sudut  $r$ .

Tugas P-2: Ulangi langkah *Tugas P-1* di atas untuk garis (2)

Tugas P-3: Ulangi langkah *Tugas P-1* di atas untuk garis (3)

Tugas P-4: Hitunglah nilai  $\frac{\sin i}{\sin r}$  dan buatlah kesimpulan untuk kegiatan ini.

## 2. Prisma

*Tugas P-5:*

- a. Letakkan prisma sedemikian rupa di atas kertas grafik sehingga sudut pembiasnya terletak di atas (lihat Gambar 3.2)
- b. Tusukkan sebuah jarum (p) pada pinggir salah satu bidang pembias prisma kurang lebih di tengah-tengahnya dan tancapkan jarum (q) sehingga garis pq membentuk sudut datang  $35^\circ$ .
- c. Pandanglah jarum-jarum itu dari sisi prisma yang lain, sehingga kedua jarum itu membentuk garis lurus dan tancapkan 2 buah jarum yang lain ( $r - s$ ).
- d. Lepaskan prisma dan buat garis yang merupakan jalannya sinar yang melalui prisma.
- e. Ukurlah sudut bias, sudut deviasi.
- f. Hitunglah indeks bias gelas prisma tersebut.

*Tugas P-6:*

- a. Ulangi langkah *Tugas P-5* dari 1 sampai 6 dengan sudut datang  $40^\circ$ ,  $45^\circ$ , sampai  $70^\circ$ .

- b. Dari hasil-hasil pengamatan anda, tunjukkan pada sudut berapa terjadi sudut deviasi minimum dan tentukan indeks bias prisma tersebut.

## **MODUL IV**

### **VISKOSITAS**

#### **I. TUJUAN**

1. Memahami konsep mekanika fluida mengenai viskositas (kekentalan ).
2. Mengerti cara melakukan percobaan dan mempraktekkannya dengan benar.
3. Menghitung faktor koreksi hasil pengukuran.
4. Menghitung koefisien kekentalan zat cair.

#### **II. WAKTU BELAJAR**

Untuk dapat memahami dan menjalankan percobaan dalam modul ini dengan baik, diperlukan waktu belajar dirumah 2 jam dan dilaboratorium 3 jam.

#### **III. ALAT DAN BAHAN.**

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. Tabung fluida    | 5. Mikrometer sekrup   |
| 2. Bola- bola kecil | 6. Neraca              |
| 3. Aerometer        | 7. Stop Watch          |
| 4. Sendok saringan  | 8. Zat cair ( minyak ) |

#### **IV. PUSTAKA**

1. Sutrisno (1982). *Seri Fisika Dasar : Mekanika*. Penerbit ITB , Bandung.
2. Tim pengajar Fisika Dasar (1994). *Buku ajar : Fisika Dasar I*. UP- MIPA Universitas Tadulako, Palu.

#### **V. BAHAN BELAJAR DIRUMAH**

## 5.1 Pendahuluan

Setiap benda yang bergerak didalam fluida mendapat gaya gesekan yang disebabkan oleh kekentalan fluida tersebut sebanding dengan kecepatan relatif benda tersebut terhadap fluida atau

$$F = - \text{konstanta } v \quad (1)$$

Khusus untuk benda yang berbentuk bola dan bergerak didalam fluida yang sifat-sifatnya tetap, gaya gesekan yang dialaminya adalah :

$$F = - 6 \pi \eta r v \quad (2)$$

dimana  $F$  = gaya gesekan yang bekerja pada bola  
 $\eta$  = koefisien kekentalan fluida  
 $r$  = Jari-jari bola  
 $v$  = kecepatan relatif bola terhadap fluida

Persamaan (2) dikenal sebagai hukum Stokes. Tanda negatif pada persamaan ini menunjukkan arah  $F$  yang berlawanan dengan arah kecepatan  $v$ .

Tugas R-1 : Berilah definisi koefisien kekentalan secara umum

Tugas R-2 : Tuliskan satuan koefisien kekentalan dalam SI.

Pemakaian hukum Stokes memerlukan syarat-syarat sebagai berikut:

- Ruang tempat fluida tidak terbatas (ukurannya cukup besar dibandingkan ukuran benda)
- Tidak terjadi turbulensi didalam fluida, ini dicapai bila nilai  $v$  tidak besar.

Bila sebuah benda padat berbentuk bola dan mempunyai rapat massa  $\rho$  dilepaskan pada permukaan zat cair tanpa kecepatan awal, bola tersebut mula-mula akan mendapat percepatan. Kemudian besarnya kecepatan bola menjadi konstan

pada bola tersebut akan bertambah besar pula, sehingga pada suatu ketika bola tersebut akan bergerak dengan kecepatan tetap. Yaitu, setelah terjadi kesetimbangan antara gaya berat, gaya Archimedes, dan gaya Stokes pada bola tersebut. Bila bola telah bergerak dengan kecepatan tetap, berlaku Persamaan :

$$v = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{\eta} (\rho - \rho_o) \quad (3)$$

di mana :  
 $g$  = percepatan gravitasi  
 $\rho$  = *rapat massa bola* = rapat massa bola  
 $\rho_o$  = rapat massa fluida.

