

## **PRAKTIKUM FISIKA DASAR I**



### **TIM PENYUSUN:**

Dr. Imas Ratna Ermawati, M.Pd.  
Sugianto, S.Si., M.Si.  
Hendrik Seputra, S.Pd., M.Si.

**LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMASI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF DR HAMKA  
2022**

## **KATA PENGANTAR**

Buku penuntun praktikum fisika dasar ini sebagai pegangan untuk memahami lebih jelas kebenaran teori-teori dasar ilmu fisika yang diberikan didalam perkuliahan. Pengamatan-pengamatan yang dilakukan sedikit lebih banyak dipengaruhi oleh ketelitian praktikum yang didalamnya melakukan percobaan.

Pada pembagian pendahuluan dibahas mengenai tata tertib yang wajib ditaati oleh setiap peserta praktikum, yang dilanjutkan dengan cara pembuatan laporan serta system penilaiannya lalu dibahas pula dengan cara menggunakan alat –alat yang sering digunakan, dan terakhir mengenai teori kesalahan yang membahas cara menganalisa data dengan menggunakan teori ketidakpastian.

Dalam petunjuk setiap mata percobaan, alat – alat yang digunakan, teori singkat mengenai materi yang akan di praktekkan, jalannya percobaan dan pertanyaan– pertanyaan yang wajib dijawab yang selanjutnya di akhiri dengan arahan kesimpulan.

Besar harapan kami tidaklain semoga buku ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya, khususnya bagi para peserta praktikum fisika dasar.

Jakarta, Maret, 2022

Tim Penyusun

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	ii
PERATURAN DAN TATA TERTIB PRAKTIKUM FISIKA DASAR .....	iv
PENGENALAN ALAT PENGUKURAN .....	1
TEORI KESALAHAN.....	11
I. BANDUL MATEMATIS .....	16
Tujuan .....	16
Alat dan Bahan .....	16
Landasan Teori .....	16
Prosedur Percobaan .....	16
II. KOEFISIEN MUAI PANJANG LOGAM .....	18
Tujuan .....	18
Alat dan Bahan .....	18
Landasan Teori .....	18
Prosedur Percobaan .....	19
III. MODULUS ELASTISITAS.....	21
Tujuan .....	21
Alat-alat dan Bahan .....	21
Landasan Teori .....	21
Jalannya Percobaan .....	22
IV. HUKUM MELDE .....	23
Tujuan .....	23
Alat dan Bahan .....	23
Landasan Teori .....	23
Prosedur Percobaan .....	24
V. HUKUM HOOKE .....	26
Tujuan .....	26
Alat dan Bahan .....	26
Landasan Teori .....	26
Prosedur Percobaan .....	27
VI. PESAWAT ATWOOD .....	28
Tujuan .....	28

Alat dan Bahan .....	28
Landasan Teori .....	28
Prosedur Percobaan .....	29
VII. KOEFISIEN GAYA GESEK .....	31
Tujuan .....	31
Alat dan Bahan .....	31
Landasan Teori .....	31
Prosedur Percobaan .....	32
VIII. MENENTUKAN KECEPATAN DAN PERCEPATAN .....	34
Tujuan .....	34
Alat dan Bahan .....	34
Landaan Teori.....	34
Prosedur Percobaan .....	35
IX. KECEPATAN SUARA DI UDARA.....	37
Tujuan .....	37
Alat dan Bahan .....	37
Landasan Teori .....	37
Prosedur Percobaan .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....	41

**PERATURAN DAN TATA TERTIB PRAKTIKUM FISIKA DASAR**

1. Sepuluh menit sebelum kegiatan dimulai, praktikan sudah siap di laboratorium.
  2. Tas/tempat buku dan sebagainya diletakkan ditempat yang telah disediakan.
  3. Setiap alat yang akan dipergunakan harus dipinjam dari petugas laboratorium dengan mengisi dan menandatangani bon peminjaman alat.
  4. Keselamatan alat-alat yang dipinjam pada butir tiga merupakan tanggung jawab peminjam/ kelompok peminjam. Jika terjadi kerusakan, kehilangan alat peminjam / kelompok peminjam harus mengganti / memperbaiki alat tersebut.
  5. Setiap praktikan bertanggung jawab dan berkewajiban untuk menjaga kebersihan alat-alat dan ruang laboratorium.
  6. Praktikan harus mempersiapkan diri atas keperluan untuk praktikum sebelum masuk laboratorium (misalnya teori-teori yang mendukung kegiatan yang dilakukan, lembar data, bahan yang tidak tersedia di laboratorium) .
  7. Setiap kali praktikum selesai, tiap praktikan harus membuat laporan sementara berupa: hasil pengamatan, daftar alat yang digunakan lengkap dengan spesifikasinya, diagram rangkaian dsb. Laporan ini harus disahkan oleh asisten.
  8. Berdasarkan laporan sementara pada butir tujuh, tiap praktikan wajib membuat laporan resmi dengan ketentuan:
    - a. Halaman pertama ditulis pada kertas yang disediakan oleh laboratorium.
    - b. Halaman berikutnya pada kertas folio bergaris atau polos.
    - c. Laporan resmi berisi:
      1. Tujuan kegiatan/praktikum.
      2. Daftar alat-alat yang digunakan lengkap dengan spesifikasinya.
      3. Teori yang mendukung kegiatan guna mencapai tujuan.
      4. Jalannya percobaan/kegiatan.
      5. Perhitungan: hasil-hasil perhitungan / pengukuran dibuat dalam bentuk tabel.
      6. Kesimpulan dan jawaban pertanyaan. Bila adagrafik maka grafik tersebut dibuat pada kertas milimeter.
    - d. Laporan resmi ini diserahkan paling lambat sebelum praktikum berikutnya.
- Demikian peraturan dan tata tertib ini dikeluarkan untuk diperhatikan dan

ditaati. Pelanggaran terhadap peraturan dan tata tertib ini dapat dikenakan sanksi.

Tim Penulis

## PENGENALAN ALAT PENGUKURAN

### Standar Kompetensi:

Menerapkan konsep besaran fisika, menulis dan menyatakan dalam sistem satuan SI dengan baik dan benar (meliputi lambing, nilai, dan satuan).

### Kompetensi Dasar:

Mengukur besaran-besaran fisika dengan alat yang sesuai dan mengolah data hasil dengan menggunakan aturan angka penting.

### Indikator:

1. Melakukan pengukuran dengan benar berkaitan dengan besaran pokok panjang, massa, waktu, dengan pertimbangan aspek ketepatan (akurasi) dan ketelitian.
2. Mengolah data hasil pengukuran dan menyajikannya dalam bentuk table dan grafik, dengan menggunakan penulisan angka penting dan mampu menarik kesimpulan tentang besaran fisis, yang diukur berdasarkan hasil yang telah disajikan dalam bentuk grafik.

Fisika di sebut juga "ilmu pengukuran" (science of measurement). Karena, hampir semua konsep, hukum, dan teori dalam fisika diperoleh dan dikaji ulang melalui pengukuran. walaupun ada konsep atau teori yang diperoleh dari hasil penelaahan matematis maka konsep atau teori itu tentunya masih berupa dugaan atau hipotesis, yang masih harus dibuktikan kebenarannya melalui pengukuran. dalam mempelajari dan mengembangkan fisika, juga diperlukan kegiatan pengukuran. hal ini berarti, dapat dikatakan telah mempelajari fisika apabila telah memiliki kemampuan mengukur dengan teliti berbagai besaran fisis.

### A. Pengertian mengukur

Mengukur adalah membandingkan besaran yang diukur dengan besaran sejenis yang ditetapkan sebagai satuan. Membandingkan sesuatu dengan sesuatu yang lain yang sejenis yang ditetapkan sebagai satuan misalnya: Panjang meja = 4

mistar (jika mistar ditetapkan sebagai satuan), dan panjang meja = 6 pensil (jika pensil ditetapkan sebagai satuan).

Dalam pengukuran besaran-besaran fisis itu, di-perlukan alat ukur yang kita tentukan sebagai *satuan* pengukuran. Banyak alat ukur yang kita kenal memiliki garis-garis skala. Alat seperti ini misalnya mistar ukur, busur derajat, termometer, amperemeter, barometer, dan sebagainya. Tetapi pada masa sekarang banyak juga alat ukur yang bisa langsung menunjukkan nilai besaran yang diukur dengan angka. Alat seperti ini disebut *alat digital*, misalnya jam digital, termometer digital, amperemeter digital, dan sebagainya.

### B. Alat-alat ukur

Di bawah ini, kita akan membahas kembali beberapa alat ukur yang pernah kenali sepintas waktu di Sekolah Menengah; yaitu alat ukur panjang, alat ukur massa dan berat, alat ukur waktu, dan alat ukur listrik.

