

MODUL PRAKTIKUM

Universitas
Esa Unggul

Universitas
Esa Unggul
FISIKA DASAR

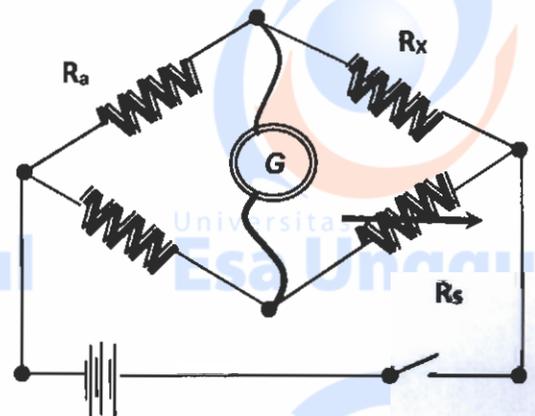
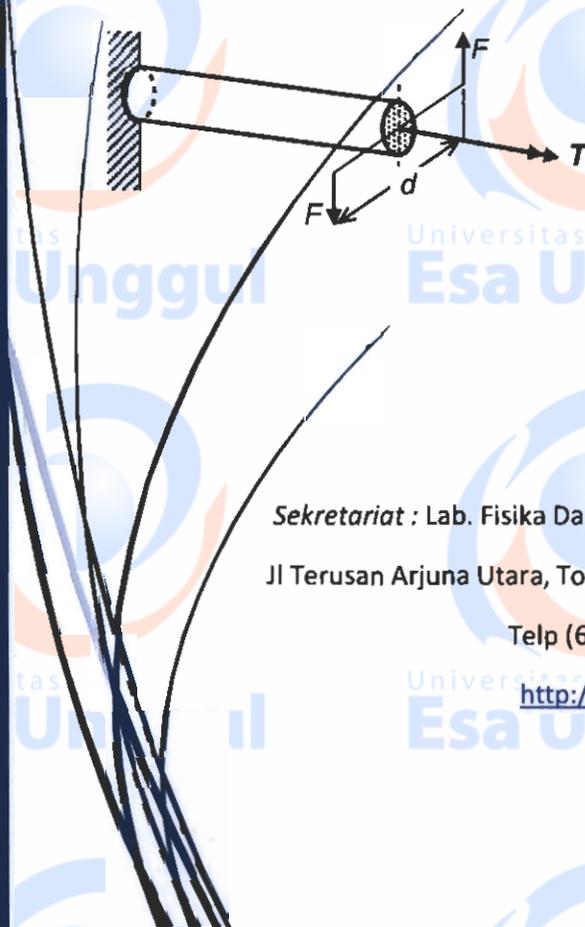
Universitas
Esa Unggul

Universitas
Esa Unggul

Universitas
Esa



Universitas
Esa Unggul



Sekretariat : Lab. Fisika Dasar Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul
Jl Terusan Arjuna Utara, Tol Tomang, Kebon Jeruk, Jakarta Barat 11470

Telp (62-21) 5674223 ext. 214

<http://www.esaunggul.ac.id>

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI, FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ESA UNGGUL

JAKARTA 2013

Universitas
Esa Unggul

Universitas
Esa Unggul

Universitas
Esa Unggul

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku *Modul Praktikum Fisika Dasar* ini dapat hadir ke hadapan pembaca untuk . Modul ini disusun sebagai salah satu pedoman pelaksanaan praktikum yang berisi teori dan konsep disertai dengan perhitungan-perhitungan rumus dasar sebagai bahan analisa dari suatu materi praktikum.

Buku ini diharapkan praktis dan representatif untuk pedoman belajar dan praktikum fisika dasar. Perbaikan secara terus menerus demi kesempurnaan modul ini untuk penyesuaian dengan silabus mata kuliah Fisika Dasar.

Semoga modul ini memberi manfaat bagi mahasiswa, khususnya mahasiswa Teknik Industri, Universitas Esa Unggul.

Jakarta, 14 Agustus 2013

Penyusun

Dra Safitri M M.Si

Tim Asisten Fisika dasar

DAFTAR ISI

Kata Pengantar..... i
 Daftar Isi..... ii
 Peraturan Praktikum..... v

MODUL 1 DASAR PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN

A. Tujuan Percobaan..... 1
 B. Peralatan..... 1
 C. Landasan Teori..... 1
 D. Tugas Pendahuluan 7
 E. Prosedur percobaan 8
 F. Pertanyaan 8

MODUL 2 BANDUL MATEMATIS

A. Tujuan Percobaan..... 9
 B. Peralatan..... 9
 C. Landasan Teori..... 9
 D. Tugas Pendahuluan 10
 E. Prosedur percobaan 10
 F. Pertanyaan 10

MODUL 3 ELASTISITAS MODULUS YOUNG

A. Tujuan Percobaan..... 11
 B. Peralatan..... 11
 C. Landasan Teori..... 11
 D. Tugas Pendahuluan 12
 E. Prosedur percobaan 13

MODUL 4 MODULUS PUNTIR

A. Tujuan Percobaan..... 14
 B. Peralatan..... 14
 C. Landasan Teori..... 14
 D. Tugas Pendahuluan 15
 E. Prosedur percobaan 15
 F. Pertanyaan 16

MODUL 5 TETAPAN PEGAS dan GRAVITASI

A. Tujuan Percobaan.....	17
B. Peralatan.....	17
C. Landasan Teori.....	17
D. Tugas Pendahuluan	19
E. Prosedur percobaan	19
F. Pertanyaan	20

MODUL 6 PANAS JENIS ZAT dan KALORIMETER

A. Tujuan Percobaan.....	21
B. Peralatan.....	21
C. Landasan Teori.....	21
D. Tugas Pendahuluan	24
E. Prosedur percobaan	24
F. Pertanyaan	25

MODUL 7 LENSA

A. Tujuan Percobaan.....	27
B. Peralatan.....	27
C. Landasan Teori.....	27
D. Tugas Pendahuluan	30
F. Prosedur percobaan.....	31
G. Pertanyaan.....	32

MODUL 8 VOLTMETER dan AMPEREMETER

A. Tujuan Percobaan.....	34
B. Peralatan.....	34
C. Landasan Teori.....	34
D. Tugas Pendahuluan	38
E. Prosedur percobaan	39
F. Pertanyaan	40

MODUL 9 JEMBATAN WHEATSTONE

A. Tujuan Percobaan.....	41
B. Peralatan.....	41
C. Landasan Teori.....	41

D. Tugas Pendahuluan.....	43
E. Prosedur percobaan.....	44
F. Pertanyaan.....	45

MODUL 10 HUKUM JOULE

A. Tujuan Percobaan.....	46
B. Peralatan.....	46
C. Landasan Teori.....	46
D. Tugas Pendahuluan.....	47
E. Prosedur percobaan.....	48
F. Pertanyaan.....	48

DAFTAR PUSTAKA.....	50
----------------------------	-----------

TATA TERTIB PERATURAN PRAKTIKUM FISIKA DASAR

I. Praktikan Wajib :

1. Mengikuti seluruh praktikum Fisika Dasar yang sudah ditetapkan.
2. Tepat waktu, baik kehadiran praktikum sesuai jadwal maupun dalam mengumpulkan laporan.
3. Menjaga kelengkapan dan kebersihan laboratorium.
4. Bertanggung jawab mengganti alat-alat praktikum yang hilang atau rusak dalam waktu satu minggu.
5. Berpakaian kemeja, rapi sopan dan memakai sepatu selama mengikuti praktikum.
6. Mematikan segala bentuk alat komunikasi selama praktikum berlangsung.

II. Praktikan Tidak Diperkenankan :

1. Mengikuti praktikum bila terlambat lebih dari 30 menit.
2. Berpindah hari dan waktu shift praktikum tanpa seizing asisten.
3. Pinjam-meminjam, berbicara atau berbuat kecurangan selama praktikum dan kuis.
4. Merokok, makan, minum dan melakukan perbuatan yang dianggap dapat mengganggu praktikum.
5. Berlaku tidak sopan kepada seluruh asisten.

III. Sanksi-sanksi :

1. Praktikan yang telah mendaftar dan memenuhi syarat harus mengikuti praktikum, jika tidak akan dianggap gugur.
2. Jika berhalangan hadir pada jadwal yang telah ditentukan sebelumnya, maka harus menyerahkan surat keterangan, jika tanpa surat keterangan maka tidak ada kuis maupun praktikum susulan di shift berikutnya.
3. Jika berbuat curang saat kuis, maka nilainya 0 (nol).
4. Jika terlambat saat kuis berlangsung, maka praktikan diperkenankan masuk tanpa perpanjangan waktu.

5. Peraturan ini tidak dapat diganggu gugat keabsahannya, kecuali untuk hal-hal di luar jangkauan sehingga akan ditentukan oleh Kepala Laboratorium maupun Tim Asisten Fisika Dasar.

IV. Sistematika Penilaian

1. Hal-hal yang termasuk dalam penilaian :
 - a. Pertanyaan pendahuluan
 - b. Aktifitas
 - c. Laporan
2. Nilai akhir adalah gabungan nilai-nilai pada ketentuan diatas dengan persentase tertentu yang kemudian dikalkulasikan ke dalam nilai akhir (perkuliahan/teori di kelas)

MODUL 01**DASAR PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN****A. TUJUAN PERCOBAAN**

1. Mampu menggunakan alat-alat ukur dasar.
2. Mampu menentukan ketidakpastian pada pengukuran tunggal dan berulang.
3. Mengerti arti angka berarti.

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Penggaris plastik
2. Jangka sorong
3. Mikrometer sekrup
4. *Stopwatch*
5. Busur derajat
6. Termometer
7. *Amperemeter*
8. *Voltmeter*
9. Balok besi
10. Bola-bola kecil
11. Barometer
12. Neraca teknis
13. Batu timbangan

C. LANDASAN TEORI

Suatu pengukuran selalu disertai oleh ketidakpastian. Beberapa penyebab ketidakpastian tersebut antara lain adanya Nilai Skala Terkecil (*NST*), kesalahan kalibrasi, kesalahan titik nol, kesalahan pegas, adanya gesekan, kesalahan paralaks, fluktuasi parameter pengukuran dan lingkungan yang saling mempengaruhi serta keterampilan pengamat. Dengan demikian amat sulit untuk mendapatkan nilai sebenarnya suatu besaran melalui pengukuran. Beberapa panduan akan disajikan dalam modul ini bagaimana cara memperoleh hasil pengukuran seteliti mungkin serta cara melaporkan ketidakpastian yang menyertainya.

1. Nilai Skala Terkecil

Pada setiap alat ukur terdapat suatu nilai skala yang tidak dapat lagi dibagi-bagi, inilah yang disebut Nilai Skala Terkecil (*NST*). Ketelitian alat ukur bergantung pada *NST* ini. Pada gambar 1.1 tampak bahwa $NST = 0,25$ satuan.