Dari persamaan (3) dapat diturunkan persamaan lain, yaitu :

$$Tr^2 = \frac{9\eta d}{2g(\rho - \rho_o)} \quad (4)$$

dimana T = waktu yang diperlukan bola untuk menempuh jarak d.

Tugas R-3: Buktikan persamaan (3) dan (4).

Tugas R-4: Bila sebuah peluru di tembakan diatas, apakah kecepataannya pada saat jatuhnya sama dengan pada saat ditembakkan ?.

Perlu diperhatikan bahwa pada percobaan ini, syarat (a) yang disebutkan di atas tidak dipenuhi . katena fluida yang akan ditentukan kekentalannya ditempatkan dalam tabung yang besarnya terbatas. Sehingga jari – jari bola tidak dapat diabaikan terhadap jari – jari tabung. Dalam hal ini, kecepatan bola harus dikoreksi. Besar koreksinya ditentukan oleh persamaan :

$$v_s = v \left( 1 + \frac{kr}{R} \right) \quad (5)$$

di mana  $v_s$  = kecepatan sebenarnya dari bola, jika syarat (a) dipenuhi.

$k$  = tetapan

$R$  = Jari – jari tabung.

Selanjutnya , karena  $v_2 T_9 = vT$  , akhirnya dapat diturunkan persamaan berikut :

$$T = k T_9 r / R + T_9 \quad (6)$$

dengan  $T_9 =$  waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak  $d$  bila syarat (a) dipenuhi. Persamaan (6) dapat digunakan untuk menentukan koreksi terhadap besaran waktu. Perhatikan bahwa persamaan ini berbentuk linier. Jadi dengan membuat grafik antara  $T$  dengan  $r / R$ , nilai  $T_9$  dapat di tentukan .

## VI. TUGAS DI LABORATORIUM

*Tugas P – 1 :*

1. Serahkan tugas rumah anda pada asisten .
2. Jawablah tes awal dari asisten
3. Pinjamlah alat–alat yang diperlukan kepada laboran

*Tugas P – 2 :*

1. Ukurlah diameter setiap bola dengan micrometer sekrup, lakukan beberapa kali untuk setiap bola .
2. Ukurlah massa setiap bola
3. Ukurlah diameter bagian dalam tabung beberapa kali
4. Ukur rapat massa fluida dengan areometer sebelum dan sesudah percobaan
5. Tempatkan gelang kawat yang melingkari tabung sekitar 5 cm dari masing – masing ujung tabung. Ukur jarak antara<sup>24</sup> (d) antara kedua gelang tersebut.
6. Masukkan sendok saring sampai didasar tabung dan tunggu beberapa saat hitung fluida tenang.
7. Ukur waktu jatu  $T$  beberapa kali untuk setiap bola.
8. Ubalah jarak  $d$ , ulangi langka 5–7 untuk bola yang lain .

*Tugas P – 3 :*

9. Tuliskan data–data yang anda peroleh ke dalam tabel pengamat.
10. Hitunglah  $Tr^2$  untuk setiap jarak  $d$
11. Buatlah grafik antara  $Tr^2$  dengan  $d$
12. Hitunglah  $\pi$  dengan menggunakan grafik tersebut.

13. Buktikan bahwa  $T_r^2$  mempunyai harga tetap untuk  $d$  yang sama dari berbagai ukuran bola.

14. Hitunglah kembali harga  $\pi$  setelah diadakan koreksi terhadap waktu.

Tugas P – 4 :

15. Buatlah kesimpulan dan saran – saran mengenai percobaan ini .

## **MODUL V**

### **ELASTISITAS**

#### **I. TUJUAN**

1. Memahami konsep elastisitas suatu bahan melalui percobaan.
2. Mengamati sifat elastisitas bahan
3. Mengukur / menghitung elastisitas bahan
4. Membuat grafik hubungan antara tegangan dan renggangan.

#### **II. WAKTU BELAJAR**

Untuk dapat memahami dan menjalankan modul ini dengan baik, diperlukan waktu belajar dirumah sekitar 1,5 jam dan di laboratorium sekitar 3 jam.

#### **III. ALAT DAN BAHAN**

1. Statif dengan 2 klem
2. Mistar ( 100 cm )
3. Beban 10 buah ( @ 5 gr )
4. Karet ventil atau karet gelang (  $\pm 20$  cm )
5. Jarum penunjuk skala

#### **IV. PUSTAKA**

1. Tim Pengjar Fisika Dasar ( 1994 ) : *Buku Ajar Fisika Dasar I*. UP- MIPA Universitas Tadulako ,Palu.
2. Sutrisno ( 1982 ). *Seri Fisika Dasar : M e k a n i k a*. Penerbit ITB, Bandung.