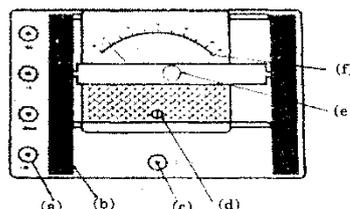
#### Alat ukur listrik

Alat ukur yang biasa digunakan dalam peng-ukuran besaran-besaran listrik adalah: amperemeter, voltmeter, meter dasar, multitester, dan osiloskop

- a) Amperemeter, voltmeter, dan meter dasar

*Amperemeter* digunakan untuk mengukur *kuat arus listrik*, sedangkan *voltmeter* digunakan untuk mengukur *beda potensial* atau *tegangan listrik*. Pada masa sekarang, kedua alat tersebut sudah dirangkum dalam satu alat yang disebut *meter dasar (basic meter)*.

Jadi, meter dasar dapat berfungsi sebagai amperemeter atau voltmeter.



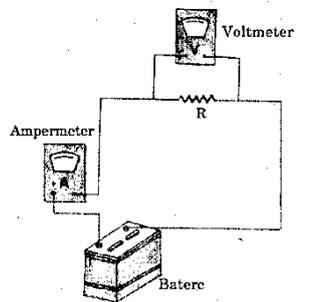
**Gambar 1.11**

Meter dasar (basicmeter) dapat berfungsi sebagai amperemeter (pengukur arus listrik) dan voltmeter (pengukur tegangan listrik)

Gambar 1.11 memperlihatkan sebuah meter dasar, dengan bagian-bagian sebagai berikut:

- (a) *Binding post* untuk memilih batas ukur maksimum;
- (b) Sakelar pemilih fungsi (voltmeter atau amperemeter);
- (c) *Ground* (nol);
- (d) Penyetel nol;
- (e) Petunjuk fungsi alat (A atau V);
- (f) Skala pengukuran.

Waktu digunakan mengukur, amperemeter djrangkai seri sedangkan voltmeter dirangkai paralel dengan rangkaian listrik yang diukur arus dan tegangannya. perhatikan gambar 1.12

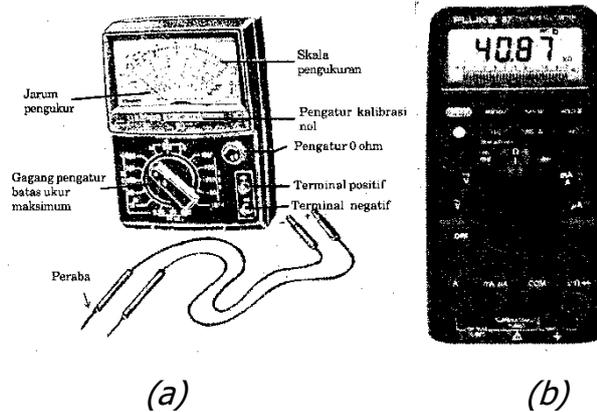


Gambar 1.12

*Merangkai amperemeter dan voltmeter dalam rangkaian listrik; untuk mengukur kuat arus, tegangan, dan hambatan dalam rangkaian itu*

b) Multitester

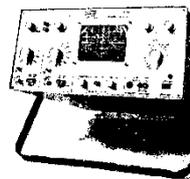
*Multitester* yang sering disebut juga *multimeter* atau *Avo-meter*, adalah alat ukur yang berfungsi sekaligus sebagai amperemeter, voltmeter, dan ohm-meter (pengukur hambatan listrik). Di samping itu, multimeter dapat digunakan dalam pengukuran arus listrik *searah* maupun arus listrik *bolak-balik*. Gambar 1.13 memperlihatkan multitester analog, yang menggunakan jarum penunjuk untuk pe-nunjukan ukuran; sedangkan gambar 1.13 adalah multitester digital yang dapat menyatakan langsung angka (nilai) besaran yang diukur.



Gambar 1.13  
(a) Multitester Analog, (b) Multitester digital

c) Osiloskop

Osiloskop (gambar 1.14) umumnya untuk pengukuran arus bolak-balik. Pada alat ini terdapat layar (seperti layar pesawat TV) berukuran kecil, yang dapat menampilkan gambar arus atau tegangan bolak-balik. Dari tampilan grafik sinusoida pada layar osiloskop ini, dapat diketahui juga besar frekuensi arus bolak balik diukur itu.



Gambar 1.14 Osiloskop

C. Akurasi Pengukuran

Pengukuran merupakan proses yang melibatkan tiga pihak yaitu: benda yang diukur, alat ukur, dan orang yang mengukur. Karena ketidaksempurnaan dari ketiga pihak tersebut maka dalam setiap pengukuran selalu ada kesalahan (ketidakpastiaan), yaitu adanya perbedaan antara hasil pengukuran dengan harga yang dianggap benar. Besar-kecilnya kesalahan ini ditentukan oleh kondisi alat ukur, kondisi benda yang diukur, metode pengukuran, dan kecakapan si pengukur.

Ada dua aspek penting yang perlu dipertimbangkan dalam pengukuran, yaitu ketelitian (*akurasi*) dan ketepatan (*presisi*). Dengan memahami dua aspek

ini, kita dapat mengetahui faktor-faktor apa saja yang menimbulkan kesalahan dalam pengukuran.

## 1. Ketelitian (akurasi)

### a. *Pengertian ketelitian dan kesalahan sistematis*

Ketelitian adalah persesuaian antara hasil pengukuran dengan harga sebenarnya (ukuran sebenarnya benda yang diukur). Harga sebenarnya ini tidak pernah diketahui, yang dapat ditentukan hanyalah harga pendekatan atau harga yang dianggap benar. Perbedaan antara harga yang diukur dengan harga yang dianggap benar disebut *kesalahan sistematis*. Semakin kecil kesalahan, maka pengukuran dikatakan semakin teliti atau lebih teliti.

### b. *Beberapa sumber kesalahan sistematis*

Sebagai penyebab terjadinya kesalahan sistematis dalam pengukuran antara lain sebagai berikut.

#### 1) **Kesalahan kalibrasi**

Kesalahan ini disebut juga kesalahan *mate-matis*, yaitu pemberian atau pembagian skala alat ukur yang tidak tepat. Hal ini mungkin terjadi pada waktu pembuatan alat ukur itu sendiri, atau mungkin karena usianya; atau karena pengaruh suhu, kelembaban, dan faktor-faktor fisis lain. Kesalahan ini dapat diperiksa dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan alat ukur

tersebut dengan hasil pengukuran menggunakan alat ukur standar. Perlakuan seperti ini disebut *kalibrasi ulang* (ditera ulang).

#### 2) **Kesalahan titik nol**

Bila alat ukur saat sebelum dipakai atau saat setelah dipakai tidak menunjukkan angka nol, berarti alat ukur tersebut mengalami kesalahan titik nol (*zero error*). Kesalahan penunjukan angka nol ini dapat dikoreksi dengan mudah, yaitu dengan memutar kenop

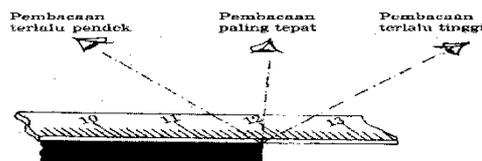
pengatur pada alat ukur itu. Tetapi apabila tidak bisa diatur kembali ke posisi nol, maka harga kelebihan atau kekurangan dari harga nol itu harus ditambahkan atau dikurangkan pada setiap hasil pengukuran dengan alat itu.

**3) Kesalahan mutlak dari alat ukur**

Setiap alat ukur mempunyai *kepekaan (sensi-tivitas)* tertentu, yaitu kemampuan alat ukur menunjukkan suatu perbedaan yang relatif kecil dengan harga sebenarnya yang diukur. Misalnya, jangka sorong dapat kita katakan lebih peka daripada mistar ukur, tetapi mikrometer lebih peka lagi daripada jangka sorong dan mistar ukur. Dengan demikian, alat ukur yang kurang peka dapat menimbulkan kesalahan yang relatif lebih besar daripada alat ukur yang lebih peka. Kesalahan akibat tingkat kepekaan alat ukur disebut *kesalahan mutlak* dari alat ukur.

**4) Kesalahan paralaks**

Kesalahan *paralaks* adalah kesalahan pembacaan si pengukur akibat posisi pengamatannya yang tidak tepat. Gambar 1.18 memperlihatkan bagaimana membaca mistar ukur yang paling tepat dan yang tidak tepat. Perlu diperhatikan, letak mata kita hendaknya tepat pada garis yang tegak lurus mistar, yang ditarik dari titik yang diukur. Bila letak mata di luar garis itu maka panjang yang terbaca akan lebih kecil atau lebih besar dari yang sebenarnya.