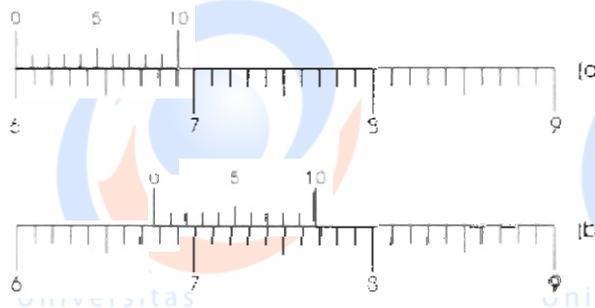
Gambar 1.1 Skala utama suatu alat ukur dengan $NST = 0,25$ satuan

2. Nonius

Untuk membantu mengukur dengan lebih teliti melebihi yang dapat ditunjukkan oleh NST , maka digunakanlah nonius. Skala nonius akan meningkatkan ketelitian pembacaan alat ukur. Umumnya terdapat suatu pembagian sejumlah skala utama dengan sejumlah skala nonius yang akan menyebabkan garis skala titik nol dan titik maksimum skala nonius berimpit dengan skala utama. Cara membaca skalanya adalah sebagai berikut:

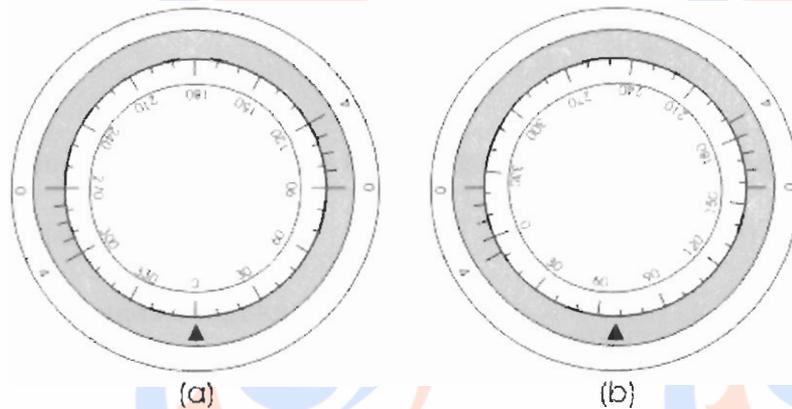
1. baca posisi 0 dari skala nonius pada skala utama,
2. angka desimal (di belakang koma) dicari dari skala nonius yang berimpit dengan skala utama.

Di bawah ini contoh alat ukur dengan NST utama 0,1 satuan dan 9 skala utama M menjadi 10 skala nonius N .



Gambar 2 Skala utama dan nonius dengan $M = 9$, $N = 10$, dan $N_1 = 7$.

Pada Gambar 2, hasil pembacaan tanpa nonius adalah 6,7 satuan dan dengan nonius adalah $6,7 + \frac{7}{10} \times (10 - 9) \times 0,1 = 6,77$ satuan karena skala nonius yang berimpit dengan skala utama adalah skala ke 7 atau $N_1 = 7$.



Gambar 3 Skala utama berbentuk lingkaran

Kadang-kadang skala utama dan nonius dapat berbentuk lingkaran seperti dapat dijumpai pada meja putar untuk alat spektroskopi yang ditunjukkan oleh Gambar 3, $NST=10^\circ$, $M=3, N=4$.

Dalam Gambar 3b pengukuran posisi terkecil (skala kanan), dapat dilihat bahwa pembacaan tanpa nonius memberikan hasil 150° , sedangkan dengan menggunakan nonius hasilnya adalah $150 + \frac{3}{4} \times (4 - 3) \times 10 = 157,5^\circ$.

3. Alat Ukur Dasar

Beberapa alat ukur dasar yang akan dipelajari dalam praktikum ini adalah jangka sorong, mikrometer sekrup, barometer, neraca teknis, penggaris, busur derajat, *stopwatch* dan beberapa alat ukur besaran listrik. Masing-masing alat ukur memiliki cara untuk mengoperasikannya dan juga cara untuk membaca hasil yang terukur.

a. Ketidakpastian pada Pengukuran Tunggal

Pada pengukuran tunggal, ketidakpastian yang umumnya digunakan bernilai setengah dari NST . Untuk suatu besaran X maka ketidakpastian mutlaknya adalah:

$$\Delta x = \frac{1}{2} NST \quad (2)$$

dengan hasil pengukurannya dituliskan sebagai

$$X = x \pm \Delta x \quad (3)$$

Sedangkan yang dikenal sebagai ketidakpastian relatif adalah

$$KTP \text{ relatif} = \frac{\Delta x}{x} \quad (4)$$

Apabila menggunakan *KTP* relatif maka hasil pengukuran dilaporkan sebagai

$$X = x \pm (KTP \text{ relatif} \times 100\%) \quad (5)$$

b. Ketidakpastian pada Pengukuran Berulang

Melaporkan hasil pengukuran berulang dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah menggunakan kesalahan $\frac{1}{2}$ - rentang atau bisa juga menggunakan standar Deviasi.

1) Menggunakan Kesalahan $\frac{1}{2}$ - Rentang

Pada pengukuran berulang, ketidakpastian dituliskan tidak lagi seperti pada pengukuran tunggal. Kesalahan $\frac{1}{2}$ - Rentang merupakan salah satu cara untuk menyatakan ketidakpastian pada pengukuran berulang. Cara untuk melakukannya adalah sebagai berikut:

- Kumpulkan sejumlah hasil pengukuran variabel x , misalnya n buah, yaitu x_1, x_2, \dots, x_n
- Cari nilai rata-ratanya yaitu \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (6)$$

- Tentukan x_{\max} dan x_{\min} dari kumpulan data x tersebut dan ketidakpastiannya dapat dituliskan

$$\Delta x = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{2} \quad (7)$$

- Penulisan hasilnya sebagai

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (8)$$

Untuk jelasnya sebuah contoh dari hasil pengukuran (dalam mm) suatu besaran x yang dilakukan empat kali

153,2 153,6 152,8 153,0

Rata-ratanya adalah

$$\bar{x} = \frac{153,2 + 153,6 + 152,8 + 153,0}{4} = 153,2 \text{ mm}$$

Nilai terbesar dalam hasil pengukuran tersebut adalah 153,6 mm dan nilai terkecilnya adalah 152,8 mm.

Maka rentang pengukuran adalah

$$(153,6 - 152,8) = 0,8 \text{ mm}$$

sehingga ketidakpastian pengukuran adalah

$$\Delta x = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ mm}$$

Dengan demikian hasil pengukuran yang dilaporkan adalah

$$x = (153,2 \pm 0,4) \text{ mm}$$

2). Standar Deviasi

Bila dalam pengamatan dilakukan n kali pengukuran dari besaran x dan terkumpul data x_1, x_2, \dots, x_n , maka nilai rata-rata dari besaran ini adalah

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j$$

Kesalahan dari nilai rata-rata ini terhadap nilai sebenarnya besaran x (yang tidak mungkin kita ketahui nilai sebenarnya x_0) dinyatakan oleh **standar deviasi**

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n x_j^2 - \left(\sum_{j=1}^n x_j\right)^2}{n(n-1)}}$$

Sehingga kita hanya dapat menyatakan bahwa nilai benar dari besaran x terletak dalam selang $(\bar{x} - s_x)$ sampai $(\bar{x} + s_x)$.

Jadi penulisan hasil pengukurannya adalah $x = \bar{x} \pm s_x$

4. Angka Berarti (*Significant Figures*)

Angka berarti (*AB*) menunjukkan jumlah digit angka yang akan dilaporkan pada hasil akhir pengukuran. *AB* berkaitan dengan *KTP* relatif (dalam %). Semakin kecil *KTP* relatif maka semakin tinggi mutu pengukuran atau semakin tinggi ketelitian hasil pengukuran yang dilakukan. Aturan praktis yang menghubungkan antara *KTP* relatif dan *AB* adalah sebagai berikut:

$$AB = 1 - \log(KTP_{\text{relatif}}) \quad (9)$$

Sebagai contoh suatu hasil pengukuran dan cara menyajikannya untuk beberapa *AB* akan akan disajikan dalam Tabel 1.1 berikut ini.

Tabel 1.1 Contoh penggunaan *AB*.

Nilai yang terukur	<i>KTP</i> relatif (%)	<i>AB</i>	Hasil penulisan
$1,202 \times 10^3$	0,1	4	$(1,202 \pm 0,001) \times 10^3$
	1	3	$(1,20 \pm 0,01) \times 10^3$
	10	2	$(1,2 \pm 0,1) \times 10^3$

5. Ketidakpastian pada Fungsi Variabel (Perambatan Ketidakpastian)

Jika suatu variabel merupakan fungsi dari variabel lain yang disertai oleh ketidakpastian, maka variabel ini akan disertai pula oleh ketidakpastian. Hal ini disebut sebagai perambatan ketidakpastian. Untuk jelasnya ketidakpastian variabel yang merupakan hasil operasi variabel-variabel lain yang disertai oleh ketidakpastian akan disajikan dalam Tabel 1.2 berikut ini. Misalkan dari suatu pengukuran diperoleh $(a \pm \Delta a)$ dan $(b \pm \Delta b)$. Kepada kedua hasil pengukuran tersebut akan dilakukan operasi matematik dasar untuk memperoleh besaran baru.

Tabel 1.2 Contoh perambatan ketidakpastian.

Variabel yang dilibatkan	Operasi	Hasil	Ketidakpastian
$a \pm \Delta a$ $b \pm \Delta b$	Penjumlahan	$p = a + b$	$\Delta p = \Delta a + \Delta b$
	Pengurangan	$q = a - b$	$\Delta q = \Delta a + \Delta b$
	Perkalian	$r = a \times b$	$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
	Pembagian	$s = \frac{a}{b}$	$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
	Pangkat	$t = a^n$	$\frac{\Delta t}{t} = n \frac{\Delta a}{a}$

D. SOAL LATIHAN

- Ketidakpastian yang termasuk ke dalam ketidakpastian bersistem adalah kesalahan kalibrasi, kesalahan titik nol, kesalahan pegas, gesekan dan kesalahan paralaks. Bagaimana menurut Anda cara mengatasi ketidakpastian jenis ini?
- Tentukanlah *NST* dari: (a) jam dinding yang satu lingkarannya dibagi menjadi 60 skala; (b) penunjuk jarak antar kota yang dipasang di jalan oleh Departemen Pekerjaan Umum; dan (c) alat timbang duduk yang dipakai bila Anda membeli gula pasir di warung.
- Jika suatu alat ukur memiliki pembagian 9 skala utama = 10 skala nonius, gambarkan posisi nonius yang menghasilkan pembacaan 36,21.
- Panjang pensil dilaporkan $\ell = (12,8 \pm 0,05)$ cm, apa artinya? Berapakah *NST* alat ukur yang digunakan?
- Hitunglah $A \pm \Delta A$, kalau nilai A berturut-turut adalah 10,1, 10,2, 10,0, 10,0, 9,8, 10,1, 9,8, 10,3, 9,7 dan 10,0. Beri interpretasi yang tepat atas hasilnya!
- Tentukan panjang minimum yang dapat diukur dengan menggunakan mistar biasa, apabila dituntut ketidakpastian relatifnya tidak lebih dari 10% dan 1% pada hasilnya.
- Diketahui $\pi = 3,141592$. Tulislah nilai π tersebut dengan *KTP* relatif: (a) 0,1%; (b) 1%; (c) 10%; dan (d) 6%.