#### **V. BAHAN BELAJAR DI RUMAH**

Dalam bidang teknologi, kualitas bahan yang akan digunakan harus disesuaikan dengan keperluan dan fungsinya. Untuk mengetahui fungsi suatu bahan harus diuji macam-macam komposisi zatnya . Juga dilakukan pengujian sifat mekanis bahan . Yaitu tentang kelenturan dan kekerasannya . Empat sifat mekanis bahan yang sangat penting , Yaitu *kekuatan* ( strength ), *Kekakuan* ( stiffness ), *kelenturan* ( ductility ) dan *kekerasan* ( toughness),.

Tugas R – 1 : Jelaskan perbedaan pengertian kekuatan , kekakuan , kelenturan dan kekerasan ditinjau dari sifat – sifat bahan.

Untuk pengujian sifat-sifat bahan tersebut , di dalam bidang teknologi dibuat alat-alat khusus, sehingga dapat membandingkannya sifat mekanis suatu bahan digunakan istilah tegangan ( stress ) dan regangan ( strain ) .

Tugas R – 2 : Jelaskan apa yang dimaksud dengan stress dan strain, lengkapi dengan rumus- rumusnya .

Ada 2 macam sifat fisis bahan ,yaitu bersifat lenting sempurna, seperti pada pegas (per),karet,dan sebagainya : dan bersifat tidak lenting sempurna.

Tugas R – 3 : Apa perbedaan antara lenting sempurna dan tidak lenting sempurna ?.

Tugas R – 4 : Sebutkan batas elastisitas bahan .

Tugas R – 5: Bahan yang beratnya  $2 \times 10^8$  dyne digantung pada ujung bawah batang yang panjangnya 4 meter berdiameter 0,5 cm . Jika batang tersebut bertambah panjangnya 1 mm, hitunglah

a ) tegangan batang

b ) regangan batang

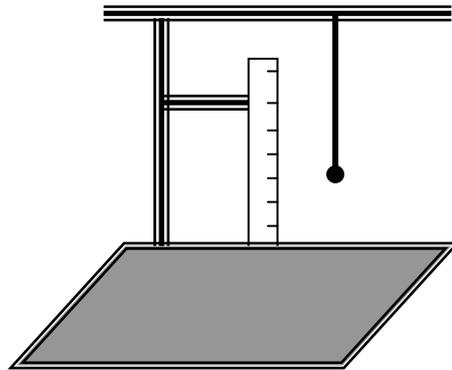
## **VI. TUGAS DI LABORATORIUM**

Tugas P – 1 :

1. Serahkan tugas awal anda kepada asisten yang bertugas .
2. Jawablah tes awal yang diberikan oleh asisten .
3. Pinjamlah alat-alat yang diperlukan dalam percobaan ini .

Tugas P- 2 :

1. Buatlah perangkat percobaan seperti pada Gambar 1 .



2. Catatlah panjang karet mula-mula ( $l_0$ )
3. Timbang beban bermassa  $m$ , kemudian gantungkan beban tersebut pada karet .  
catat panjang karet ( $l_1$ ).
4. Hitung pertambahan panjang karet ( $\Delta l_1 = l_1 - l_0$ ).
5. Tambahkan beban pada ujung karet sedikit demi sedikit.  
setiap beban yang ditambahkan , massanya dicatat. begitu pula, catat panjang karet setiap penambahan beban dan hitung pertambahan panjangnya.
6. Masukkan data-data anda kedalam tabel pengamatan.

Tugas P – 3 :

7. Hitung nilai perbandingan antara gaya dan pertambahan beban .
8. Buatlah grafik yang menggambarkan hubungan antara regangan ( pertambahan panjang ) sebagai sumbu – X dan tegangan sebagai sumbu – Y.

9. Pada grafik anda, apakah tampak yang disebut yield point yang merupakan batas elastisitas bahan?.

Tugas P – 4 :

10. Buatlah kesimpulan dan saran-saran mengenai percobaan ini.

## MODUL VI

### HUKUM KEKALKAN MOMENTUM

#### I. TUJUAN

1. Memahami hukum kekekalan momentum
2. Dapat membedakan tumbukan elastis dan tumbukan tidak elastis

#### II. DASAR TEORI

Kita tinjau tumbukan antara dua benda yang bermassa  $m_A$  dan  $m_B$  seperti diperlihatkan dalam gambar. Dalam selang tumbukan yang sangat singkat kedua benda saling memberikan gaya pada yang lainnya. Menurut hukum Newton ketiga, pada setiap saat gaya  $F_A$  yaitu gaya yang bekerja pada benda A oleh benda B sama besar dan berlawanan arah dengan gaya  $F_B$  yaitu gaya pada benda B oleh benda A.