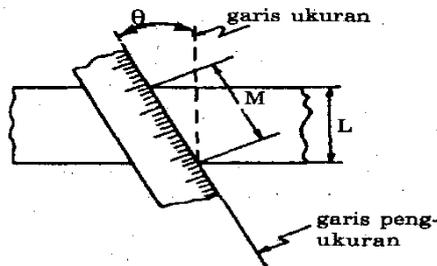


Gambar 1.15

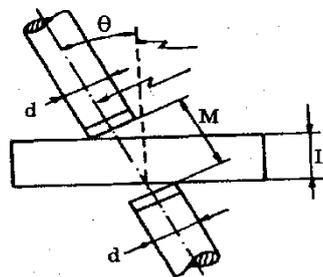
*Pembacaan mistar ukur yang tidak tepat dapat menimbulkan kesalahan paralaks*

5) Kesalahan kosinus dan sinus

Apabila garis pengukuran membuat sudut  $\theta$  dengan garis yang diukur (karena pengambilan posisi pengukuran yang salah) maka akan terjadi kesalahan yang disebut kesalahan *kosinus* (gambar 1.19). Bahkan dalam pengukuran dengan mikrometer mungkin terjadi kesalahan kombinasi, yaitu kesalahan kosinus dan kesalahan sinus (perhatikan gambar 1.20). Untuk menghindari kesalahan ini maka saat kita mengukur, perhatikanlah dengan cermat bahwa *garis pengukuran harus berimpit atau sejajar dengan garis ukuran benda yang diukur!*



Gambar 1.16  
 Kesalahan kosinus. Ukuran benda sebenarnya adalah  $L$ , tetapi karena salah posisi alat ukur, hasilnya menjadi  $M$ . Padahal harga  $L = M \cos \theta$ , atau  $M = L / \cos \theta$

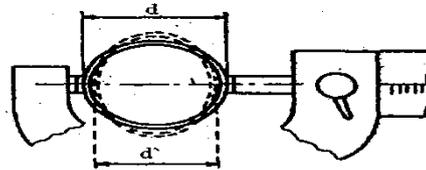


Gambar 1.17  
 Kesalahan kosinus dan sinus. Seharusnya ukuran benda sebenarnya adalah  $L$ , tetapi malah menjadi  $M$ . Dalam hal ini  $L = M \cos \theta - d \sin \theta$ , atau  $L \approx M - d \theta$  atau  $M \gg L + d \theta$

6) Kesalahan karena benda yang diukur

Benda yang diukur dapat saja mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) sewaktu diukur; misalnya karena tertekan (terjepit) oleh alat ukur, atau benda melengkung oleh beratnya sendiri karena

penyimpanannya tidak tepat. Hal ini mudah terjadi pada pengukuran benda-benda lunak atau benda-benda yang tipis. Gambar 1.18 memperlihatkan contoh kesalahan pengukuran akibat benda berubah bentuk karena tekanan dari alat ukur.



Gambar 1.18

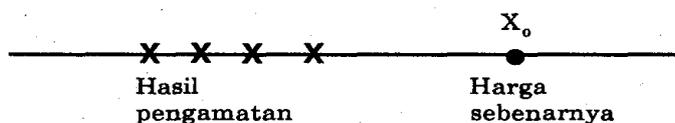
*Silinder berdinding tipis berubah bentuk sewaktu diukur. Harga sebenarnya  $d$ , tetapi terukur  $d'$ .*

**7) Kesaiahan karena ada gesekan**

Bila pada alat ukur ada bagian-bagian yang bergesekan ketika alat itu dipakai, lama-kelamaan bagian itu akan aus, sehingga menimbulkan kesalahan pada hasil pengukuran. Kesalahan ini dapat agak dikurangi dengan pemeliharaan alat ukur yang baik.

**8) Kesalahan fatigue pada pegas**

*Fatigue* pegas berarti melembeknya pegas karena usia (kelelahan zat). Alat ukur yang memiliki pegas dan pegasnya sudah lembek, harus diganti dengan pegas yang sesuai dan ditera kembali. Ciri khas pengukuran dengan kesalahan sistematik adalah *hasil pengukuran menyimpang ke arah tertentu dari harga sebenarnya*; kemungkinan menyimpang ke arah positif atau ke arah negatif. Gambar 1.19 memperlihatkan contoh pengukuran yang menghasilkan suatu harga yang lebih kecil daripada harga sebenarnya ( $X_0$ ).



Gambar 1. 19

*Kesalahan sistematis memberikan penyimpangan hanya ke satu arah saja terhadap harga sebenarnya ( $X_0$ )*

## 2. Ketepatan (presisi)

### a. *Pengertian ketepatan dan kesalahan acak*

Ketepatan adalah kemampuan proses pengukuran untuk menunjukkan hasil yang sama dari pengukuran yang dilakukan berulang-ulang dan identik (sama). Hasil pengukuran selalu terpecah di sekitar harga rata-ratanya. Semakin dekat harga-harga tersebut dengan harga rata-ratanya maka dikatakan hasil pengukuran mempunyai ketepatan yang tinggi. Penyimpangan yang berkaitan dengan ketepatan pengukuran disebut *kesalahan acak (random error)*.

Andaikan kita dapat mengatasi atau meng-hilangkan semua kesalahan sistematis yang disebut di atas, tetapi hasil pengukuran selalu menunjukkan penyimpangan dari harga sebenarnya, hal itu disebabkan masih ada jenis kesalahan lain yang disebut kesalahan acak.

### b. *Beberapa sumber kesalahan acak*

Beberapa sumber yang menimbulkan kesalahan acak antara lain sebagai berikut.

#### 1) **Gerak brown molekul**

Jarum alat ukur yang halus dapat terganggu penunjukannya oleh adanya gerak yang sangat tidak teratur (*gerak brown*) dari molekul-molekul udara, sehingga ketepatan penunjukan skalanya menjadi terganggu.

#### 2) **Fluktuasi tegangan listrik**

Dalam pengukuran besaran listrik, tegangan pada suatu rangkaian listrik sering mengalami *fluktuasi*. Artinya, tegangan mengalami perubahan kecil yang tidak teratur dan berlalu sangat cepat, sehingga hasil pengukuran menjadi tidak tepat. Fluktuasi tegangan dapat terjadi, baik dari sumber listrik PLN maupun dari sumber listrik baterai (aid).

#### 3) **Alas benda yang diukur bergetar**

Alat ukur yang sangat peka dapat terganggu oleh bergetarnya alas (meja) tempat menyimpan benda yang diukur. Sumber getarannya misalnya: getaran mesin, getaran kendaraan berat yang me-lewati lokasi pengukuran, getaran ombak dalam pengukuran di samudera, getaran gempa, dan lain-lain. Pengukuran dalam kondisi seperti ini, memerlukan penambahan alat untuk meredam getaran.

**4) Nois**

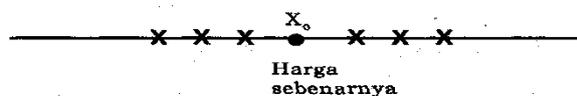
*Nois* adalah gangguan yang sering kita temui pada alat elektronik, yaitu berupa fluktuasi yang cepat pada penunjukan alat ukur yang disebabkan komponen-komponen alat ukur naik suhunya. Nois dapat dikurangi dengan memakai komponen khusus (frendingin) pada alat ukur itu.

**5) Radiasi latar belakang**

Alat pencacah (pengukur) radioaktif selalu terganggu oleh adanya radiasi kosmik (radiasi yang datang dari angkasa luar). Oleh karena itu, gangguan ini harus ikut dihitung sewaktu kita mengukur radiasi bahan radioaktif. Radiasi latar belakang ini dapat dikurangi dengan melapisi peralatan pencacah dengan bahan timbal yang cukup tebal.

Dari uraian di atas, jelaslah bahwa kesalahan acak ini bersumber pada gejala-gejala yang tidak dapat kita cegah sepenuhnya karena pengaturan dan pengontrolannya sering di luar kemampuan kita. Ciri khas adanya kesalahan acak ini yaitu *memberikan hasil pengukuran yang terpencah agak ke kiri dan ke kanan dari harga*

*sebenarnya*, seperti ditunjukkan gambar 1.20.



*Gambar 1.20*

*Kesalahan acak memberikan hasil pengukuran yang terpencah agak ke kiri dan ke kanan*

## TEORI KESALAHAN

Dalam melakukan percobaan yang di dasarkan pada sejumlah pengukuran selalu di berlakukan teori kesalahan. Hal ini di dasarkan pada suatu keyakinan bahwa setiap pengukuran selalu di hinggapi kesalahan. Ada tiga jenis pengukuran, yaitu :

- a. Kesalahan bersistem, seperti kesalahan kalibrasi, kesalahan titik nol, kesalahan komponen alat, gesekan antar bagian di dalam suatu alat, kesalahan paralak, dan kesalahan akibat perbedaan saat bekerja dan keadaan saat alat di kalibrasi.
- b. Kesalahan acak, seperti kesalahan akibat gerak Brown, fluktuasi pada tegangan listrik, landasan yang bergetar dan lain sebagainya.
- c. Kesalahan pengamat, di akibatkan karena kurang terampilnya pemakai alat terutama pada peralatan modern yang rumit pemakainya.

Sumber-sumber kesalahan tersebut wajib kita ketahui dan kita wajib untuk menghilang-kannya, tetapi nyata bahwa tidak semua kesalahan dapat di hilangkan. Ini adalah suatu fakta yang harus kita terima.

### 1. Kesalahan Pengukuran.

Hasil dari suatu pengukuran pada umumnya di sajikan dalam bentuk  $x = x_0 \pm \Delta x$ .