E. PERCOBAAN YANG DILAKUKAN

Di dalam laboratorium Anda akan diberi pinjam alat-alat ukur dasar seperti penggaris, *stopwatch*, jangka sorong dan lain-lain seperti tertulis pada bagian alat-alat yang digunakan. Lakukan percobaan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan yang tertera dalam bagian tugas akhir dan pertanyaan.

F. TUGAS AKHIR DAN PERTANYAAN

1. Tentukan *NST* mistar plastik, termometer, *voltmeter*, *amperemeter*, *stopwatch* dan busur derajat.
2. Bagaimana menentukan *NST* dari alat ukur digital?
3. Perhatikan nonius pada jangka sorong dan mikrometer sekrup. Tentukan *NSt* alat ukur tersebut tanpa dan dengan nonius.
4. Katupkan jangka sorong Anda rapat-rapat tetapi jangan dipaksa keras-keras dan catat kedudukan skala dalam keadaan ini. Bahas mengenai kedudukan titik nolnya.
5. Ukurlah panjang, lebar dan tebal balok logam Anda dengan jangka sorong masing-masing sebanyak lima kali pada tempat yang berbeda-beda. Tentukan dimensi balok tersebut beserta *KTP* mutlak dan *KTP* relatifnya.
6. Ukurlah diameter bola kecil Anda dengan mikrometer sekrup sebanyak 10 kali pada tempat-tempat yang berbeda. Selanjutnya tentukan diameter bola kecil tersebut beserta *KTP* mutlak dan relatifnya.
7. Gunakan neraca teknis untuk menimbang balok dan bola kecil masing-masing sekali saja.
8. Baca suhu, tekanan udara dan kelembaban udara dalam laboratorium, dan laporkan hasilnya dengan cara yang tepat sesuai dengan teori ketidak pastian, berikan interpretasinya.
9. Dengan menggunakan ketidakpastian pada fungsi variabel tentukanlah masing-masing volum balok dan bola kecil yang telah Anda ukur panjang, lebar, tebal dan diameternya. Laporkan lengkap dengan ketidakpastiannya.
10. Dengan menggunakan massa yang telah diukur, tentukan massa jenis balok dan bola kecil tersebut lengkap dengan ketidakpastiannya.

MODUL 2
BANDUL MATEMATIS

A. TUJUAN PERCOBAAN

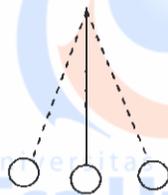
1. Memahami gerak osilasi.
2. Menentukan percepatan gravitasi dengan metode ayunan sederhana

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Stopwatch
2. Mistar
3. Sistem bandul (1 set)
4. Beban pengganti
5. Kertas grafik (bawa sendiri)

C. LANDASANTEORI

Bandul matematik adalah sebuah bandul yang diikat dengan tali ringan(massanya dapat diabaikan) dengan panjangnya l . Jika bandul ditarik kesamping dari keseimbangannya kemudian dilepas maka system akan melakukan gerak osilasi:



Jika sudut *simpangan* sangat kecil, maka geraknya adalah gerak harmonik sederhana

dengan perioda: $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ (1)

Jika panjang tali dan periodanya diketahui, maka dapat ditentukan percepatan gravitasinya, yaitu:

$g = \frac{4\pi^2 l}{T_0^2}$ (2)

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Tuliskan Hukum Hooke
2. Tuliskan gaya yang berfungsi sebagai gaya pemulih pada bandul tersebut
3. Buktikan rumus (1)
4. Buatlah *draft* Tabel Pengamatan yang akan Anda lakukan.

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Ukur panjang tali yang akan digunakan
2. Timbang massa bandul dan tali
3. Pasang bandul pada tali dan pasang pada statif.
4. Buat ayunan dengan sudut tertentu (sudut kecil). Biarkan beberapa saat.
5. Catat waktu yang diperlukan untuk 50 ayunan
6. Ulangi langkah 4 dan biarkan sekitar 5 menit untuk n ayunan sembarang
7. Ulangi langkah 4 dan 5
8. Lakukan langkah 2 sampai 7 untuk bandul lain.
9. Lakukan langkah 1 sampai 8 untuk panjang tali yang lain
10. Tentukan Perioda ayunan teliti
11. Buat grafik antara T^2 terhadap panjang tali l
12. Tentukan percepatan gravitasi melalui grafik tersebut

F. PERTANYAAN

Buatlah analisis dan berilah kesimpulan dari percobaan yang Anda lakukan!

MODUL 3

MODULUS YOUNG

A. TUJUAN PERCOBAAN

Menentukan modulus Young suatu bahan.

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

- Dua utas kawat.
- Perangkat baca skala utama dan nonius.
- Seperangkat beban.
- Mistar panjang.
- Mikrometer sekrup.
- Kertas grafik mm (sediakan sendiri).

C. LANDASAN TEORI

Sifat elastisitas suatu bahan biasa dinyatakan dalam hubungan antara besaran-besaran tegangan dan regangan. Sebatang logam berada dalam kesetimbangan bila ditarik oleh gaya-gaya F_1 dan F_2 yang sama besar ($F_1 = F_2 = F$) seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Batang logam dalam pengaruh gaya tarik F_1 dan F_2 .

Bayangkan batang dipotong sejajar salah satu sisinya. Bagian ini mula-mula dalam keadaan setimbang. Jika pada bagian ini bekerja gaya F yang tersebar merata (*uniform*) di seluruh permukaan penampang yang dinyatakan oleh anak-anak panah (Gambar 3.2) maka benda akan mulur/bertambah panjang sebesar ΔL .



Gambar 3.2 Elemen batang logam dalam pengaruh gaya F .

Bila luas penampang adalah A , maka *tegangan tarik* adalah F/A , panjang batang mula-mula adalah L_0 dan akibat gaya tarik F panjang batang menjadi L maka *regangan tarik* adalah

$$\frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (1)$$

Batang disebut elastis bila gaya F berhenti bekerja pada batang maka panjang batang kembali ke panjang asal (L_0). Pada bahan elastis hubungan antara tegangan dan regangan tarik bentuknya linier dan dalam daerah ini berlaku hukum Hooke.

Perbandingan tegangan terhadap regangan tarik disebut *modulus Young* (E) atau modulus elastisitas.

$$E = \frac{\text{tegangan tarik}}{\text{regangan tarik}} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} \quad (2)$$

Bahan mempunyai batas elastisitas tertentu, yang berarti bila tegangan tarik ditambah hingga ke suatu harga tertentu atau melebihinya, kemudian gaya berhenti bekerja maka panjang bahan tidak kembali ke panjang asal.

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Apakah satuan modulus Young dalam satuan SI ?
2. Definisikan tegangan tekan, regangan tekan dan modulus Young untuk peristiwa tekan ini.
3. Sebutkan hukum Hooke dengan kata-kata sendiri!
4. Buatlah grafik yang menggambarkan hubungan umum antara tegangan terhadap regangan tarik. Pada daerah mana hukum Hooke masih berlaku?
5. Bagaimana kira-kira bentuk grafik tersebut dan bagaimana cara menentukan modulus Young dari grafik tersebut ?

E. PROSEDUR PERCOBAAN

Untuk mencatat pertambahan panjang suatu kawat yang ditarik dengan suatu beban, diperlukan kawat lain yang sejenis dan sama panjangnya. Panjang asal dari kedua kawat itu dapat dilihat pada kedudukan skala nonius dan skala utama, kemudian salah satu kawat diberi beban, sehingga kedudukan nonius akan berubah terhadap skala utama. Perubahan kedudukan ini menunjukkan pertambahan panjang yang terjadi. Dengan mengubah-ubah massa beban, dapat dicatat pertambahan panjang yang ditimbulkannya dan didapatkan grafik hubungan antara massa beban tarikan dan pertambahan panjang kawat.

Dalam mengubah-ubah massa beban harus diperhatikan beban tak melebihi batas elastisitas. Bila beban melebihi batas elastisitas, kawat tak kembali ke asal dan hubungan antara tegangan dan regangan tarik tidak lagi linier.

Tahapan :

1. Gantungkanlah kedua kawat dan lengkapi dengan perangkat baca. Agar kawat lurus, bebani kedua kawat dengan beban yang tak terlalu berat.
 - a. Ukur panjang salah satu kawat yang akan ditentukan modulus Young nya.
 - b. Ukur diameter kawat.
 - c. Catat kedudukan skala nonius.
2. Tambahkan beban setiap kali 0,5 kg. Pada setiap penambahan beban setelah kira-kira 10 detik,
 - a. catatlah kedudukan nonius. Lakukan penambahan 5 sampai 7 kali (berarti sampai penambahan beban 2,5 - 3,5 kg),
 - b. hitung pertambahan panjang.
3. Ambil beban setiap kali 0,5 kg sehingga beban habis. Setiap kali beban diambil, setelah kira-kira 10 detik
 - a. catatlah kedudukan nonius,
 - b. hitung pengurangan panjang.
4. Hitung tegangan dan regangan tarik pada setiap langkah penambahan dan pengurangan beban.
5. Buatlah grafik hubungan antara tegangan dan regangan tarik pada kertas grafik, dan tentukan modulus Young dari grafik itu.

MODUL 4

MODULUS PUNTIR

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Memahami sifat elastis bahan di bawah pengaruh puntiran.
2. Menentukan modulus geser suatu bahan dengan puntiran.

B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Seperangkat alat puntir.
2. Dua batang logam.
3. Mistar panjang.
4. Seperangkat beban.
5. Mikrometer sekrup.
6. Kertas grafik mm (sediakan sendiri).

C. LANDASAN TEORI



Gambar 4.1 Suatu batang silinder dengan ujung tetap A dipuntir di C

Jika suatu batang silinder yang salah satu ujungnya dijepit tetap pada A seperti terlihat pada Gambar 4.1 dan kemudian ujung lainnya dipuntir dengan menggunakan suatu torsi T maka modulus geser batang tersebut adalah:

$$G = \frac{2LT}{\pi R^4 \alpha} \quad (1)$$

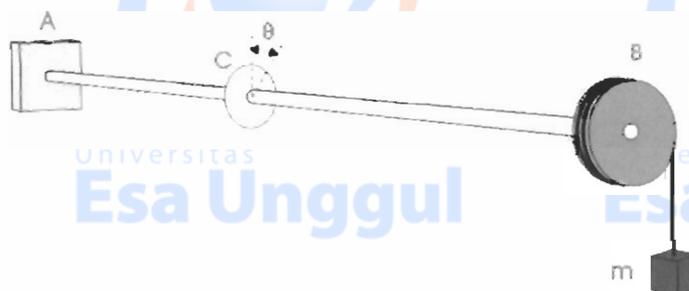
Dengan R adalah jari-jari batang silinder dan L adalah jarak ujung tetap titik A ke tempat sudut puntir α diukur yaitu titik C . Sedangkan torsi T di sini dihasilkan dari beban yang digantungkan pada ujung bebas. Jika jari-jari roda pemutar adalah r dan beban yang digantungkan adalah sebesar m maka torsi yang dihasilkan adalah sebesar

$$T = rmg \dots\dots\dots (2)$$

D.TUGAS PENDAHULUAN

1. Apakah satuan G dalam SI?
2. Bagaimanakah bentuk grafik hubungan antara torsi (T) dengan sudut puntiran (α) dan bagaimana cara menentukan modulus puntir G dari grafik tersebut?
3. Sebuah batang silindris yang panjangnya 0.5 m dijepit di salah satu ujungnya. Ujung yang lain dipuntir sebesar 15° . Berapakah sudut putaran (sudut puntir) pada tempat yang berjarak 10, 20 dan 25 cm dari ujung tetap?
4. Rancang bentuk tabel pengambilan data dan pengolahan data (buat dua buah salinan untuk tugas no. 4 ini; sebuah diserahkan bersama-sama tugas pendahuluan dan sebuah digunakan pada saat praktikum). Ingatlah bahwa tabel yang tepat memungkinkan untuk mengarahkan Anda dalam mengambil dan mengolah data secara tepat dan efisien!