Gambar 1

Perubahan momentum benda A akibat tumbukan adalah:

$$\Delta p_A = \int_{t_1}^{t_2} F_A dt = \bar{F}_A \Delta t \dots\dots\dots(1)$$

Dengan  $\bar{F}_A$  adalah harga rata-rata gaya  $F_A$  dalam selang waktu tumbukan  $\Delta t = t_2 - t_1$ . Perubahan momentum benda B akibat tumbukan adalah:

$$\Delta p_B = \int_{t_1}^{t_2} F_B dt = \bar{F}_B \Delta t \dots\dots\dots(2)$$

Dengan  $\bar{F}_B$  adalah harga rata-rata gaya  $F_B$  dalam selang waktu tumbukan  $\Delta t = t_2 - t_1$ .

Jika tidak ada gaya lain yang bekerja maka  $\Delta p_A$  dan  $\Delta p_B$  menyatakan perubahan momentum total masing-masing benda. Tetapi telah kita ketahui bahwa pada setiap saat  $F_A = -F_B$  dan karena itu  $\Delta p_A = \Delta p_B$ .

Jika kedua benda kita anggap sebagai sebuah sistem terisolasi, maka momentum total sistem adalah  $p = p_A + p_B = 0$ .

Jadi jika tidak ada gaya luar yang bekerja maka tumbukan tidak mengubah momentum total sistem. Gaya impulsif yang bekerja selama tumbukan merupakan gaya internal, karena itu tidak mempengaruhi momentum total sistem.

Misalkan dua buah benda (A dan B) dengan massa  $m_A$  dan  $m_B$  bergerak dengan kecepatan  $v_A$  dan  $v_B$ . Kecepatan benda setelah tumbukan  $v'_A$  dan  $v'_B$ . Hukum kekekalan momentum dapat kita tuliskan:

$$m_A \cdot v_A + m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B \dots\dots\dots (3)$$

Jika kita dapat mengukur kecepatan kedua sistem sebelum dan sesudah tumbukan, massa benda bisa kita ketahui, maka hukum kekekalan momentum dapat kita buktikan. Percobaan ini kita lakukan untuk dua kasus yang berbeda:

1. Tumbukan lenting sempurna

Misalkan massa kedua sama besar  $m_A = m_B$ , dan benda A mula-mula diam  $v_A = 0$ . Benda B mendekati dan menumbuk benda A dengan kecepatan  $v_B$ . Kita dapatkan  $v'_A = v_B$  dan  $v'_B = 0$ . artinya kedua benda bertukar kecepatan

Untuk benda dengan massa berbeda, dan benda A mula-mula diam persamaan menjadi

$$m_B \cdot v_B = m_A \cdot v'_A + m_B \cdot v'_B \dots\dots\dots (4)$$

2. Tumbukan tidak lenting sama sekali

Misalkan massa benda A dan benda B sama besar. Benda A mula-mula diam, dan benda B bergerak dengan kecepatan  $v$ , setelah tumbukan kecepatan kedua benda sama besar. Maka kecepatan kedua benda setelah tumbukan menjadi  $v' = \frac{1}{2} v$

Jika kedua benda memiliki kecepatan mula-mula tetapi untuk arah yang sama maka kecepatan kedua benda setelah tumbukan menjadi  $v' = \frac{1}{2} (v_A + v_B)$

Jika massa kedua benda tidak sama maka persamaan menjadi

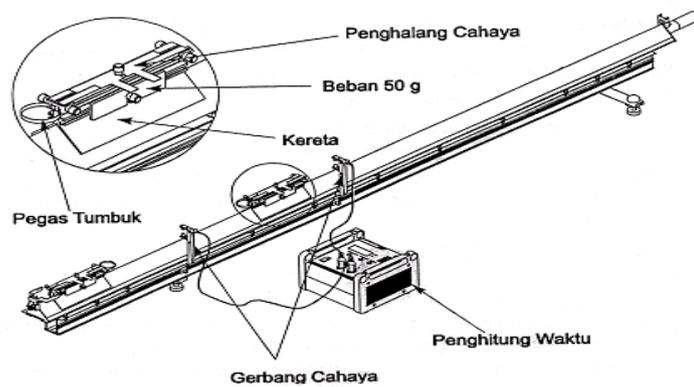
$$m_B v_B = (m_A + m_B) \dots\dots\dots(5)$$

### III. ALAT DAN BAHAN

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| 1. Rel udara        | 5. Penghalang Cahaya |
| 2. Kereta           | 6. Velcro            |
| 3. Pegas tumbuk     | 7. Gerbang Cahaya    |
| 4. Pewaktu pencacah | 8. Beban             |