Dengannya kita dapat mengetahui kesalahan  $\Delta x$  pada hasil pengukuran yang kita peroleh. Hasil pengukuran yang di wakili oleh  $x$  tidak dapat di harapkan tepat sama dengan nilai benar  $x_0$ . Tetapi selama  $x_0$  terdapat di dalam interval  $x - \Delta x$  dan  $x + \Delta x$ , percobaan kita sungguh mempunyai arti dan dapat di pertanggung jawabkan. Di sini  $\Delta x$  di sebut dengan salah mutlak.

- a. Pengukuran tunggal, yaitu pengukuran suatu besaran yang di lakukan cukup hanya satu kali saja atau beberapa kali hasilnya tetap sama, oleh karena pengukuran yang kita lakukan tidak menghasilkan nilai yang berbeda. Hasil pengukuran tunggal di sajikan dalam bentuk :  $x = x_1 \pm \Delta x$

di mana :  $x_1$  = hasil dari pengukuran tunggal

$\Delta x$  = salah mutlak =  $\frac{1}{2}$  skala pengukuran terkecil (spt)

- b. Pengukuran berulang, yaitu pengukuran suatu besaran yang apabila di lakukan berulang kali hasilnya berbeda-beda. Misalkan hasil epngukuran dari suatu populasi  $x$  adalah  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  , maka nilai yang terbaik mewakili data tersebut adalah nilai rata-rata, yaitu :

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

dan salah mutlak  $\Delta x$  adalah simpangan baku nilai rata-rata, yaitu :

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

Sedangkan hasil pengukurannya di sajikan dalam bentuk :

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

$\bar{X}$  = nilai rata – rata sampel

di mana :  $\Delta X$  = simpangan baku rataaan sampel

$n$  = jumlah populasi (data)

- c. Kesalahan relatif

Untuk menyatakan kesalahan pengukuran suatu besaran adalah dengan kesalahan relatifnya yaitu  $\Delta x/x$  (tidak berdimensi), dan seringkali di nyatakan dalam %, yaitu dengan cara mengalikan harga  $\Delta x/x$  dengan 100%. Kesalahan relatif selalu di hubungkan dengan ketelitian pengukuran, makin kecil kesalahan relatif berarti makin tinggi ketelitian pengukuran tersebut.

## 2. Angka Berarti

Ketelitian pengukuran dapat pula di nyatakan dengan memperhatikan banyaknya angka yang di pakai. Angka-angka ini di sebut dengan angka berarti atau angka signifikan.

Sebagai contoh : 26,73 m mempunyai 4 angka berarti

8,50 gr mempunyai 3 angka berarti

0,70 cm mempunyai 2 angka berarti

Dalam menyajikan hasil pengukuran, banyaknya angka berarti yang di gunakan berkaitan dengan besarnya kesalahan relatif pengukuran tersebut. Makin kecil kesalahan relatif pengukuran, maka makin besar jumlah angka berarti yang boelh di ikut sertakan. Dalam hal ini kita dapat berpegang pada aturan praktis sebagai berikut :

- Kesalahan sekitar 10% memberi hak atas dua angka berarti
- Kesalahan 1% memberi hak atas tiga angka berarti
- Kesalahan 0,1% memberi hak atas empat angka berarti
- Kesalahan 0,01% memberi hak atas lima angka berarti

### 3. Perambatan Kesalahan

Banyak besaran fisis yang tidak dapat di tentukan dengan pengukuran secara langsung, tetapi merupakan fungsi dari besaran-besaran lain yang dapat di ukur langsung. Misalnya untuk mengetahui harga z harus di ukur terlebih dahulu besaran x dan y, maka di sini  $z = z(x,y)$ . Tentunya besarnya kesalahan  $\Delta z$  di pengaruhi oleh kesalahan-kesalahan  $\Delta x$  dan  $\Delta y$ , dan di katakan sebagai kesalahan akibat perambatan.

Contoh sederhana : mengetahui massa air dalam kalorimeter, mengetahui pertambahan panjang dari pemuaiian suatu logam, dan lain sebagainya.

#### a. Fungsi satu variabel

Misalkan besaran z hanya bergantung pada satu besaran lain yang mana merupakan hasil pengukuran, sebut besaran itu adalah x, sehingga dapat di tulis  $z = z(x)$ . Untuk fungsi tersebut ada dua kasus, yaitu :

1. Jika besaran x merupakan hasil pengukuran tunggal, maka :

$$\Delta z = \left| \frac{dz}{dx} \right| |\Delta x|$$

2. Jika besaran x merupakan hasil pengukuran berulang, maka :

$$\Delta z = \sqrt{\left[ \frac{dz}{dx} \right]^2 (\Delta x)^2}$$

#### b. Fungsi dua variable atau lebih.

Misalkan besaran  $w$  bergantung pada besaran lain yang lebih dari satu yang mana besaran-besaran tersebut merupakan hasil pengukuran, sebut besaran-besaran tersebut adalah  $x$ ,  $y$  dan  $z$ , sehingga dapat di tulis  $w = w(x, y, z)$ . Untuk fungsi tersebut dapat di bagi menjadi tiga kasus, yaitu :

1. Jika besaran  $x$ ,  $y$  dan  $z$  adalah hasil pengukuran tunggal atau  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  dan  $\Delta z$  kesemuanya merupakan  $\frac{1}{2}$  spt, maka :

$$\Delta w = \left| \frac{\partial w}{\partial x} \right| |\Delta x| + \left| \frac{\partial w}{\partial y} \right| |\Delta y| + \left| \frac{\partial w}{\partial z} \right| |\Delta z|$$

2. Jika besaran  $x$ ,  $y$  dan  $z$  adalah hasil pengukuran berulang atau  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  dan  $\Delta z$  kesemuanya merupakan simpangan baku nilai rata-rata sample, maka :

$$\Delta w = \sqrt{\left[ \frac{\partial w}{\partial x} \right]^2 (\Delta x)^2 + \left[ \frac{\partial w}{\partial y} \right]^2 (\Delta y)^2 + \left[ \frac{\partial w}{\partial z} \right]^2 (\Delta z)^2}$$

3. Jika besaran  $x$ ,  $y$  dan  $z$  merupakan kombinasi antara hasil pengukuran tunggal dan berulang, maka kesalahan dalam bentuk  $\frac{1}{2}$  spt dapat di rubah menjadi simpangan baku dengan cara mengalikannya dengan  $\frac{2}{3}$ , kemudian  $\Delta w$  di hitung dengan cara seperti nomor 2

#### 4. Perbandingan Terhadap Literatur.

Untuk mengetahui apakah percobaan yang kita lakukan sudah benar atau belum (minimal mendekati kebenaran), perlu di lakukan perbandingan antara hasil akhir yang di peroleh dari percobaan dengan harga literturnya. Hasil perbandingan ini merupakan suatu kesalahan terhadap literatur yang biasa di nyatakan dalam %. Cara perhitungannya yaitu:

$$\text{Kesalahan terhadap literatur} = \left| \frac{x_{il} - x_{perc.}}{x_{il}} \times 100\% = \dots\% \right|$$

Makin kecil prosentase kesalahannya, maka semakin baik. Hal ini menunjukkan bahwa percobaan yang kita lakukan sudah mendekati kebenaran.

**5. Pembuatan Grafik.**

Selain dengan cara analitik seperti di atas, untuk membuktikan suatu rumus maupun perhitungan suatu konstanta (koefisien) dalam rumus, dapat juga di tentukan secara grafik. Dengan cara ini kita dapat pula melihat hubungan antara variabel yang satu dengan variabel lainnya. Untuk keperluan tersebut di gunakan grafik yang paling sederhana, yaitu grafik yang berbentuk linier dan memiliki persamaan :

$$y = m_1x + n_1$$

dimana:  $m_1 = \text{slope (gradien)}$

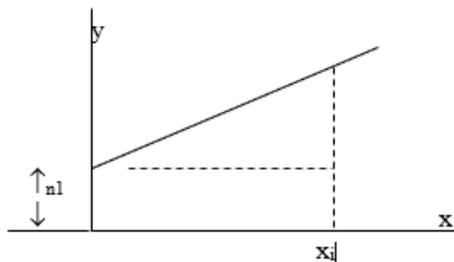
$n_1 = \text{untercept}$

Untuk mencari harga  $n_1$  dan  $m_1$  kita gunakan persamaan :

$$m_i = \frac{N \sum (x_i y_i) - \sum x_i \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$n_i = \frac{N \sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum (x_i y_i)}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

di mana N adalah jumlah data, sedangkan grafiknya seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



Catatan : Grafik di gambar pada kertas millimeter block

## I. BANDUL MATEMATIS

### Tujuan

Menentukan percepatan gravitasi dengan menggunakan sistem bandul sederhana.