E.PROSEDUR PERCOBAAN



Gambar 4.2 Gambar alat untuk menentukan modulus puntir

Sebatang logam silindris diteguhkan di salah satu ujungnya (di titik A) dan dipuntir di ujung lainnya (di titik B) oleh suatu torsi. Besarnya sudut puntir α ditunjukkan oleh suatu alat penunjuk yang dilekatkan pada batang di suatu tempat (di titik C). Dari besarnya α , modulus puntir G batang logam dapat ditentukan.

F. PERTANYAAN

1. Ukurlah diameter kedua batang logam yang akan ditentukan modulus puntirnya dan ukur pula diameter roda pemutar.
2. Masukkan satu ujung batang ke dalam penjepit diam dan ujung lain ke dalam penjepit pemuntir. Kemudian pasanglah jarum pengamat sudut puntir pada jarak tertentu dari penjepit diam. Catat jarak tersebut.
3. Bebanilah roda pemutar berturut-turut dengan beban yang tersedia. Setiap penambahan beban adalah 0,5 kg. Setelah beberapa saat catatlah sudut puntir yang ditunjukkan oleh jarum penunjuk pada setiap penambahan beban. Lakukan penambahan beban sampai 6 – 7 kali (berarti sampai 3,0 – 3,5 kg).
4. Setelah semua beban digantungkan, kurangi berturut-turut beban tersebut dengan 0,5 kg setiap kali pengurangan. Tunggu beberapa saat, kemudian catat kedudukan jarum pengamat sudut puntir untuk setiap pengurangan beban.
5. Dari data pengamatan: (a) buatlah grafik sudut puntiran terhadap massa beban; dan (b) hitunglah harga modulus puntir G dari grafik tersebut.
6. Cocokkan harga modulus puntir dari grafik dengan penambahan beban dan grafik dengan pengurangan beban. Bila ada perbedaan, coba kemukakan apa yang menyebabkannya? Bandingkan dengan data yang tertera dalam referensi di perpustakaan.

MODUL 5

TETAPAN PEGAS DAN GRAVITASI

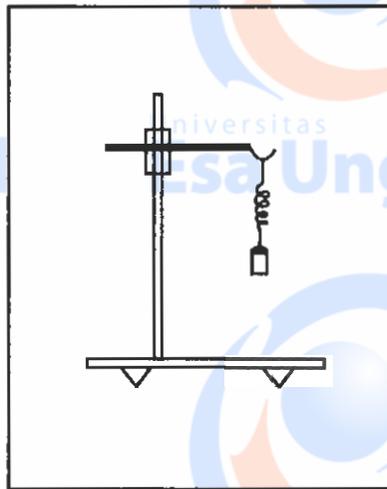
A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Menentukan tetapan pegas dengan menggunakan Hukum Hooke.
2. Menentukan massa efektif pegas.
3. Menentukan percepatan gravitasi dengan pegas dan pipa U.

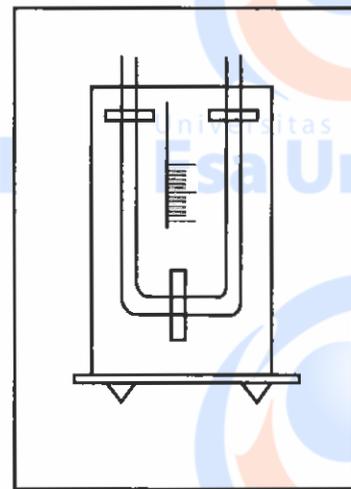
B. PERALATAN

1. Statif dengan pegas dan skala baca.
2. Ember dan beban tambahan.
3. Stopwatch.
4. Neraca teknis.
5. Pipa U dengan skala.

C. LANDASAN TEORI



Gambar 5.1 Pegas



Gambar 5.2 Pipa U

Bila pada sebuah pegas dikerjakan sebuah gaya, maka penambahan panjang pegas akan sebanding dengan gaya itu.

Hal tersebut dinyatakan dengan Hukum Hooke sbb :

$$F = - k x \dots\dots\dots (1)$$

Gaya yang diberikan pada percobaan ini merupakan berat dari beban yang dipasang pada pegas. Dengan membuat grafik antara penambahan beban m dengan perpanjangan x , akan dapat ditentukan harga kemiringan grafik n .

Dimana : $k = \frac{n}{g}$

Bila pegas digantungi suatu beban, dan ditarik sedikit melampaui titik setimbangnya, kemudian dilepaskan, sistem pegas beban akan bergetar/berosilasi. Maka dari penurunan persamaan gerak harmonis diperoleh persamaan :

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{M'}{k}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : $M' = M_{\text{beban}} + M_{\text{ember}} + M_{\text{efektif pegas}}$

Dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) diperoleh :

$$T^2 = \frac{4 \pi^2 g M'}{n} \dots\dots\dots (3)$$

Zat cair dalam pipa U dapat bergetar. Ini disebabkan karena gaya gravitasi oleh kelebihan massa zat cair pada salah satu kakinya. Dengan analogi getaran pegas, waktu getarnya dapat ditulis sbb :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{2g}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana : $L =$ panjang jalur zat cair

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Apakah arti lambing-lambang pada persamaan Hooke : $F = -kx$, dan berikan pula satuannya dalam SI.
2. Apakah arti tanda minus disini? Jelaskan!
3. Turunkan rumus (2), untuk gerak harmonik sederhana.
4. Bila dari rumus (2) dibuat grafik antara T^2 terhadap M' , bentuk apakah yang diperoleh? Dan bagaimana cara menentukan g (percepatan gravitasi) dan m_{cp} (massa efektif pegas) dari grafik tersebut!
5. Apakah Hukum Hooke selalu berlaku untuk setiap penambahan beban? Jelaskan dengan gambar sifat elastic.
6. Turunkanlah rumus (4)!

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Timbang massa ember, pegas dan beban-beban tambahan m . penimbangan beban dilakukan berurutan (m_1) , $(m_1 + m_2)$, $(m_1 + m_2 + m_3)$, dst.
2. Gantungkan ember kosong pada pegas, catatlah kedudukan jarum penunjuk skala.
3. Tambahkan keping beban m_1 ke dalam ember. Tunggu beberapa saat, catat penunjukkan jarum dalam bentuk tabel.
4. Tambahkan lagi m_2 , catat penunjuk jarum. Demikian seterusnya sampai beban tambahan habis.
5. Setelah semua keping dimasukkan, kurangilah berturut-turut keping beban tadi, sekali lagi catat tiap penunjukkan jarum. Setiap pencatatan/ pembacaan dilakukan beberapa saat kemudian.
6. Ulangi percobaan ini dengan pegas yang lain (tanyakan asisten).
7. Ember kosong digantungkan pada pegas, kemudian digetarkan. Usahakan ayunan ember tidak bergoyang kekiri dan kekanan serta simpangannya jangan terlalu besar. Tentukan waktunya untuk 20 ayunan.

8. Tambahkan keping beban m_1 , ayunkan kembali dan catat waktunya untuk 20 ayunan. Lakukan serupa dengan penambahan beban yang lain ($m_1 + m_2$), ($m_1 + m_2 + m_3$), dst. Buatlah dalam suatu tabel.

F. PERTANYAAN

1. Tentukan n rata-rata dari hasil perhitungan, yaitu perbandingan antara simpangan x terhadap tiap pembebanan m .
2. Buatlah grafik antara simpangan x terhadap pembebanan m . Tentukan nilai n dari grafik dan bandingkan dengan hasil VI.A.1
3. Benarkah F sebanding dengan x ? Tentukan!
4. Buatlah grafik antara T^2 terhadap m_{beban} , dan dari grafik ini tentukanlah g dan $m_{\text{efektif pegas}}$ dan dari sini juga nilai k (ingat T adalah periode = waktu untuk 1 ayunan penuh).
5. Tentukan faktor efektif pegas! Tentukan batasan nilai ini.

MODUL 6

PANAS JENIS ZAT DAN KALORIMETER

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Menentukan panas jenis tembaga dan gelas dengan mempergunakan kalorimeter
2. Menentukan kapasitas panas calorimeter

B. PERALATAN

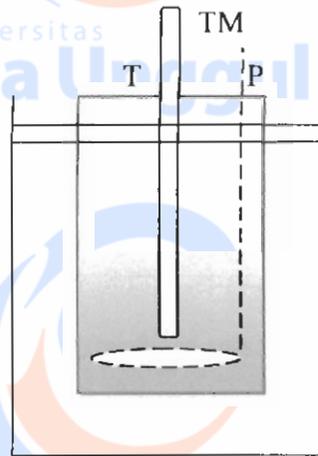
1. Kalorimeter dan pengaduk
2. Termometer 2 buah
3. Keping-keping tembaga, keping-keping gelas
4. Gelas ukur
5. Ketel uap tabung pemanas, kompor
6. Neraca teknis
7. Stopwatch
8. Kaca pembesar
9. Gelas ukur

C. LANDASAN TEORI

Energi merupakan besaran yang bersifat kekal artinya tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan. Namun, salah satu sifat energi yang dapat digunakan oleh manusia adalah dapat dipindahkan dari satu sistem ke sistem lainnya. Energi panas/kalor dapat dipindahkan dari satu sistem ke sistem lain karena adanya perbedaan temperatur/suhu. Ungkapan kekal energi untuk kalor dikenal dengan *Azas Black*. Salah satu pemakaian *Azas Black* ini adalah penentuan sifat termal bahan yaitu kapasitas kalor suatu bahan dengan menggunakan kalorimeter.

Kalorimeter berbentuk tabung yang idealnya harus bersifat adiabat, artinya temperatur/kalornya tidak dipengaruhi lingkungan. Kalorimeter yang akan digunakan

dapat dilihat pada **gambar 6.1** yang dilengkapi dengan pengaduk dan termometer.