### IV. SET-UP ALAT

1. Susunlah alat seperti gambar

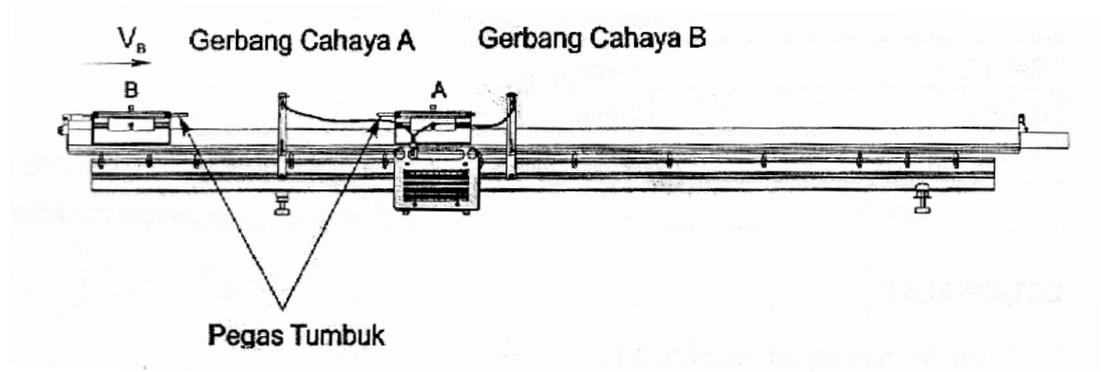


Gambar 2

2. Nyalakan peniup
3. Periksa kereta lintasan
4. Pasang penghalang cahaya dan pegas tumbuk pada 2 buah kereta yang bermassa sama

#### IV. TUGAS DI LABORATORIUM

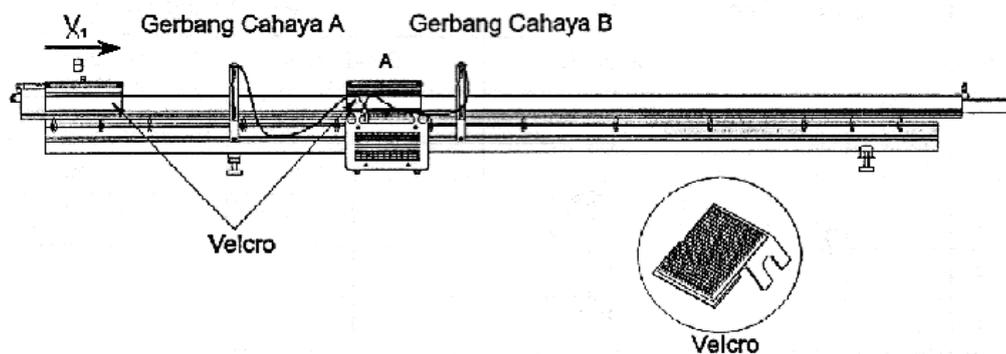
##### Tugas P-1 Tumbukan Lenting Sempurna



Gambar 5.3

1. Atur agar pewaktu pada fungsi COLLISION
2. Letakkan kereta diatas rel
3. Kereta A diam diantara dua gerbang cahaya
4. Dorong kereta B sehingga bergerak dengan kecepatan  $v_B$  yang besarnya dapat diukur melalui gerbang cahaya
5. Tahan kereta sehingga hanya satu kali melewati gerbang cahaya
6. Amati waktu kereta melewati gerbang cahaya kemudian tekan tombol CHANGE OVER untuk merubah menjadi data kecepatan
7. Ulangi percobaan diatas dengan mengubah massa pada kereta A. Catat hasilnya pada tabel pengamatan

##### Tugas P-2 Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali



Gambar 5.4

1. Pasang velcro pada kedua kereta dan penghalang cahaya hanya pada salah satu kereta
2. Letakkan kereta A diantara kedua gerbang cahaya
3. Dorong kereta B sehingga menumbuk kereta A (setelah tumbukan kedua kereta akan bergerak bersama-sama)
4. Amati kecepatan kereta melewati gerbang cahaya sebelum dan sesudah tumbukan pada penghitung waktu kemudian catat pada tabel pengamatan.