### Alat dan Bahan

1. Dasar Statip
2. Kaki Statip
3. Batang Statip 250 mm dan 500 mm
4. Bola bandul
5. Benang/tali nilon
6. Stopwatch
7. Mistar

### Landasan Teori

Bandul matematis adalah benda yang terikat pada sebuah tali dan dapat berayun secara bebas dan periodik. Periode ayunan sebuah bandul ditentukan oleh panjang bandul, kekuatan gravitasi dan amplitudo  $\theta_0$  (lebar ayunan). Periode tidak tergantung kepada massa bandul. Jika amplitudo terbatas oleh ayunan yang kecil, periode  $T$  bandul sederhana, waktu yang diperlukan untuk satu siklus lengkap adalah

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

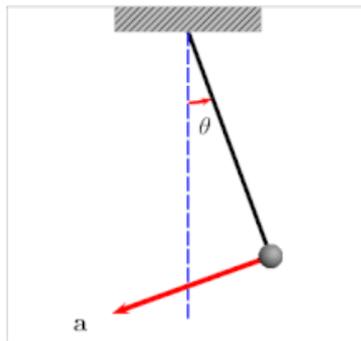
Dimana  $T$  adalah periode ayunan bandul,  $L$  panjang tali. Percepatan gravitasi  $g$  dapat dinyatakan oleh

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

### Prosedur Percobaan

1. Susunan percobaan seperti pada **Gambar 1.1**.
2. Beri simpangan pada bandul sebesar 2 cm dari titik kesetimbangan
3. Lepaskan bandul dan hitung waktu yang dibutuhkan untuk 10 ayunan.
4. Lakukan percobaan untuk beberapa kali dengan simpangan yang sama

5. Ulangi percobaan 1 s/d 4 untuk simpangan sebesar 3 cm dari titik kesetimbangannya.



**Gambar 1.1** Bandul matematis sederhana

**Tabel Pengamatan**

No	Panjang tali (cm)	Jml ayunan (N)	Waktu		
			$t_1$	$t_2$	$t_3$
1	(..... ± .....)	(..... ± .....)			
2	(..... ± .....)	(..... ± .....)			
3	(..... ± .....)	(..... ± .....)			
4	(..... ± .....)	(..... ± .....)			
5	(..... ± .....)	(..... ± .....)			

## II. KOEFISIEN MUAI PANJANG LOGAM

### Tujuan

Setelah melakukan praktikum ini mahasiswa diharapkan mampu

1. Menjelaskan pengaruh perubahan temperatur terhadap bahan terutama logam
2. Mengukur besarnya koefisien pemuaian panjang material

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah:

1. Satu set peralatan muai panjang
2. Termometer
3. Pemanas
4. Alat ukur (mistar dan jangka sorong)

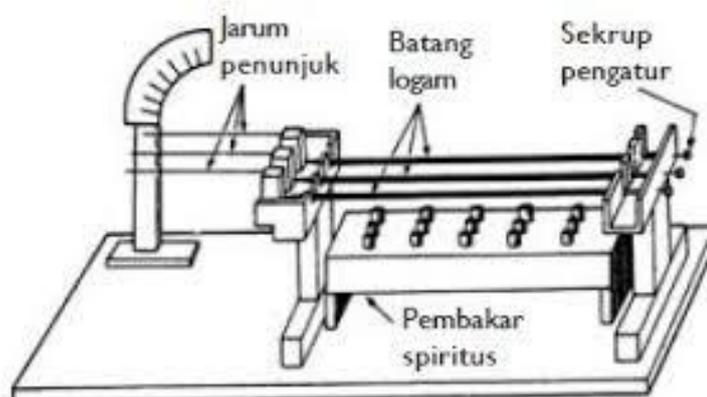
### Landasan Teori

Semua material tersusun dari atom – atom. Kenaikan temperatur pada sebagian besar material akan mengakibatkan penambahan jarak rata-rata antar atom sehingga material tersebut memuai. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perubahan panjang  $\Delta L$  berbanding lurus dengan perubahan temperatur  $\Delta T$  dan sebanding dengan panjang awal  $L_0$ ,

$$\Delta L \sim L_0 \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

dimana  $\alpha$  adalah konstanta pembanding disebut koefisien muai linier.



**Gambar 2** Set Up Peralatan Muai Panjang

**Prosedur Percobaan**

1. Pasanglah semua peralatan seperti tampak pada gambar. Pastikan logam uji terjepit dengan kuat.
2. Ukurlah panjang logam mula-mula  $L_0$ .
3. Letakkan skala pertambahan panjang pada klem penyiku logam, pastikan skala pertambahan panjang dapat berputar dengan bebas dan tentukan titik nol pengukuran.
4. Isi ketel dengan air dan hidupkan pemanas. Tunggulah sampai terjadi uap air panas. Aturilah agar uap panas ini dapat mengalir dengan baik di dalam logam.
5. Secara berkala, misalkan tiap 2 menit, catatlah temperatur batang logam dan bacalah pertambahan panjang  $\Delta L$ . Matikan pemanas jika temperatur batang logam tidak bertambah.
6. Secara berkala lakukan pengukuran perubahan panjang pada setiap penurunan temperatur.
7. Buatlah grafik hubungan antara pertambahan panjang  $\Delta L$  sebagai fungsi dari perubahan temperatur  $\Delta T$ .
8. Ukurlah kemiringan grafik dan hitunglah koefisien muai panjang  $\alpha$ .

**Tabel Pengamatan**

No	Jenis Batang	Tebal batang (Cm)	Diameter btg (Cm)	Panjang btg ( $l_0$ ) Cm	Panjang akhir (lt)Cm
1	Besi	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
2	Tembaga	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
3	Kuningan	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
4	Alumunium	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
5	Stenlies	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)

No	Jenis Batang	Keadaan jarum Sebelum perc	Sesudah perc	Temperatur Sebelum perc	Sesudah perc
1	Besi	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
2	Tembaga	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
3	Kuningan	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)

4	Aluminium	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
5	Stenlies	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)

### III. MODULUS ELASTISITAS

#### Tujuan

Menentukan modulus elastisitas daripada berbagai zat padat dengan pelenturan.

#### Alat-alat dan Bahan

1. Jangka sorong dan mikrometer sekrup
2. Mistar yang lebih dari 50 cm
3. Tumpuan T
4. Skala dengan cermin S
5. kait dengan tumpuannya
6. Batang logam yang akan diukur elastisitas
7. Beban pemberat

#### Landasan Teori

Batang (lempeng) logam diletakkan diatas tumpuan T, dengan jarak dari tumpuan ketumpuan sebesar 1. Kait K dengan tumpuan ditengah-tengah batang, dan pada tumpuan dari kait diberi beban-beban pemberat yang dapat diubah-ubah besarnya.

Bila beban B ditambah / dikurangi, maka lempeng akan turun / naik. Kedudukan lempeng dapat dibaca pada skala s. Untuk mengurangi kesalahan peralaks (melihat), maka pembacaan harus diusahakan supaya berimpit dengan bayangannya pada cermin.

Bila pelenturan f pada penambahan beban, maka

$$f = \frac{Bl^3}{4Ebh^3}$$

Dimana :

B ; Berat beban

E : Modulus elastisitas

b: Lebar batang

h : tebal batang

l : Panjang dari tumpuan ke tumpuan

**Jalannya Percobaan**

1. Ukurlah panjang batang untuk masing-masing batang
2. Ukurlah lebar (b) dan tebal (h) pada masing-masing batang.
3. Ukur pula jarak tumpuan ke tumpuan (l)
4. Letakkan batang diatas tumpuan, dan letakkan kait K pada batang kira-kira ditengah batanga
5. Bacalah kedudukan lempeng pada skala S yang ada di cermin.
6. Tambahkan beban tiap kali satu beban,dan tiap kali pula baca kedudukan batang pada s
7. Kurangi beban tiap kali satu beban,baca kedudukan batang pada s.

**Tabel Pengamatan**

No	Jenis batang	Lebar batang (b) cm	Tebal batang (h) cm
1			
2			

No	Beban (gr )	Penambahan (cm)	Pengurangan (cm)	Rata – rata (cm)
1				
2				
3				
4				
5				

**IV. HUKUM MELDE**

**Tujuan**

1. Menyelidiki sifat-sifat gelombang berdiri seutas tali dengan cara melde.
2. Menentukan besarnya frekuensi vibrator serta cepat rambat gelombang yang dihasilkan

**Alat dan Bahan**

1. Vibrator dengan lengan penggeraknya
2. Katrol dan tali
3. Piring beban beserta keping-keping beban
4. Slide regulator
5. Neraca analitis dan mistar

**Landasan Teori**

Seutas tali salah satu ujungnya diikatkan pada sebuah lengan penggerak vibrator, sedangkan ujung yang lainnya dilewatkan pada sebuah katrol dan diberi beban untuk memberi tegangan pada tali tersebut. Jika vibrator digetarkan, maka didalam tali akan terjadi gelombang berjalan. Dengan mengatur tegangan tali, maka kita dapatkan bentuk gelombang berdiri yang dikehendaki.