BK
Gambar 6.1

Kalorimeter yang terbuat dari logam (Cu atau Al) seperti gambar.1 yang diisi air dengan temperatur mula-mula T_m . kedalamnya dimasukkan keping-keping tembaga (atau gelas) yang sudah dipanaskan umpanya dengan temperatur T setelah tercapai keseimbangan maka dicapai temperatur akhir umpanya T_a , dengan $T > T_a > T_m$. Panas/kalor yang diterima kalorimeter adalah :

$$Q_1 = H (T_a - T_m) \quad (1)$$

Dimana H adalah kapasitas panas total dari kalorimeter beserta isinya, yaitu :

$$H = M_a C_a + K + M_k C_k + M_p C_p \quad (2)$$

Dimana : M_k = massa kalorimeter kosong

M_p = massa pengaduk

M_a = massa air

C_k = panas jenis kalorimeter

C_p = panas jenis pengaduk

C_a = panas jenis air

Harga kapasitas panas termometer

$$K = \text{panas jenis termometer} \times n \text{ (mL)} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana ; panas jenis termometer = 0,46 Kal./mL.°C- = 0,24 J/ml°C

n = volume termometer yang tercelup dalam kalorimeter

Sedang panas yang diberikan keping (tembaga misalnya)

$$Q_2 = M C (T - T_2) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana ; M = massa keping

C = panas jenis keping

Dengan menggunakan Azas Black, maka panas jenis keping tembaga dapat ditentukan, jika harga kapasitas panas kalorimeter H dapat dihitung. Demikian juga panas jenis zat lain, misalnya keping gelas.

Karena kalorimeter tidak diabatik, maka seharusnya dalam percobaan ini perlu dilakukan koreksi pada temperatur akhir T_a karena adanya pertukaran suhu kalorimeter dengan sekitarnya. Koreksi tersebut dinyatakan dengan koreksi suhu dari Newton :

$$\Delta T = - k (T_{kr} - T_r) \Delta t \dots\dots\dots (5)$$

Dimana : ΔT = koreksi kekurangan/kelebihan temperatur terhadap T_r

k = koefisien pertukaran panas (kalor)

T_{kr} = temperatur kalorimeter rata-rata

T_r = temperatur ruang rata-rata

Δt = lamanya waktu pengamatan

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Sebutkan Azas Black yang dipakai dalam percobaan ini
2. Berikan definisi panas jenis suatu zat. Sebutkan satuannya dalam S.I.
3. Apa definisi harga kapasitas panas kalorimeter? Sebutkan satuannya dalam S.I.
4. Misalkan kalorimeter, pengaduknya terbuat dari Cu, keping-keping yang dimasukkan juga keping Cu; dari rumus (1), (2), (3), (4) serta Azas Black, tentukan panas jenis Cu. (c_{Cu}).
5. Andaikan kalorimeter dibaut dari aluminium (Al), pengaduk dari Cu, dimasukkan keping-keping Cu, tuliskan bentuk persamaannya untuk menentukan c_{Cu} .
6. Seperti langkah 5 tetapi yang dimasukkan keping gelas, tuliskan bentuk persamaannya untuk menentukan c_{gelas} .

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Isi ketel uap dengan air sampai $\frac{3}{4}$ dari volumenya terisi.
2. Timbang keping-keping tembaga, masukkan kedalam tabung pemanas.
3. Pasang pipa penghubung (slang) dengan tabung pemanas dan nyalakan kompor, ketel dipanaskan.
4. Timbang kalorimeter kosong M_k , pengaduknya M_p .
5. Isi kalorimeter dengan air (setengahnya saja), lalu timbang. Dari sini dapat dicari M_a .
6. Amati temperatur keping tembaga dalam tabung pemanas, amati temperatur ini dengan memakai kaca pembesar supaya lebih teliti.
7. Amati temperatur kalorimeter mula-mula setiap 0,5 menit selama 5 menit (percobaan awal).
8. Bila temperatur keping tembaga sudah sama dengan temperatur uap air mendidih, masukkan keping tembaga ke dalam kalorimeter dengan cepat dan hati-hati. Stopwatch tetap dijalankan. Catat kenaikan temperatur kalorimeter ini setiap $\frac{1}{4}$ menit hingga mencapai suhu maksimum (percobaan sebenarnya) catat suhu maksimum. Aduk pelan-pelan.

9. Catat terus penurunan temperatur kalorimeter $\frac{1}{2}$ menit selama 5 menit (percobaan terakhir). Selama percobaan ini boleh diaduk sekali-kali jangan terus menerus.
10. Ukur volume termometer yang tercelup dalam air di kalorimeter dengan menggunakan gelas ukur.
11. Sambil mengadakan pengamatan V timbang keping-keping gelas (ambil lebih banyak keping Cu) dan masukkan keping gelas kedalam tabung pemanas dan air dalam tabung pemanas ini ditambah, supaya tidak habis. Air dalam tabung pemanas kira-kira $\frac{3}{4}$ bagian.
12. Ulangi percobaan 5 s/d 11 untuk keping gelas. Air di dalam kalorimeter diganti dengan air yang baru (temperatur kamar)
13. Catat barometer, temperatur ruang, lihat titik didih air dalam tabel. Lihat panas sejenis zat padat/cair.

F. PERTANYAAN

1. Gambarkan penampang tegak kalorimeter serta isinya lengkap dan sebutkan alat-alat tersebut.
2. Hitung panas jenis tembaga dan ketelitiannya.
3. Hitung panas jenis gelas dan ketelitiannya.
4. Bandingkan panas jenis zat-zat tersebut diatas dengan tabel. Berikan pembahasan, mengapa hasil perhitungan berbeda dengan hasil tabel. Sebutkan sebab sumber kesalahannya.
5. Bagaimana dapat mengetahui bahwa temperatur keping sudah sama dengan uap air mendidih? Apakah perlu diadakan koreksi titik didih air ini? Ingat keadaan barometer dalam ruang, berapa titik didih air dalam tabel?
6. Buat grafik antara temperatur T vs waktu t untuk setiap pengamatan (percobaan pendahuluan, percobaan sebenarnya, percobaan akhir) dalam satu grafik.
7. Hitung koreksi kenaikan temperatur dengan memakai hasil perhitungan dan pengamatan dapat juga dengan grafik
8. Berilah koreksi pada hasil perhitungan panas jenis yang didapat.
9. Perluakah koreksi ini dilakukan? Terangkan.

Catatan :

Selama percobaan pendahuluan, percobaan sebenarnya, percobaan akhir kalorimeter boleh diaduk pelan-pelan, jangan terlalu cepat dan sering.

MODUL 7**LENSA****A. TUJUAN PERCOBAAN**

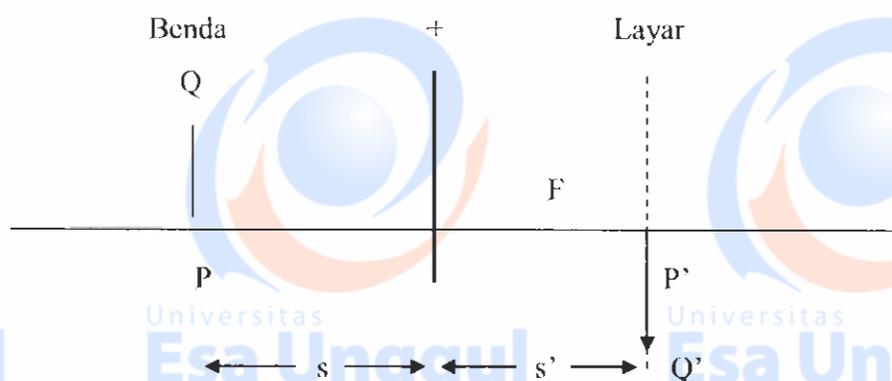
1. Menentukan jarak focus lensa tunggal dan gabungan.
2. Mengenal cacat bayangan aberasi.
3. Mengurangi cacat bayangan dengan diafragma.

B. PERALATAN

1. Bangku optik
2. Celah sebagai benda (berupa anak panah)
3. Lampu (2 macam)
4. Layar
5. Lensa positif kuat (+) dan positif lemah (+)
6. Lensa negatif (-)
7. Diafragma

C. LANDASAN TEORI

1. Menentukan jarak focus lensa positif

**Gambar 7.1**

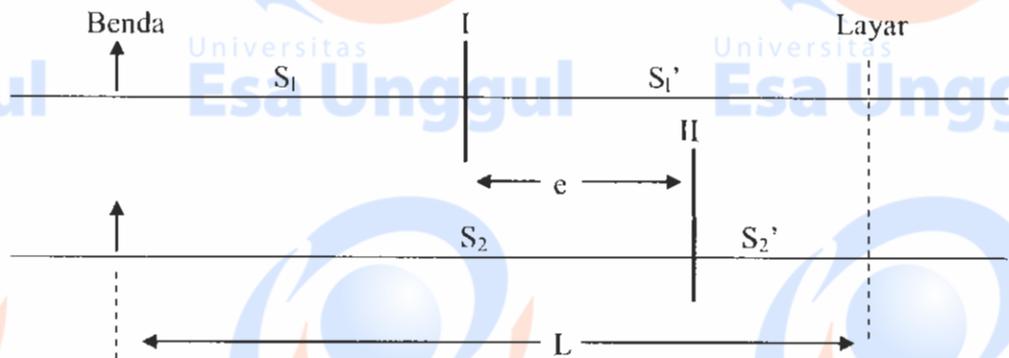
Sebuah benda (OO_1) diletakkan didepan lensa positif, dan bayangan $O'O'_1$ yang dibentuk dibelakang lensa dapat diamati pada sebuah layar, jika m perbesaran bayangan :

$$m = \frac{O'O'_1}{OO_1} = \frac{S'}{S} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Maka jarak focus lensa f dapat ditentukan dari persamaan :

$$f = \frac{S'}{1 + m} \quad \dots\dots\dots (2)$$

cara lain untuk menentukan jarak focus f lensa positif adalah dengan Cara Bessel (lihat gambar 7.2)



Gambar 7.2

Pada suatu jarak layar dan benda yang tertentu dapat diperoleh bayangan yang diperbesar dan diperkecil hanya dengan menggeser lensa saja. Maka jarak fokus.

$$f = \frac{L^2 - c^2}{4L} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana : f = Jarak fokus lensa
 L = Jarak benda ke layar
 c = Jarak antara dua kedudukan lensa dimana didapat bayangan yang diperbesar dan diperrkecil.

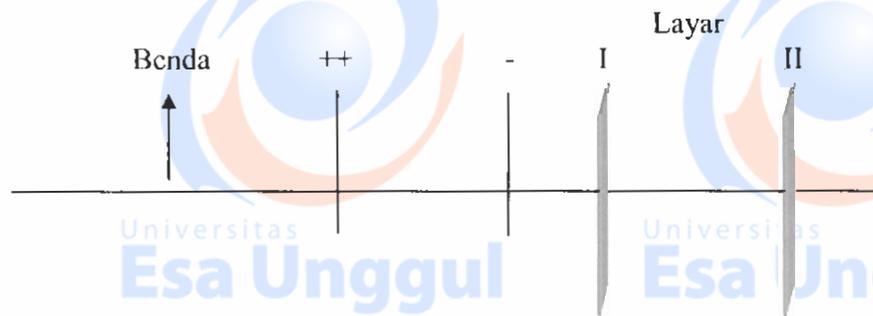
Pada keadaan tersebut berlaku $S_1 = S'_2$; $S_2 = S'_1$.