#### Tugas P-3 PERHITUNGAN

1. Hitung momentum sebelum tumbukan dan setelah tumbukan pada tumbukan lenting sempurna untuk benda A dan B dengan  $m_A = m_B$  dan  $v_A = 0$ , dan masukkan dalam Tabel 5.1
2. Hitung momentum sebelum tumbukan dan setelah tumbukan pada tumbukan lenting sempurna untuk benda A dan B dengan  $m_A \neq m_B$  dan  $v_A = 0$ , dan masukkan dalam Tabel 5.2
3. Hitung momentum sebelum tumbukan dan setelah tumbukan pada tumbukan tidak lenting sama sekali untuk benda A dan B dengan  $m_A = m_B$  dan  $v_A = 0$ , dan masukkan dalam Tabel 5.3
4. Hitung momentum sebelum tumbukan dan setelah tumbukan pada tumbukan tidak lenting sama sekali untuk benda A dan B dengan  $m_A \neq m_B$  dan  $v_A = 0$ , dan masukkan dalam Tabel 5.4

Tugas P-4

1. Berdasarkan hasil percobaan yang diperoleh apakah hukum kekekalan momentum berlaku?
2. Bagaimanakah pengaruh jarak terhadap hukum kekekalan momentum
3. Apakah syarat-syarat yang harus dipenuhi sehingga hukum kekekalan momentum berlaku

**TABEL HASIL PENGAMATAN**

Tabel Tumbukan elastis dengan  $m_A = m_B$  dan  $v_A = 0$

$m_A = m_B = \dots\dots\dots$  gr

No	Sebelum Tumbukan				Setelah Tumbukan			
	Benda A		Benda B		Benda A		Benda B	
	$v_A$	$p_A$	$v_B$	$p_B$	$v'_A$	$p'_A$	$v'_B$	$p'_B$
1	0	0					0	0
2	0	0					0	0
3	0	0					0	0
4	0	0					0	0
5	0	0					0	0

Tumbukan elastis dengan  $m_A \neq m_B$  dan  $v_A = 0$

$m_A = \dots\dots\dots$  gr

$m_B = \dots\dots\dots$  gr

No	Sebelum Tumbukan				Setelah Tumbukan			
	Benda A		Benda B		Benda A		Benda B	
	$v_A$	$p_A$	$v_B$	$p_B$	$v'_A$	$p'_A$	$v'_B$	$p'_B$
1	0	0						
2	0	0						
3	0	0						
4	0	0						
5	0	0						

Tumbukan tidak lenting sama sekali

$$m_A = m_B \text{ dan } v_A = 0$$

$$m_A = m_B = \dots\dots\dots \text{ gr}$$

No	Sebelum Tumbukan				Setelah Tumbukan	
	Benda A		Benda B		Benda A + Benda B	
	$v_A$	$p_A$	$v_B$	$p_B$	$v'_{A+B}$	$p'_{A+B}$
1	0	0				
2	0	0				
3	0	0				
4	0	0				
5	0	0				

Tumbukan tidak lenting sama sekali

$$m_A \neq m_B \text{ dan } v_A = 0$$

$$m_A = \dots\dots\dots \text{ gr}$$

$$m_B = \dots\dots\dots \text{ gr}$$

$$m_A + m_B = \dots\dots\dots \text{ gr}$$

No	Sebelum Tumbukan				Setelah Tumbukan	
	Benda A		Benda B		Benda A + Benda B	
	$v_A$	$p_A$	$v_B$	$p_B$	$v'_{A+B}$	$p'_{A+B}$
1	0	0				
2	0	0				
3	0	0				
4	0	0				
5	0	0				

## **MODUL VII**

### **KALOR LEBUR ES**

#### **TUJUAN**

1. Memahami dan menyelidiki peristiwa dan perubahan fase suatu benda.
2. Menjelaskan kegunaan *azas Black*.
3. Membedakan benda yang melepaskan kalor dan yang menerima kalor.
4. Menghitung kalor lebur es.

#### **II. WAKTU BELAJAR**

Untuk dapat memahami dan menjalankan modul ini dengan baik, diperlukan waktu belajar dirumah sekitar 1,5 jam dan dilaboratorium sekitar 3 jam.

#### **III. ALAT DAN BAHAN**

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 1. Kalorimeter  | 5. Neraca           |
| 2. Bejana didih | 6. Kertas penghisap |
| 3. Termometer   | 7. Es secukupnya.   |
| 4. Bunsen       |                     |

#### **IV. P U S T A K A**

1. Tim Pengajar Fisika Dasar (1994). *Buku Ajar Fisika Dasar I*. UP- MIPA Universitas Tadulako, Palu.
2. Tan IK Gie (1982). *Seri Fisika Dasar : Listrik, Magnet dan Termofisika*. Penerbit ITB, Bandung.
3. Resnic and Halliday (1988). *Ph y s I c s*, vol.2. Penerbit Erlangga, Jakarta.

#### **V. BAHAN BELAJAR DIRUMAH.**

Kalor lebur suatu zat didefinisikan sebagai :

$$L = \frac{Q}{m} \quad (1)$$

di mana  $Q$  = kalor yang diperlukan dan  $m$  = massa zat.

Tugas R – 1 : Ungkapkan dengan kata – kata kalor lebur suatu zat.