Jarak dua simpul yang beraturan adalah  $\frac{1}{2}\lambda$  , atau  $\lambda = \frac{2l}{s-1}$  ..... (1)

Dimana :  $l$  : jarak simpul terjauh

$S$ : Jumlah simpul yang terjadi sepanjang  $l$

Cepat rambat gelombang dirumuskan :  $v = N\lambda$  .....( 2)

Atau

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Sehingga dari persamaan (2) dapat diperoleh frekuensi gelombang (vibrator) adalah :

$$N = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- $\lambda$  = panjang gelombang
- $\mu$  = Massa persatuan panjang tali
- T = Tegangan tali

**Prosedur Percobaan**

1. Ikatkanlah salah satu ujung tali pada lengan penggerak vibrator sedangkan ujung yang satu lagi diikatkan pada kait piring beban dengan melalui sebuah katrol.
2. Hubungkan vibrator dengan sumber arus yang berasal dari slide regulator, sehingga lengan penggerak vibrator bergetar dengan frekuensi yang tetap.
3. Dengan meletakkan keping-keping beban pada piring beban, aturlah tegangan tali sehingga terjadi gelombang terdiri.
4. Hitunglah jumlah simpul yang terjadi pada sepanjang tali dan catatlah tegangan talinya berdasarkan jumlah beban pemberat.
5. Ukurlah jarak simpul terjauh (jarak posisi simpul pada katrol dengan posisi simpul didekat lengan penggerak vibrator ).
6. Ulangi percobaan 3 sampai 5 beberapa kali dengan jumlah simpul yang berbeda-beda-beda, dengan cara menambah keping-keping beban pada piring beban (usahakan agar penambahannya selalu konstan).
7. Ukurlah massa dan panjang tali seluruhnya untuk menghitung massa persatuan panjang tali.

**Tabel Pengamatan**

No	Massa	Jumlah Simpul	Jarak Simpul Terjauh
1	(..... ± .....) gr	(..... ..)	(..... ± .....) cm
2	(..... ± .....) gr	(..... ..)	(..... ± .....) cm
3	(..... ± .....) gr	(..... ..)	(..... ± .....) cm
4	(..... ± .....) gr	(..... ..)	(..... ± .....) cm
5	(..... ± .....) gr	(..... ..)	(..... ± .....) cm

### Tugas Pendahuluan

Tunjukkan dengan gambar bahwa  $\lambda = \frac{2l}{s-1}$

### Tugas Akhir

1. Hitunglah massa persatuan panjang tali yang digunakan beserta rambatan kesalahannya.
2. Hitunglah panjang gelombang yang dihasilkan pada tiap-tiap percobaan beserta kesalahannya.
3. Hitunglah frekuensi vibrator dengan mempergunakan persamaan (3) dan cepat rambat gelombangnya masing-masing beserta rambatan kesalahannya.
4. Hitunglah frekuensi vibrator rata-rata beserta kesalahannya.

## V. HUKUM HOOKE

### Tujuan

1. Menyelidiki hubungan antara gaya dan pertambahan panjang pegas
2. Menentukan konstanta pegas

### Alat dan Bahan

1. Pegas
2. Beban logam sebanyak 5 buah @ 50 gram atau 100 gram
3. Mistar/meteran
4. Statip

### Landasan Teori

Jika sebuah pegas ditarik dengan gaya tertentu, maka panjangnya akan berubah. Semakin besar gaya tarik yang bekerja, semakin besar pertambahan panjang pegas tersebut. Ketika gaya tarik dihilangkan, pegas akan kembali ke keadaan semula. Jika beberapa pegas ditarik dengan gaya yang sama, pertambahan panjang setiap pegas akan berbeda. Perbedaan ini disebabkan oleh karakteristik setiap pegas. Karakteristik suatu pegas dinyatakan dengan konstanta pegas ( $k$ ). Hukum Hooke menyatakan bahwa jika pada sebuah pegas bekerja sebuah gaya, maka pegas tersebut akan bertambah panjang sebanding dengan besar gaya yang bekerja padanya. Secara matematis, hubungan antara besar gaya yang bekerja dengan pertambahan panjang pegas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F \propto k$$

$$F = k \Delta x$$

Sehingga

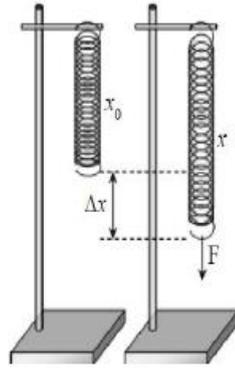
$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

Dimana;

$F$  = Gaya yang bekerja (N)

$k$  = konstanta Pegas

$\Delta x$  = pertambahan panjang pegas (m)



**Gambar 6.1** Sistem pegas

**Prosedur Percobaan**

1. Rangkai statip seperti **Gambar 6.1**.
2. Gantungkan pegas pada statip dan ukur panjang pegas mula-mula ( $l_0$ ).
3. Gantungkan beban (50 gr) pada ujung pegas, kemudian ukur pertambahan panjang pegas ( $l_1$ ).
4. Tambahkan beban sebesar (50 gr), kemudian ukur pertambahan panjang pegas ( $l_2$ ).
5. Ulangi langkah 4 untuk penambahan beban setiap 50 gr dan catat perubahan panjang pegas ( $l_3$ ).
6. Ulangi langkah percobaan 1 s/d 5 untuk jenis pegas yang berbeda.
7. Buatlah grafik hubungan antara konstanta pegas ( $k$ ) dengan pertambahan panjang ( $\Delta x$ ).

**Tabel Pengamatan**

Panjang pegas ( $l_0$ )	Massa beban (gr)	Pertambahan panjang pegas ( $l_i$ )		
		$l_1$ (cm)	$l_2$ (cm)	$l_3$ (cm)

**VI. PESAWAT ATWOOD**

**Tujuan**

1. Mengenai Hukum Newton
2. Menghitung percepatan gravitasi
3. Mengenal sistem katrol

**Alat dan Bahan**

1. Tiang berkala (T) yang mempunyai katrol di atasnya
2. Katrol K (yang dianggap tidak mempunyai gesekan dengan porosnya)
3. Tali penggantung (massanya di abaikan)
4. Benda – benda berbentuk silinder  $M_1$  dan  $M_2$  yang diikat ke tali, sebagai beban utama
5. Beban – beban  $m_1$  dan  $m_2$ , sebagai beban tambahan yang berbentuk bulat
6. Lempeng bulat tipis, yang kini di letakkan diatas  $M_2$  sekaligus sebagai beban utama pula
7. Pada tiang T, terdapat alat pemegang beban G dengan klep berpegas P. Penahan massa A yang berlubang, serta penahan benda B (tidak berlubang) terletak di bawah sekali.

**Landasan Teori**

Hukum Newton I

Jika suatu sistem sudah mendapat gaya luar sistem akan tetap dalam keadaannya semula diam atau bergerak lurus beraturan dengan kecepatan tetap.

Hukum Newton II

Percepatan dari sistem sebanding dengan gaya yang bekerja pada sistem itu.

$$F = m \cdot a \dots\dots\dots (1)$$

Hukum Newton di atas memberikan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Arah percepatan benda sama dengan arah gaya yang bekerja pada benda tersebut
- b. Besarnya percepatan sebanding dengan gaya yang bekerja, jadi bila gaya konstan maka percepatan yang timbul juga konstan

c. Untuk  $a$  yang tetap maka berlaku persamaan gerak sebagai berikut :

$$v_t = v_0 + at \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$s_t = s_0 + \frac{1}{2} at^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

Untuk sebuah katrol dengan beban – beban akan berlaku

$$a = \frac{m \cdot g}{2M + m + I/r^2} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

Disini di anggap  $M_2 = M_2 = M$

$r$  = Jari –jari katrol

$I$  = Momen Inersia Katrol

Hal yang perlu diperhatikan sebelum melakukan Percobaan

1. Sebelum melakukan percobaan, periksalah apakah tiang T sudah berdiri vertikal
2. Jagalah agar seluruh alat jangan bergoyang pada waktu kita menekan klem P (agar  $M_2$  dan  $M_1$  tidak mendapat gaya tambahan karena goyangan alat)
3. Momen inersia katrol ( $I$ ) tertulis pada masing-masing katrol.
4. Perhatikan cara mengukur jarak  $x_{OA}$  dan  $x_{AB}$ . Karena  $m$  terlepas pada waktu ujung atas  $M_2$  melewati A, sedangkan  $M_2$  berhenti pada saat ujung bawahnya mengenai B
5. Mengukur  $t_1$  harus di mulai saat P di pijat (bukan saat M bergerak).

**Prosedur Percobaan**

1. Timbanglah  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  dan keping logam tipis
2. Pasanglah tali pada katrol, selidiki apakah hukum Newton I berlaku (dengan  $M_1$  dan  $M_2$ )
3. Pasang G, A dan B selidikilah kerjanya seluruh pesawat atwood sebagai berikut :
  - a. Pasanglah  $M_1$  pada pemegang G dan klem P
  - b. Tambahkan beban  $m$  pada  $M_2$
  - c. Pijitlah P, maka  $M_1$  (pada pemegang G) akan terlepas dan naik. Sedang  $M_2 + m$  akan turun (gerak dipercepat)
  - d. Sampai  $m$  tersangkut pada A sedangkan  $M_2$  terus bergerak dengan kecepatan tetap dan berhenti pada B.