2. Menentukan Jarak Fokus Lensa Negatif

Lensa negatif hanya dapat membentuk bayangan nyata dari benda maya, untuk ini dipergunakan lensa positif untuk membentuk bayangan nyata. Bayangan pada layar oleh lensa positif merupakan benda terhadap lensa negatif. Jarak lensa negatif ke layar mula-mula ini merupakan jarak benda S. jika layar digeser akan terbentuk bayangan yang jelas pada layar, maka jarak layar ke lensa negatif dalam hal ini merupakan jarak bayangan S'.

Jarak fokusnya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$1/f = 1/S + 1/S' \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 7.3

3. Jarak Fokus Lensa Gabungan

Untuk lensa gabungan berlaku :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Jadi bila f dan f_1 diketahui, maka f_2 dapat dicari dengan asumsi bahwa tidak ada celah diantara kedua lensa.

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Pada percobaan A; tuliskan hubungan antara perbesaran dan jarak bayangan. Bila digambar pada grafik bentuk apa yang akan diperoleh? Bagaimana jarak fokus lensa dapat ditentukan dari grafik tersebut (grafik S' terhadap m).
2. Turunkan rumus Bessel (3) dan rumus (2)!
3. Syarat apakah yang harus dipilih untuk harga L , pada rumus Bessel diatas (dalam hubungannya dengan fokus lensa).
4. Turunkan rumus lensa gabungan (rumus 5)!
5. Pada penentuan jarak fokus lensa negatif, tanda apakah yang harus diberikan pada :
 - ✓ Jarak benda
 - ✓ Jarak bayangan
 - ✓ Jarak fokus

Dan mengapakah harus mempergunakan lensa positif terlebih dahulu? Gambarkan susunan lensa pada percobaan ini secara lengkap.

6. Apakah yang dimaksud dengan aberasi kromatis?
7. Apakah yang dimaksud dengan astigmatisme?

E. PERCOBAAN YANG HARUS DILAKUKAN

Menentukan fokus lensa positif dengan daya pembesarannya.

1. Susunlah pada bangku optik berturut-turut celah bercahaya, lensa positif dan layar.
2. Atur lensa dan layar sehingga dapat diperoleh bayangan yang nyata dan jelas pada layar.
3. Ukurlah jarak layar ke lensa (dalam tabel)
4. Ukur pula perbesarannya pada saat itu.
5. Lakukan ini beberapa kali untuk jarak benda ke lensa yang berlainan.

Menentukan fokus lensa dengan rumus Bessel.

1. Susunlah seperti A-I diatas.
2. Atur jarak layar dan benda pada suatu jarak tertentu. Geserlah lensa sehingga didapat bayangan yang diperbesar (kedudukan I). Catatlah kedudukan ini.
3. Geser lensa kearah layar, maka akan terjadi bayangan yang diperkecil (kedudukan II). Catatlah kedudukan ini.
4. Catat pula jarak benda dan layar (semua dalam tabel).
5. Ulangi pengamatan ini.

Menentukan jarak fokus lensa gabungan

1. Rapatkan/tempelkan lensa positif kuat dengan lensa positif lemah sehingga dapat dianggap sebuah lensa saja.
2. Lakukan pengukuran seperti pada percobaan V-A.

Menentukan jarak fokus lensa negative

1. Susunlah pada bangku optic benda celah, lensa positif kuat dan layar. Atur lensa sehingga didapat bayangan nyata dan jelas. Catat kedudukan layar.
2. Sisipkanlah lensa negatif antara layar dan lensa positif.

3. Aturlah layar untuk memperoleh bayangan sejati lagi (bila tidak mungkin, lensa negatif dapat sedikit digeser). Catat kedudukan lensa negatif dan layar (saat sebelum dan sesudah digeser).
4. Ulangi langkah 3 beberapa kali. Catat dalam bentuk tabel.

Cacat bayangan

1. Sebagai benda ambil celah bulat dan terangi dengan lampu. Buatlah bayangan dengan pertolongan lensa positif kuat.
2. Kemudian geser layar mendekati benda perlahan-lahan dan amati warna tepi bayangan celah tersebut; sekali lagi geser layar menjauhi benda dan amati warna tepi bayangannya.
3. Catatlah kedudukan lensa dan layar untuk kedudukan warna-warna tertentu yang berbeda (terutama merah dan biru).
4. Ulangi langkah 1 diatas, dan gambarkan bentuk bayangannya.
5. Serongkan bidang lensa terhadap poros utama, dan gambarkan kembali bentuk bayangannya sekarang.
6. Ulangi percobaan 4 dan 5 dengan menggeser-geserkan layar menjauhi dan mendekati lensa.
7. Ulangi langkah 1 s/d 6 tetapi mempergunakan diafragma (penyekat berkas cahaya). Catat perbedaannya.

F. PERTANYAAN

1. Gambarkanlah susunan benda lensa dan layar untuk semua percobaan yang saudara lakukan.
2. Hitung jarak titik api lensa positif kuat secara grafik dari persamaan $S' = f(m+1)$.
3. Hitung pula dengan rumus Bessel.
4. Terangkan dengan cara mana yang paling baik.
5. Hitung jarak titik api lensa gabungan, kemudian hitung jarak titik api lensa positif lemah.
6. Kesalahan apa yang mungkin terjadi disini?

7. Hitung jarak titik api lensa negatif.
8. Bagaimanakah hasil penyelidikan cacat bayangan pada percobaan E no.3. Apa kesimpulan saudara mengenai indeks bias lensa tersebut?
9. Bagaimanakah hasil pengamatan cacat bayangan berikutnya (E no.5 dan 6). Apa kesimpulan saudara?
10. Bagaimana hasilnya setelah mempergunakan diafragma? Apa kesimpulan saudara?



MODUL 8

VOLTMETER DAN AMPEREMETER

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Mengukur kuat arus dan beda tegangan (pada rangkaian arus searah).
2. Mengukur tahanan dalam voltmeter (R_v) dan amperemeter (R_A).
3. Mengenal dacrah pengukuran voltmeter dan amperemeter.

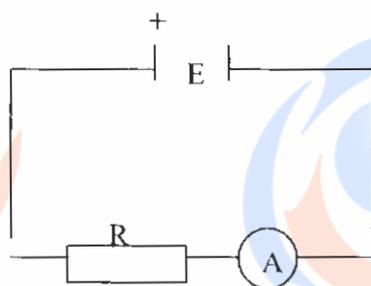
B. PERALATAN

1. Voltmeter
2. Amperemeter
3. Sumber tegangan
4. Bangku hambat
5. Kabel-kabel

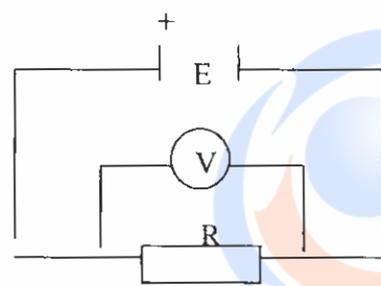
C. TEORI

Mengukur kuat arus dan beda tegangan

Untuk pengukuran kuat arus digunakan amperemeter yang dipasang seri (gambar 8.1.a), sedangkan pengukuran beda tegangan digunakan voltmeter yang dipasang secara parallel (gambar 8.1b)

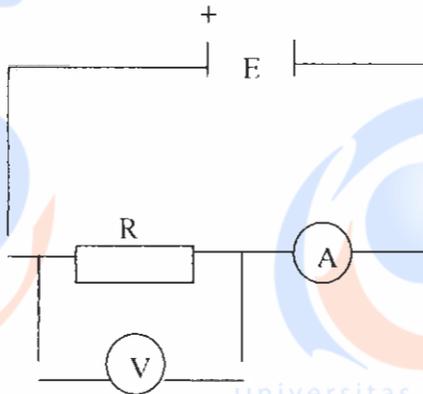


Gambar 8.1.a

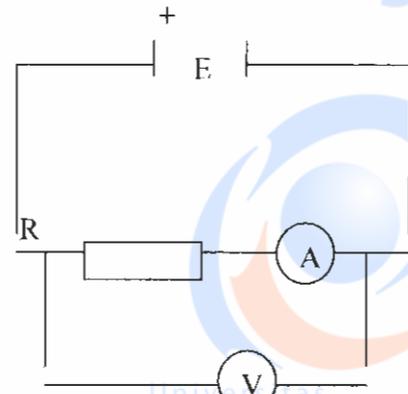


Gambar 8.1.b

Bila digunakan pengukuran secara serempak, dilakukan seperti gambar 8.2.a atau gambar 8. 2.b



Gambar 8.2.a



Gambar 8.2.b

Dalam pengukuran ini salah satu alat menunjukkan hasil yang sebenarnya, yaitu amperemeter pada gambar 8.2.a dan voltmeter pada gambar 8.2.b. Kesalahan ini dapat dikoreksi bila diketahui tahanan dalam dari alatnya.

Mengukur tahanan dalam

1. Amperemeter

Cara pertama (gambar 8.3.a)

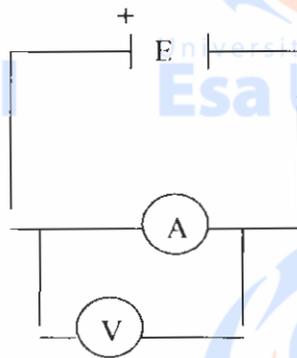
Dengan mengukur harga yang terbaca pada voltmeter (V) dan amperemeter (I), maka harga tahanan dalam amperemeter (R_A) adalah :

$$R_A = \frac{V}{I} \quad \dots\dots\dots (1)$$

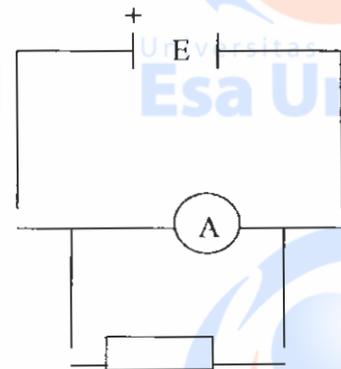
Cara kedua (gambar 8.3.b)

Pengukuran dilakukan dua kali, yaitu pada saat sebelum R_B dipasang dan sesudah R_B dipasang. Bila arus yang terbaca pada amperemeter sebelum dan sesudah R_B dipasang masing-masing adalah I dan I_a , maka :

$$R_A = \frac{I - I_a}{I_a} \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 3.a



Gambar 3.b

2. Voltmeter

Cara pertama (gambar 8. 4.a)

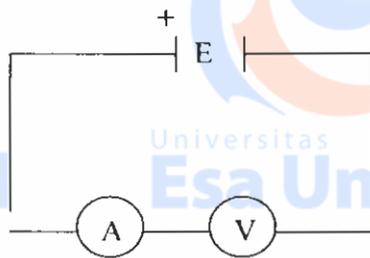
Dengan mengukur harga yang terbaca pada voltmeter (V) dan amperemeter (I), maka harga tahanan dalam voltmeter tersebut adalah.

$$R_V = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (3)$$

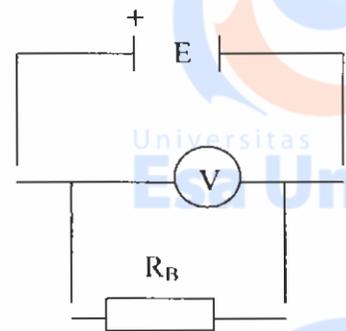
Cara kedua (gambar 8.4.b)

Pengukuran dilakukan dua kali yaitu saat sebelum dipasang R_B dan sesudah dipasang R_B . Bila tegangan yang terbaca pada voltmeter saat sebelum dan sesudah dipasang R_B masing-masing adalah V_1 dan V_2 maka:

$$R_V = \frac{V_1 - V_2}{V_2} R_B \quad \dots\dots\dots (4)$$



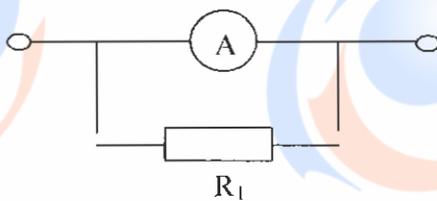
Gambar 8.4.a



Gambar 8.4.b

Mengubah batas ukur amperemeter/voltmeter

Amperemeter/voltmeter mempunyai batas ukur yang tertentu. Simpangan maksimum dari alat ini menunjukkan harga sesuai batas ukur tersebut. Bila ingin merubah batas ukur alat tersebut harus ditambahkan sebuah tahanan, yang dipasang secara paralel pada amperemeter (gambar 8.5.b) dan secara seri pada voltmeter (gambar 8.5.a).