Tugas R – 2 : Tuliskan suatu kalor lebur dalam sistim MKS dan CGS

Misalkan banyaknya panas yang diperlukan untuk meleburkan es adalah  $Q_1$  dan banyaknya panas yang diterima oleh air adalah  $Q_2$ . Misalkan pula, banyaknya panas yang dilepaskan oleh kalorimeter adalah  $Q_3$  dan banyak panas yang dilepaskan oleh air  $Q_4$ . Menurut azas Black :

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4$$

Atau,

$$m_1 L + m_2 C_1 (t_2 - 0^0) = m_3 C_3 (t_2 - t_1) + m_4 C_4 (t_2 - t_1) \quad (2)$$

Tugas R – 3 : Tulislah arti simbol – simbol yang ada dalam persamaan (2)

Tugas R – 4 : Tulislah bunyi azas Black.

Dalam percobaan ini,  $m_1 = m_2$  dan  $C_1 = 1$ , sehingga persamaan (2) menjadi

$$m_1 L + m_2 t_2 = m_2 C_2 (t_2 - t_1) + m (t_2 - t_1) \quad (3)$$

*Tugas R – 5 : Tulislah persamaan ( 3 ) untuk L.*

*Tugas R – 6 : Carilah nilai panas jenis air dan nilai kalor lebur es dalam literatur.*

## **VI. TUGAS LABORATORIUM**

Tugas P – 1 :

1. Serahkan tugas rumah anda kepada asisten yang bertugas.
2. Jawablah tes awal yang diberikan oleh asisten.
3. Pinjamlah alat – alat yang diperlukan dalam percobaan ini.

Tugas P – 2 :

1. Catat suhu kamar (ruangan).
2. Timbang kalorimeter + pengaduknya.
3. Panaskan air secukupnya hingga suhunya diatas  $40^{\circ}\text{C}$ . Isi kalorimeter dengan air tersebut hingga setengahnya, kemudian timbang kembali.
4. Catat suhu kalorimeter beserta air ( sekitar  $10^{\circ}\text{C}$  di atas suhu kamar.
5. Keringkan keping–keping es dengan kertas penghisap. Masukkan keping–keping es tersebut kedalam kalorimeter sedikit–demi sedikit sambil mengaduk, hingga keping es melebur dan suhunya turun sampai  $10^{\circ}\text{C}$  di bawah suhu kamar.
6. Catat suhu kalorimeter beserta isinya.
7. Timbang kembali kalorimeter beserta isinya.

Tugas P – 3 :

8. Tentukan massa air dan massa es.
9. Masukkan data-data yang anda peroleh ke dalam tabel pengamatan.
10. Hitunglah jumlah kalor yang dilepaskan kalorimeter dan air (  $Q_3$  dan  $Q_4$ ).
11. Hitunglah kalor lebur es.

Tugas P – 4 :

12. Bandingkan nilai kalor lebur es yang anda peroleh dari percobaan dengan yang ada dalam literatur.
13. Buatlah kesimpulan dan saran – saran mengenai percobaan ini.

## **MODUL VIII**

### **KOEFISIEN MUAI PANJANG**

#### **I. TUJUAN**

1. Memahami pengaruh kenaikan temperatur terhadap bahan, terutama logam.
2. Menuliskan persamaan *koefisien muai panjang*
3. Menghitung koefisien muai panjang.

#### **II. WAKTU BELAJAR**

Untuk dapat memahami dan menjalankan percobaan dalam modul ini dengan baik, diperlukan waktu belajar di rumah sekitar 2 jam dan di laboratorium 3 jam.

#### **III. ALAT DAN BAHAN**

1. Batang – batang logam
2. Micrometer sekrup
3. Thermometer
4. Bunsen
5. Statif dengan sekrup dan mistar
6. Alat penunjuk pertambahan panjang.

#### **IV. P U S T A K A**

1. Soetrisno ( 1984 ). *Seri Fisika Dasar : Listrik Magnet dan Termofisika*, Penerbit ITB, Bandung
2. Tim Dosen Fisika Dasar ( 1994 ). *Buku Ajar Fisika Dasar I*.UP-MIPA Universitas Tadulako, Palu.
3. Resnick and Halliday (1988 ). *Ph y s I c s*, Jilid I. Penerbit Erlangga, Jakarta.

## V. BAHAN BELAJAR DI RUMAH

### 5. 1 Koefisien Muai Linier

Perubahan ukuran pada dimensi linier akibat kenaikan temperatur, seperti panjang, lebar dan tebal disebut *muai linier*. Untuk perubahan temperatur yang kecil, perubahan panjang, lebar dan tebal akan sebanding dengan perubahan temperatur. Konstanta pembandingan antara perubahan temperatur dalam perubahan panjang relatif terhadap panjang mula – mula disebut *koefisien muai linier*  $\alpha$ .

$$\begin{aligned} \text{Jadi} \quad \frac{\Delta l}{l_0} &\cong \Delta t \quad \text{untuk } \Delta t \text{ kecil} \\ \frac{\Delta l}{l_0} &= \alpha \Delta t \\ \Delta l &\cong \alpha \Delta t \end{aligned} \tag{1}$$

Besar nilai  $\alpha$  berbeda-beda untuk setiap bahan.