4. Pasanglah  $M_1$  pada G kembali, kini beban di tambah dengan  $M_1$  jadi  $M_2 + m_1$ , dan catatlah kedudukan  $A.B < C$  pada skala tiang T.
5. Amatilah  $t_1$  yaitu waktu yang di perlukan oleh  $M_2 + m_1$  dari titik C ke A (gerak dipercepat).
6. Amatilah  $T_2$  yaitu waktu yang diperlukan oleh  $M_2$  dari A ke B (gerak dengan V tetap).
7. Jika stopwatch cukup, pengamatan 5 dan 6 dapat dibuat sekaligus
8. Ulangi pengamatan 5 dan 6 beberapa kali (tuliskan pengamatannya dengan bentuk tabel, dimana letak A,B dan C tetap)
9. Gantilah  $m_1$  dengan  $m_2$ , buatlah pengamatan seperti pada 4,5,6 dan 7 serta buatlah tabel untuk pengamatan ini seperti di atas dengan  $t_3$  (untuk  $C_1, A_1$  dan  $m_2$ ) dan  $t_4$  (untuk  $A_1, B_1$  dan  $m_2$ )
10. Ulangi percobaan 4,5,6 dan 7,8,9 dengan mengubah jarak  $x_{AB}$  (melalui cara merubah letak B beberapa kali), sedangkan  $x_{CA}$  tetap, buat pula tabel  $t_5$  (untuk  $C_1, A_1$  dan  $m_1$ ),  $t_6$  (untuk  $A_1, B_1$  dan  $m_1$ ) dan  $t_7$  (untuk  $C_1, A_1$  dan  $m_2$ ),  $t_8$  (untuk  $A_1, B_2$  dan  $m_2$ ) seperti di atas.
11. Ulangi percobaan 4,5,6,7,8 dan 9 dengan merubah jarak  $x_{CA}$  beberapa kali.

### Pertanyaan

1. Apakah pada percobaan pesawat atwood benar-benar hukum newton I berlaku? Kalau tidak apa sebabnya, jelaskan.
2. Hitung  $a$  dengan rumus 4 untuk masing-masing harga  $m$
3. Dari perhitungan harga  $a$ , hitunglah harga  $g$ , masing-masing untuk  $m_1$  dan  $m_2$  kemudian bandingkan dengan harga  $g$  yang diberikan pada 3.
4. Berilah pembahasan tentang harga  $a$  dibandingkan dengan harga  $m$
5. Apa pengaruhnya bila tiang T tidak benar – benar vertikal, berikan penjelasan singkat.

## VII. KOEFISIEN GAYA GESEK

### Tujuan

Menentukan koefisien gesek statis dan kinetik pada gerak translasi.

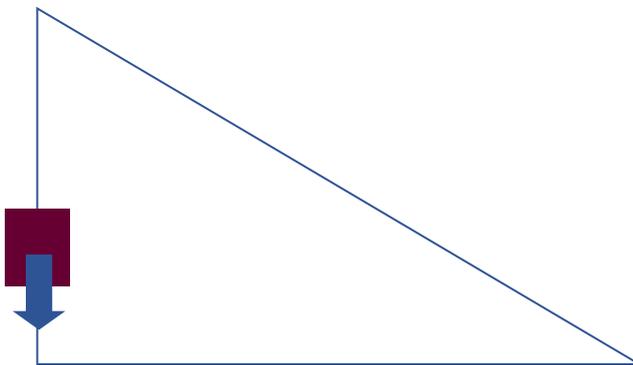
### Alat dan Bahan

1. Bidang miring
2. Balok kayu
3. Silinder logam
4. Mistar (meteran)
5. Tali
6. Piring beban
7. Timbangan / neraca analitis

### Landasan Teori

Benda yang bergerak diatas suatu permukaan akan mendapat gaya gesekan. Besarnya gaya gesekan tergantung pada koefisien geek antara benda dengan bidang gaya normal. Arah gaya geekan selalu berlawanan dengan arah benda.

$$f = \mu \cdot N$$



**Gambar**

Koefisien gaya gesek adalah perbandingan antara gaya gesekan dan gaya normal. Besar koefisien gesek menunjukkan tingkat kekasaran bidang. Koefisien gesekan terbagi:

1. Koefisien gesekan statik ( $\mu_s$ ) adalah gaya gesekan pada saat benda belum bergerak  $\mu_s = m_2/m_1$

2. Koefisien gesekan kinetik ( $\mu_k$ ) adalah gaya gesekan pada saat benda akan bergerak  $\mu_k = f/N$

Dimana:  $F = m \cdot a$

Dan Jika sebuah benda mengalami gaya, maka pada benda itu dapat terjadi perubahan gerak, misalnya yang semula diam menjadi bergerak atau yang semula bergerak perlahan menjadi semakin cepat atau berhenti tergantung pada macam gaya yang bekerja padanya.

### Prosedur Percobaan

1. Menyusun alat seperti pada gambar.
2. Menimbang massa balok dengan katrol dengan menggunakan neraca atau timbangan.
3. Meletakkan balok kayu ( $m_1$ ) diatas bidang datar.
4. Menghubungkan balok dengan katrol menggunakan tali kemudian pada ujung tali digantungkan piringan beban.
5. Mengatur sudut yang dibentuk antara idang miring dengan permukaan bidang datar sesuai dengan yang dibutuhkan ( $0^0, 5^0, 10^0, 15^0$ ).
6. Meletakkan beban ( $m_2$ ) pada piringan beban ampai balok kayu bergerak.
7. Mencatat massa beban yang dapat menggerakkan sistem hingga mendapat 5 nilai data untuk setiap masing-masing sudut.
8. Ulangi seperti langkah pada butir 6 untuk sudut yang berbeda.

### Tugas Pendahuluan

Apa yang mempengaruhi koefisien gesek statik dan koefisien gesek kinetik.

### Tugas Akhir

1. Tentukan nilai a
2. Buatlah grafik hubungan antara a dan sin pada percobaan dan bandingkan dengan teori
3. Tentukkan ( $\mu_s$ )

4. Amati jika anda menjatuhkan sebuah pensil dan selembar kertas. Bahaslah mengenai percepatan dan gaya yang dialami bila masanya sama dan bila masanya berbeda.

**VIII. MENENTUKAN KECEPATAN DAN PERCEPATAN**

**Tujuan**

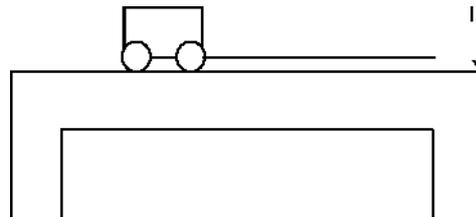
1. Menghitung kecepatan dan percepatan
2. Mengerti tentang grafik hubungan jarak perpindahan sebuah benda dengan waktu

**Alat dan Bahan**

1. Sebuah dynamik kart (balok kayu yang permukaannya licin)
2. Dua buah katrol kecil
3. StopWach
4. Mistar
5. Meja praktikum
6. Benang secukupnya
7. Piring neraca, anak timbangan, beban secukupnya

**Landaan Teori**

Kecepatan adalah laju perubahan posisi ( $\Delta r$ ) terhadap selang waktu ( $\Delta t$ ) yang didefinisi



dengan

Rumus  $v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$  ..... (1)

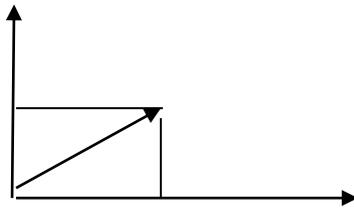
Kecepatan dibagi menjadi 2 yaitu :

- a. Kecepatan rata-rata ( $v$ ) adalah perubahan posisi /kedudukan  $\Delta r$  yang ditempuh dalam selang waktu  $\Delta t$

$$v = \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1}$$

$$v = \frac{\Delta x_i + \Delta y_i}{\Delta t} = \frac{\Delta x_i}{\Delta t} + \frac{\Delta y_i}{\Delta t}$$

$\bar{v} = \bar{v}x_i + \bar{v}y_j$       Vektor kecepatan rata-rata (nilai 2 arah)



Arah kecepatan ( $\theta$ )       $\text{tg } \theta = \frac{v_y}{v_x}$

Kecepatan sesaat ( $v$ ) adalah besar kecepatan rata-rata ( $v$ ) yang ditempuh dalam

selang waktu  $\Delta t$  mendekati nol  $\bar{v} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$

Percepatan adalah laju perubahan kecepatan ( $\Delta v$ ) terhadap waktu ( $\Delta t$ ) terhadap

waktu  $\Delta t$   $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$

vektor percepatan  $a = \frac{(v_2x_i - v_2y_j) - (v_1x_i + v_1y_j)}{\Delta t} = \frac{\Delta v x_i - \Delta v_y y_j}{\Delta t}$

$a = ax_i + ay_j$

**Prosedur Percobaan**

1. Susunlah alat seperti pada gambar yang terlihat pada alat dan bahan
2. Berilah tanda pada meja praktikum (jarak 50,100,150 cm) dimulai dari ujung dinamik kart sebelum bergerak
3. Berilah anak timbangan pada piringan tergantung sedemikian hingga dinamik kart tepat akan bergerak
4. Untuk menggerakkan dinamik kart berikan beban hingga dinamik kart bergerak
5. Catatlah waktu yang diperlukan untuk menempuh lintasan (jarak yang telah ditentukan diatas,masing-masing 5 kali)
6. Tambahkan anak timbangan pada piringan tergantung dari massa anak timbangan tersebut
7. Ulangi prosedur 1-6 beberapa kali.