Gambar 8.5.a



Gambar 8.5.b

Untuk merubah batas ukur amperemeter dari I Ampere menjadi $n \times I$ Ampere, harus dipasang tahanan (*shunt*) sebesar :

$$R_1 = \frac{R_A}{n-1} \dots\dots\dots (5)$$

Sedangkan untuk merubah batas ukur voltmeter dari V volt menjadi $n \times V$ volt harus diapsang tahanan sebesar :

$$R_2 = n(n-1) R_V \dots\dots\dots (6)$$

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Dengan melihat cara (letak) pengukuran (gambar 8.a dan 8.b), bagaimana seharusnya tahanan dalam sebuah amperemeter dan voltmeter yang baik (mendekati kebenaran pengukuran)? Terangkan!
2. Dapatkah sebuah amperemeter dijadikan sebuah voltmeter? Apakah syaratnya dan bagaimana rangkaiannya?
3. Turunkan rumus (2) dan (4)
4. Sebenarnya rumus-rumus (2) dan (4) kurang tepat. Apakah syarat-syaratnya dan bagaimana koreksinya? Terangkan!

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Susunlah rangkaian seperti gambar 8.3.a
2. Aturlah sumber tegangan sehingga didapat arus tertentu.
3. Catatlah kedudukan voltmeter dan amperemeter.
4. Ulangi percobaan 2 dan 3 untuk beberapa harga kuat arus yang berlainan (ditentukan oleh asisten).

5. Susun rangkaian seperti gambar 8.3.b, tetapi R_B (berupa bangku hambatan) belum dihubungkan.
6. Aturlah sumber tegangan sehingga didapat kuat arus tertentu.
7. Catat kedudukan amperemeter.
8. Hubungkan R_B dan catat lagi kedudukan amperemeter.
9. Catat pula harga R_B yang bersangkutan.
10. Ulangi percobaan 8 dan 9 untuk beberapa harga R_B yang berlainan (ditentukan oleh asisten).
11. Susun seperti pada gambar 8.4.a
12. Aturlah sumber tegangan untuk mendapatkan kuat arus tertentu.
13. Catatlah kedudukan voltmeter dan amperemeter.
14. Ulangi percobaan 12 dan 13 untuk beberapa harga kuat arus yang berlainan (ditentukan oleh asisten).
15. Susun rangkaian seperti gambar 8.4.b, tetapi R_B (berupa bangku hambatan) belum dihubungkan.
16. Aturlah sumber tegangan untuk mendapatkan kuat arus tertentu.
17. Catat kedudukan voltmeter.
18. Hubungkan R_B dan catat lagi kedudukan voltmeter.
19. Catat pula harga R_B yang bersangkutan.
20. Ulangi percobaan 18 dan 19 untuk beberapa harga R_B yang berlainan (ditentukan oleh asisten).
21. Ukurlah tegangan sumber dengan alat presisi (tanyakan asisten)
22. Catat batas ukur dari amperemeter dan voltmeter.

F. PERTANYAAN

1. Hitunglah tahanan dalam dari amperemeter yang diselidiki dengan :
 - a. Hasil percobaan dengan gambar 8.3.a
 - b. Hasil percobaan dengan gambar 8.3.b

2. Hitunglah tahanan dalam dari voltmeter yang diselidiki dengan :
 - a. Hasil percobaan dengan gambar 8.4.a
 - b. Hasil percobaan dengan gambar 8.4.b
3. Dari hasil perhitungan 2a berikan koreksi terhadap hasil perhitungan 2b (dengan diketahui tegangan sumber E).
4. Apakah besarnya harga koreksi tergantung pada harga R_B ? Terangkan!
5. Apakah hasil perhitungan 1b perlu dikoreksi mengingat besarnya kesalahan-kesalahan yang timbul dalam pengukurannya? Terangkan!
6. Dari hasil perhitungan untuk R_A yang didapat, berapakah harga tahanan shunt yang diperlukan untuk mengubah amperemeter yang dipakai menjadi amperemeter dengan maksimum skala 50 mA.
7. Idem no.6 untuk skala 500 mA dan 5 A.
8. Hitunglah tahanan muka untuk voltmeter yang dipakai, bila batas ukur dijadikan 10 volt.
9. Idem no.9 untuk batas ukur 50 volt dan 100 volt.

MODUL 9**JEMBATAN WHEATSTONE****A. TUJUAN PERCOBAAN**

Menentukan harga suatu hambatan dengan menggunakan metoda “Jembatan Wheatstone”.

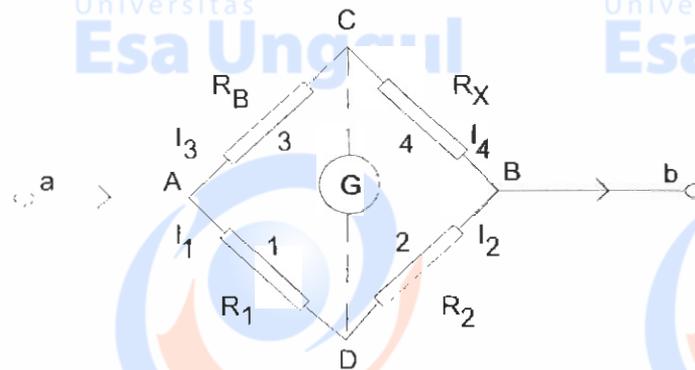
B. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Sumber arus/tegangan (DC)
2. Bangku hambatan
3. Komutator
4. Galvanometer/zerodetektor
5. Meja ukur (lengkap)
6. Kabel-kabel penghubung
7. 3 hambatan yang akan ditentukan besarnya.

C. LANDASAN TEORI

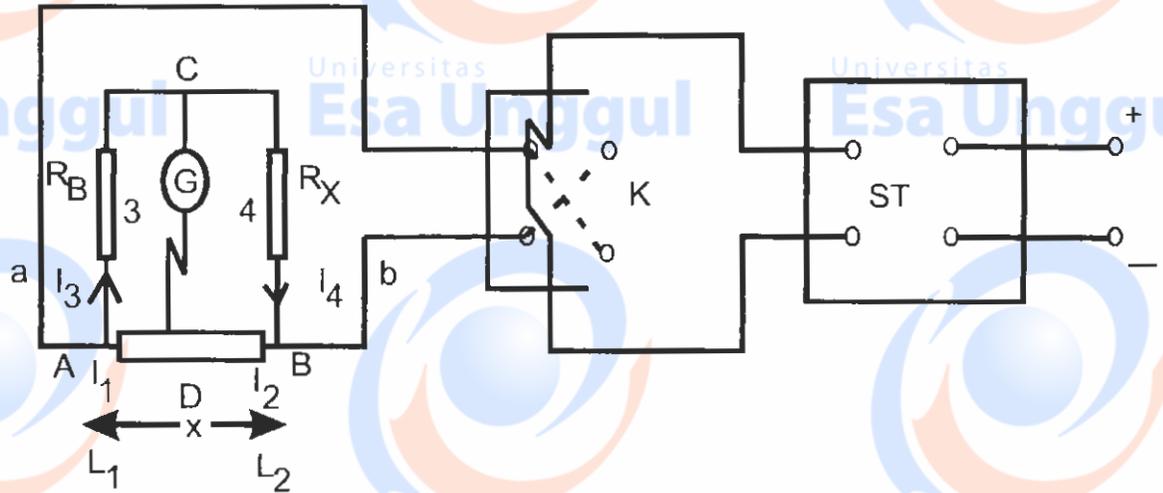
Suatu Jembatan Wheatstone adalah suatu susunan rangkaian seperti pada gambar

9.1.



Gambar 9.1

Dalam prakteknya R_1 dan R_2 dapat merupakan sebuah kawat A - B seperti pada gambar 9.2.



Gambar 9.2

Dimana :

- K = komutator untuk mngubah arah arus
- R_B = hambatan yang diketahui (dalam percobaan ini berupa bangku hambatan)
- R_X = hambatan yang harus dicari harganya
- G = galvanometer dihubungkan dengan C dan D
- L = $A - B$ = kawat hambatan lurus pada mistar
- ST = sumber tegangan (power supply)

Dengan letak :

- L_1 disisi 1 dengan hambatan R_1
- L_2 disisi 2 dengan hambatan R_2
- R_B disisi 3 dengan hambatan R_B
- R_X disisi 4 dengan hambatan R_X

Jika jarum galvanometer (G) menunjuk nol, berarti bahwa tidak ada arus yang melalui G . Jadi tidak ada beda potensial antara titik C dan D , sehingga :

$$V_C = V_D$$

(1)

Maka akan didapat persamaan :

$$R_X = (R_2/R_1) \times R_B \quad (2)$$

Jika kawat A - B serba sama dengan hambatan P tiap satuan panjang maka persamaan (2) menjadi :

$$R_X = (L_2 \times P/L_1 \times P) R_B \quad (3)$$

Atau

$$R_X = (L_2/L_1) R_B \quad (4)$$

Disini terlihat bahwa harga-harga yang diperlukan hanyalah perbandingan antara L_2 dan L_1 , atau panjang kawat antara BD dan AD.

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Buktikan rumus (2)
2. Buktikan rumus bila kawat ukur serba sama bahwa :
 $L_2/L_1 = R_2/R_1$
3. Apakah persyaratan yang diperlukan untuk suatu galvanometer?
4. Apakah yang dimaksud dengan rangkaian seri dan paralel. Gambar rangkaiannya, beri tanda kutub-kutub positif dan negatif. Bagaimana mencari besar hambatan penggantinya?
5. Apa guna komutator? Gambarkan skema dan bagaimana cara kerjanya!

E. PERCOBAAN YANG HARUS DILAKUKAN

1. Susunlah rangkaian seperti pada gambar 9.2.
Komutator K tetap terbuka, dan belum dihubungkan dengan sumber arus.
2. Arus mula-mula dipasang minimum, dengan cara mengatur hambatan pengatur yang ada didalam sumber arus, atau tegangan yang terkecil.