*Tugas R – 1 : Tuliskan perumusan panjang akhir suatu batang logam sebagai fungsi dari temperatur akhir.*

*Tugas R – 2 : Untuk menentukan koefisien muai panjang suatu batang logam,*

*a ) Sebutkan apa yang harus di ukur*

*b ) Gambarkan grafik  $\frac{\Delta l}{l_0}$  terhadap temperatur akhir.*

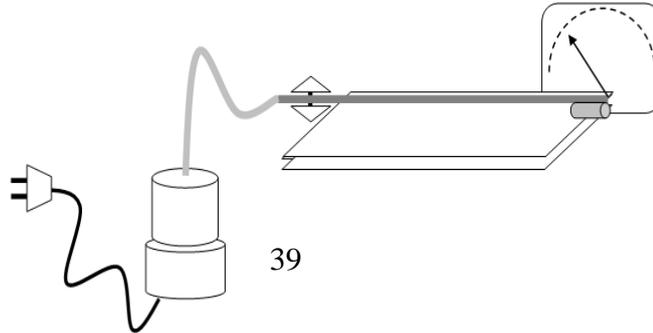
Zat padat yang isotropik apabila dipanaskan maka perubahan persen panjang semua garis dalam zat padat tersebut akan sama. Artinya untuk suatu  $\Delta t$  yang di berikan maka  $\Delta l/l_0$  Untuk panjang, lebar dan tebal akan sama. Karena itu maka kita dapat menurunkan koefisien muai luas maupun koefisien muai volume.

*Tugas R – 3 : Tentukan koefisien muai :*

*a ) luas Y*

b ) volume B.

Dalam percobaan ini, alat yang digunakan seperti pada gambar 1, Batang logam yang akan ditentukan koefisien muai panjangnya diletakkan diatas roda silinder dengan jari-jari R tanpa slip. Pertambahan panjang akan menyebabkan roda berputar sehingga pertambahan panjang ini dapat dibaca pada jarum r pada skala s.



Gambar 8.1

Apabila diameter roda silinder  $d$  dan penyimpanan jarum dari posisi awal  $S_0$  ke  $S_t$  adalah  $\Phi$ , maka diperoleh persamaan :

$$\alpha = \frac{\phi \eta d}{360} \frac{l_0}{(t - t_0)} \quad (2)$$

di mana  $l_0$  = Panjang batang logam pada suhu  $t_0$ .

Tugas R – 4 : Buktikan persamaan ( 2 )

Tugas R – 5 : Tuliskan dalam sebuah tabel besarnya koefisien muai panjang.

- a ) Aluminium
- b ) tembaga
- c ) b e s i.

## VI. TUGAS LABORATORIUM

Tugas P – 1 :

1. Serahkan tugas rumah anda kepada asisten yang bertugas.

2. Jawablah tes awal yang diberikan oleh asisten
3. Pinjamlah alat – alat / bahan percobaan pada laboran.

Tugas P – 2 :

1. Rendamlah dalam air kran batang logam yang akan diselidiki dan catat temperatur ( $t_0$ ), tuliskan ketidakpastiannya.
2. Siapkan bunsen.
3. Ukur diameter ( $d$ ) roda silinder dengan micrometer sekrup dan tuliskan dengan ketidakpastiannya.
4. Periksa apakah jarum dan roda sudah bebas bergerak, tidak ada gesekan pada porosnya.
5. Ambil batang logam aluminium yang akan diselidiki dan ukur panjang mulamulanya ( $l_0$ ) serta tuliskan dengan ketidakpastiannya. kemudian dengan sekrup pengatur, atur ujung batang yang rata pada statif.
6. Periksa ujung yang lain, apakah benar-benar sudah menekan (tampa slip) roda silinder. Bila batng logam bertambah panjang, roda ikut berputar.
7. Jarum diberi simpanan sedikit, misalnya  $5_0$ , supay mudah dibaca.
8. Nyalakan bunsen dan beberapa saat kemudian logam akan memuai. Andaikan sistemnya baik, jarum akan bergeser secara kontrinyu, kika tidak maka harus ulangi langka 4. Akhir ( $t$ ). Tuliskan ketidakpastiannya.
9. Padamkan bunsen.
10. Catatlah skala yang ditunjukkan oleh jarum  $S_t$ .

Tugas P – 3 :

11. Apabilah logam yang lain (tembaga kemudian besi), lakukan langkah 5–10 pada P-1 diatas .

Tugas P – 4 :

12. Hitunglah koefisien muai panjang aluminium, tembaga dan besi. bandingkan dengan nilai yang ada dalam literatur.