**Tabel Pengamatan**

No	Percobaan	Waktu (t)	Jarak				
			S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	v	a
1							
2							
3							
4							
5							
1							
2							
3							
4							
5							

**Tugas Pendahuluan**

Buktikan 
$$x = v_0t + \frac{1}{2}at \frac{v_t - v_0}{2a}$$

**Jawab Pertanyaan**

1. Tentukan kecepatan beserta kesalahan
2. Tentukan percepatan beserta kesalahan
3. Buatlah grafik kecepatan dan percepatan

### IX. KECEPATAN SUARA DI UDARA

**Tujuan**

1. Menentukan kecepatan suara di udara.
2. Menera bilangan getar garpu tala.

**Alat dan Bahan**

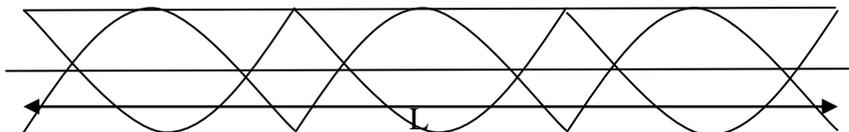
1. Tabung resonansi yang perlengkapannya 1 set.
2. Garpu tala standart 1 buah.
3. Pemukul Garpu tala.
4. Jangka Sorong.

**Landasan Teori**

Suatu gelombang berdiri (standing Wave) dapat terjadi dari gelombang simpangan atau gelombang tekanan. Untuk mudahnya anggaplah gelombang berdiri sebagai gelombang simpangan ( hanya satu anggapan) dalam satu tabung, ujung yang tertutup merupakan simpul simpangan, karena adanya ujung itu menyebabkan molekul – molekul udara tidak dapat bergerak bebas.

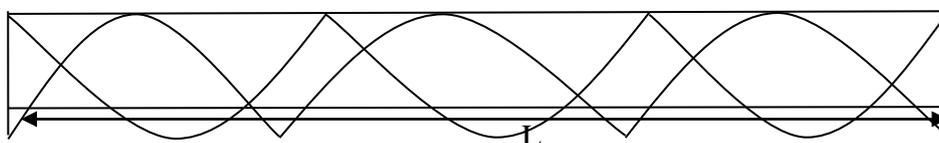
Sedangkan ujung tabung yang terbuka merupakan perut simpangan karena pada ujung tabung yang terbuka merupakan perut simpangan karena pada ujung-ujung ini molekul – molekul udara dapat bebas bergerak. Oleh karena itu dalam peristiwa resonansi pada tabung udara panjang tabung merupakan kelipatan daripada:

Kedua Ujung Terbuka :



$$L = - \frac{(2n + 2)\lambda}{4} \dots\dots\dots (1a)$$

Satu Ujung Terbuka :



$$L = \frac{(2n + 2)\lambda}{4} \dots \dots \dots (1b)$$

Sebenarnya perut simpangan tidak tepat pada ujung pipa tetapi pada suatu jarak yakni

$e = \pm 0.6 R$  diluar pipa, dimana R adalah jari –jari pipa. Sehingga persamaan (1)

berubah menjadi :

$$L = \frac{(2n+2)\lambda}{4} - e \text{ (kedua Ujung terbuka).....(2a)}$$

$$L = \frac{(2n+1)\lambda}{4} - e \text{ (satu Ujung tertutup).....(2b)}$$

Oleh karena  $\lambda = v/N$  ( $v$  = kecepatan suara,  $N$  = bilangan getar =frekuensi), maka :

$$L = \frac{(2n+2)v}{4N} - e \text{ (kedua ujung terbuka).....(3a)}$$

$$L = \frac{(2n+1)v}{4} - e \text{ (Satu Ujung tertutup).....(3b)}$$

Dengan membuat grafik sebagai fungsi dari  $n$ , maka akan didapat :

- a. Bila diketahui  $N$ , maka dapat dihitung  $e$  dan  $v$ .
- b. Sebaliknya bila  $v$  sudah diketahui, maka  $N$  dapat dihitung ( setelah dikoreksi dengan  $e$ ).

**Prosedur Percobaan**

1. Catatlah Keadaan ruang Laboratorium ( suhu, Tekanan, dan Kelembamannya) sebelum dan sesudah percobaan.
2. Ukurlah diameter tabung bagian dalam
3. Usahakan agar permukaan air di dalam tabung tinggi dekat dengan ujung atas tabung (dengan cara mengatur letak reservoir).
4. Pukullah salah satu garpu tala ( misalnya yang diketahui bilangan getar  $N$  nya).
5. Dekatkanlah garpu tala yang bergetar pada ujung atas tabung.
6. Aturlah letak permukaan air di dalam tabung (turunkan perlahan – lahan) sampai terjadi resonansi (terdengar suara berdengung).

7. Untuk satu garpu tala carilah semua tempat yang terjadinya resonansi yang mungkin pada sepanjang tabung.
8. Ulangi percobaan 4, 5 dan 6 untuk memastikan benar – benar tepat terjadinya resonansi (catat pada skala berapa).
9. Ulangi percobaan 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 untuk beberapa garpu tala yang lain.
10. Tanyakan kepada asisten besarnya nilai N yang diketahui.

**Tabel Pengamatan**

Garputala /panjang kolom udara (cm)	I (n = 0 )	II ( n = 1 )	III ( n = 2 )
I. N = .....Hzt	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
II. N = .....Hzt	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
III. N = .....Hzt	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)
IV. N = .....Hzt	(..... ± .....)	(..... ± .....)	(..... ± .....)

**Tugas Akhir**

1. Hitunglah factor koreksi e beserta kesalahannya !
2. Buatlah Grafik antara L ( panjang kolom udara ) dan n (= 0, 1, 2, 3, ....) untuk tiap – tiap garpu tala!
3. Berdasarkan dari grafik jawaban nomor 2, untuk garpu tala yang N-nya diketahui, hitunglah harga e ( gunakan v literature) !
4. berdasarkan dari grafik jawaban nomor 2, untuk garpu tala yang N-nya diketahui, hitunglah harga V (gunakan e jawaban no.1)!
5. hitunglah harga v dengan rumus thermodinamika:

$$v = \left( \frac{\gamma RT}{M} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :  $\gamma \cong 1.4$  ;  $R \cong 8.314 \frac{J}{mol K}$ ;  $M \cong 29 \times 10^{-9} kg/mol$

6. hitunglah harga v dengan rumus:

$$v = 331 \left(1 + \frac{t}{273}\right)^{\frac{1}{2}} \text{ m/dt}$$

Dimana t adalah suhu udara dalam satuan K.

7. Bandingkan harga-harga v yang didapat dengan harga v menurut literature, berapa besar kesalahannya?
8. berdasarkan dari grafik jawaban nomor 2, untuk garpu tala yang lain dengan menggunakan harga e jawaban nomor 1 dan v jawaban nomor 4, hitunglah harga N!
9. gambarkan grafik antara L dan N untuk  $n = 0!$  Perlu diperhatikan bagaimanakah hubungan antara L dan N, apakah linier atau tidak? Tunjukkan dengan rumus!
10. berdasarkan dari grafik jawaban nomor 9, dengan menggunakan v literatur hitunglah harga e!
11. berdasarkan dari grafik jawaban nomor 9, dengan menggunakan e jawaban nomor 1 hitunglah harga v!
12. apakah yang dimaksud dengan resonansi?

### **Kesimpulan**

Jelaskan dengan singkat:

1. Bagaimanakah dengan harga e jawaban nomor 1 bila dibandingkan dengan harga e jawaban nomor 3 dan nomor 10?
2. Bagaimana pula dengan harga-harga v yang didapat, apakah hasilnya sudah cukup baik?
3. Apakah dari keempat harga v yang didapat dengan cara yang beda tersebut diperoleh hasil yang sama? Mengapa demikian?
4. Lain-lain (bila ada).

**DAFTAR PUSTAKA**

Resnick & Haliday, “ *Fisika Jilid 2* ” (terjemahan) Bab 32

Haliday Resnick, *Fisika Jilid I*, Edisi Ketiga, Terjemahan Pantur Silaban, 1978, Erlangga, Jakarta

Serway, R. “ *Physics for scientist & Engineers With Modern Physics* ” , James Madison University Harrison burg, Virginia, 1989 Bab 28.

Resnick & Haliday, “ *Fisika Jilid 2* ”

Serway, R. “ *Physics for scientist & Engineers With Modern Physics* ” , James Madison