3. Setelah rangkaian diperiksa oleh asisten, dengan persetujuannya, barulah komutator dihubungkan dengan sumber arus.
4. Dengan kontak geser 2 kira-kira ditengah-tengah L, usahakan agar simpangan jarum galvanometer G menjadi nol dengan cara mengubah-ubah besarnya hambatan R_B .
5. Buatlah arus menjadi lebih besar sedikit demi sedikit, geserkanlah kontak geser D, usahakan supaya simpangan jarum galvanometer menjadi nol.
6. Jika kedudukan ini telah tercapai, catatlah L_1 dan L_2 .
7. Balikkan arah arus dengan mengubah kedudukan komutator K. ulangi percobaan 5 dan 6.
8. Putuskan hubungan komutator dengan sumber arus. Ganti (tukar) letak R_B dan R_X (R_B sekarang terletak pada tempat R_X semula dan sebaliknya).
9. Ulangi percobaan 2 s/d 7 untuk kedudukan ini.
10. Ulangi percobaan 2 s/d 9 untuk R_X yang lain.
11. Ulangi percobaan 2 s/d 9 untuk kedua R_X dalam keadaan seri.
12. Ulangi percobaan 2 s/d 9 untuk kedua R_X dalam keadaan paralel.

DAFTAR PENGAMATAN DAN PERHITUNGAN

Sisi 3	Sisi 4	Kedudukan D (panjang sisi I (L_1))		Rata-rata harga III dan IV L_1	Panjang	Perhitungan sisi 2 (L_2) $L_2 = L - L_1$
		Sebelum komutasi	Sesudah komutasi			
I	II	III	IV	V	VI	VII
R_B	R_X	a	b	$c = \frac{a+b}{2}$	$L - c$	*
R_X	R_B					**

Keterangan :

$$* R''_x = \frac{\text{Kolom VI}}{\text{Kolom V}} \times R_B$$

$$** R'_x = \frac{\text{Kolom V}}{\text{Kolom IV}} \times R_B$$

$$\text{harga terakhir } R_x = \sqrt{R''_x \cdot R'_x}$$

F. PERTANYAAN

1. Gambarkanlah rangkaian yang saudara buat, serta skema peralatan yang saudara rangkai. Beri tanda kutub positif dan negatif bila perlu.
2. Hitunglah harga masing-masing R_x beserta masing-masing ketelitiannya.
3. Hitunglah R_x dalam keadaan seri menurut teori (rumus rangkaian seri)
4. Hitunglah R_x dalam keadaan paralel menurut teori (rumus rangkaian paralel).
5. Hitunglah rumus R_x dalam keadaan seri dan paralel menurut hasil percobaan.
6. Bandingkanlah hasil-hasil pertanyaan no.3 dan 4 dengan pertanyaan 5.
7. Bila ketelitian dalam hasil pengukuran hanya tergantung pada penentuan panjangnya dua bagian kawat hambatan A-B, maka ketelitian terbesar akan terjadi bila D terletak ditengah-tengah A-B. terangkan (buktikan!)
8. Jika sumber arus diperbesar, kepekaan akan menjadi besar. Mengapa demikian?
9. Berilah pembahasan tentang percobaan ini!
10. Apakah gunanya tahanan geser didalam sumber?

MODUL 10
KESETARAAN KALOR
(HUKUM JOULE)

A. TUJUAN PERCOBAAN

1. Menentukan usaha listrik
2. Menentukan kalor yang terjadi
3. Menentukan kesetaraan kalor usaha listrik

B. PERALATAN

1. Kalorimeter lengkap dengan pengaduknya
2. Termometer
3. Amperemeter
4. Sumber tegangan yang dapat diatur
5. Stopwatch
6. Gelas ukur

C. LANDASAN TEORI

Menurut hukum Joule, banyaknya kalor yang terjadi setelah dialiri arus:

$$Q = I^2 R t \text{ (joule)} = A I^2 R t \text{ (kalori)} \dots\dots\dots (1)$$

Sedangkan kalor yang terjadi pada kalorimeter :

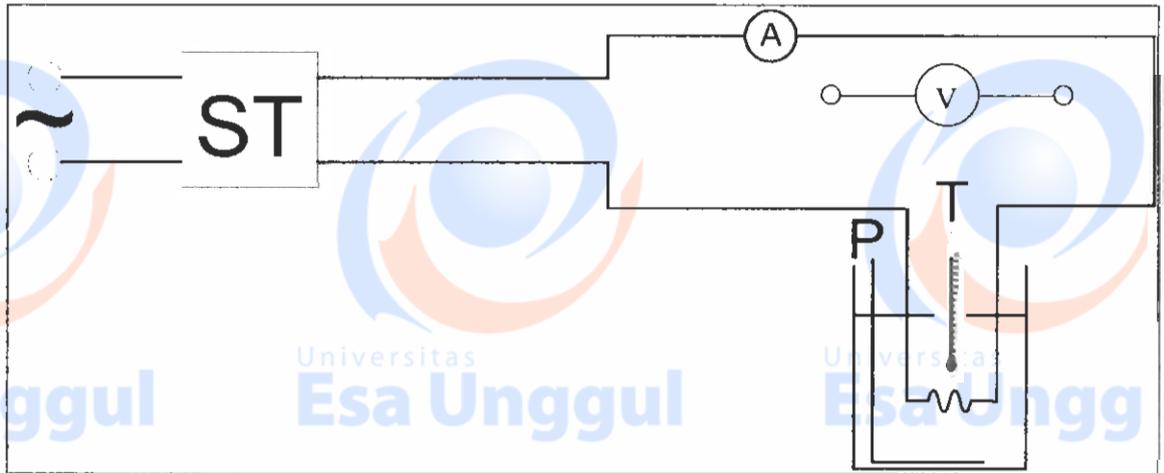
$$Q = H(T_a - T_m) \text{ (kalori)} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana temperatur akhir T_a Harus dikoreksi karena adanya pertukaran suhu dengan sekitarnya. Koreksi tersebut dinyatakan dengan **koreksi suhu dari Newton** :

$$\Delta T = -k (\bar{T}_k - \bar{T}_r) \Delta t \dots\dots\dots (3)$$

Catatan.

Panas jenis thermometer 0,46 kal/ml °C
 Panas jenis aluminium 0,217 kal/gr °C (17-100°C)
 Panas jenis kuningan 0,094 kal/gr °C (15-100°C)



Gambar 10.1

D. TUGAS PENDAHULUAN

1. Apakah arti dan satuannya dari huruf-huruf yang dipakai dalam rumus (1), (2), dan (3) dalam satuan SI?
2. Berikan penjelasan mengenai cara mendapatkan koreksi suhu akibat pengaruh sekitarnya (buatlah grafik suhu vs waktu dahulu) ?
3. Usaha apakah yang dapat dilakukan untuk mengurangi pengaruh pertukaran kalor dengan sekitarnya? Jelaskan!
4. Apa maksud / gunanya mengukur tegangan antara kedua ujung kawat pemanas selama percobaan berlangsung? Terangkan pakai gambar (ada 2 cara)
5. Bagaimana seharusnya pemasangan amperemeter dan voltmeter terhadap kawat pemanas? Gambar dan terangkan! (Tunjukkan letak kutub positif dan negatif pada rangkaian tersebut).
6. Apa gunanya dilakukan percobaan pendahuluan dan percobaan akhir (masing-masing selama 5 menit tanpa menggunakan arus)? Jelaskan!
7. Panas yang dihasilkan oleh arus listrik itu untuk apa? Terangkan!

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Timbang kalorimeter kosong M_k .
2. Timbang pengaduk saja M_p (pegangan dilepas).
3. Isi Kalorimeter dengan air sampai kawat pemanasnya terendam, timbang massa air M_a dapat dihitung. Usahakan temperatur air dibawah suhu ruangan dengan memberi es.
4. Susun rangkaian. **Jangan hubungkan sumber arus dengan tegangan jaringan.** Minta asisten untuk memeriksa.
5. Percobaan pendahuluan, tanpa arus listrik. Catat temperatur kalorimeter setiap $\frac{1}{2}$ menit selama 5 menit, sambil diaduk sekali / dua kali.
6. Stopwatch jangan dimatikan (diberhentikan), pasang / alirkan arus sebesar 1,5 Amper, catat setiap $\frac{1}{2}$ menit lagi (usahakan kuat arus stabil) sampai suhu calorimeter naik kira-kira 6°C di atas suhu ruangan (percobaan sebenarnya). Ingat stopwatch jalan terus jangan dimatikan. Aduk pelan-pelan.
7. Sekarang arus dimatikan (percobaan akhir). Catat suhu temperaturnya setiap $\frac{1}{2}$ menit selama 5 menit. Selama arus dialirkanm juga setelah dimatikan, boleh diaduk sekali (jangan terus menerus).
8. Ukur volume thermometer yang tercelup ke dalam air dengan gelas ukur.
9. Ukur tegangan anantara ke dua ujung kawat pemanas?
10. Ulangi percobaan di atas dengan kuat arus 2 A, 2,5 A. (tanayakan Asisten)

F. PERTANYAAN

1. Catat keadaan ruang (p, T, dan c) sebelum dan sesudah percobaan.
2. Tentukan Q yang dihasilkan oleh arus 1,5 A, apa satuannya dalam SI?
3. Gambarkan grafik perubahan suhu vs waktu pada percobaan pendahuluan, percobaan sesungguhnya, dan percobaan akhir (dalam satu grafik yang saling berhubungan antara ketiganya).

4. Hitung koreksi suhu dari newton dengan mempergunakan grafik tersebut. Apakah koreksi suhu ini diperlukan dalam percobaan di atas? Jelaskan!
5. Setelah temperature kalorimeter di koreksi, hitung Q?
6. Hitung harga tara kalor usaha listrik A, apa satuannya?
7. Lakukan VI. 2 s.d. VI. 6 untuk kuat arus lainnya..
8. Gambarkan penampang kalorimeter lengkap dengan pengaduk, thermometer, dan alat pemanas serta sebutkan kegunaan masing-masing alat tersebut.
9. Gambarkan rangkaian pemasangan amperemeter, voltmeter, sumber tegangan (ingat kutub positif dan negative) dan arah arusnya.
10. Bandingkan hasil percobaan dengan table, sebutkan sebab-sebab kesalahannya.

DAFTAR PUSTAKA

Braid, D.C., *Experimentation: An Introduction to Measurement Theory, and Experiment Design*, 1962.

David Halliday; Robert Resnik, Pantur Sialban; Erwin Sucipto, Penerbit Erlangga; Cetakan 5 : 1996

Darmawan Djonoputro, B., *Teori Ketidakpastian*, Penerbit ITB, 1996

H.J Kein, "The Physics of Vibrations and Waves", 2nd Edition, John Wiley & Sons Ltd., 1978.

Sears, F.W., Zemansky, M.W., *University Physics*, Addison-Wesley, Publishing Company, Inc., 1990

Tyler, F., *A Laboratory Manual of Physics (SI Units)*, Edward Arnold Ltd., 1970.

University of Melbourne School of Physics, *Physics 160 Laboratory Manual*, 1995.

