



IPB University
— Bogor Indonesia —

MODUL PRAKTIKUM

FISIKA SAINS DAN TEKNOLOGI

TIM DOSEN DEPARTEMEN FISIKA

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
IPB UNIVERSITY
2022**

DAFTAR ISI

DAFTAR PERCOBAAN	i
P00: PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN	1
A. Pendahuluan	1
B. Penulisan Kesalahan pada Hasil Pengukuran	2
C. Penentuan Ketidakpastian pada Pengukuran.....	2
1. Pengukuran tunggal menggunakan alat berskala digital	2
2. Pengukuran tunggal menggunakan alat berskala analog tanpa skala nonius	3
3. Pengukuran tunggal menggunakan alat berskala analog dengan bantuan skala nonius	3
4. Pengukuran berulang.....	4
D. Angka yang Dapat Dipercaya / Angka Berarti (Significant Figure).....	6
E. Perambatan Kesalahan	7
1. Besaran x dan y masing-masing diukur sekali:.....	7
2. Besaran x dan y masing-masing berulang kali:	8
3. Besaran x diukur sekali sedangkan besaran y diukur berulang kali	9
F. Pembuatan Grafik dan Metode Kuadrat Terkecil	10
G. Ketelitian dan Ketepatan.....	14
P01: PENGGUNAAN ALAT UKUR DASAR.....	1
A. Tujuan.....	1
B. Alat-alat Ukur	1
C. Bahan Praktikum.....	1
D. Perangkat Lunak.....	1
E. Teori Singkat.....	1
1. Jangka Sorong	1
2. Mikrometer Sekrup	4
3. Neraca 1 Lengan.....	5
F. Langkah-Langkah Percobaan	7

1.	Percobaan P01.1	7
2.	Percobaan P01.2	8
P02: VEKTOR		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Alat-alat.....	1
C.	Perangkat Lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Skalar dan Vektor	1
2.	Penjumlahan dua vektor	2
3.	Penguraian Vektor	2
4.	Penjumlahan Vektor Metoda Analitik.....	2
E.	Langkah-langkah Percobaan	3
P03: GLB DAN GLBB.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1
C.	Teori Singkat.....	1
1.	Gerak Lurus Beraturan	1
2.	Gerak Lurus Berubah Beraturan	2
D.	Langkah-Langkah Percobaan	2
1.	Percobaan Gerak Lurus Beraturan (GLB)	2
2.	Percobaan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)	4
P04: Hukum Newton Sistem Dua Benda.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Alat-alat.....	1
C.	Perangkat Lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
E.	Langkah-Langkah Percobaan	3
1.	Pengolahan Data	3
P05: GESEKAN STATIK		1

A.	Tujuan.....	1
B.	Alat-alat.....	1
C.	Perangkat Lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Gaya Gesekan.....	1
2.	Gaya Gesekan Kinetik.....	1
3.	Gaya Gesekan Statik.....	2
E.	Langkah-Langkah Percobaan	4
P06: HUKUM ARHIMEDES.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan dan Bahan.....	1
C.	Perangkat lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Rapat massa benda lebih besar dari rapat massa zat cair	1
2.	Rapat massa benda lebih kecil dari rapat massa zat cair.....	3
E.	Langkah-Langkah Percobaan	3
1.	Langkah percobaan P06.1	3
	Penentuan rapat massa benda padat melalui pengukuran dimensi dan massa.	3
2.	Langkah percobaan P06.2	4
	Penentuan rapat massa benda yang rapat massanya lebih besar dari rapat massa air.....	4
3.	Langkah percobaan P06.3	4
	Penentuan rapat massa benda yang rapat massanya lebih kecil dari rapat massa air.	4
P07: HUKUM KEKEKALAN MOMENTUM		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Alat Dan Bahan.....	1
C.	Teori Singkat.....	1
D.	LANGKAH PERCOBAAN.....	2
1.	Tumbukan Tidak Elastik	2
2.	Tumbukan Elastik	3
P08: KEUNTUNGAN MEKANIK SISTEM KATROL.....		1
Modul Praktikum Sains Dan Teknologi		iii

A.	Tujuan.....	1
B.	Alat-alat.....	1
C.	Perangkat Lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Mesin dan Keuntungan Mekanik	1
2.	Keuntungan Mekanik Aktual	1
3.	Keuntungan Mekanik Ideal	2
4.	Efisiensi	2
5.	Sistem Katrol	2
6.	Keuntungan Mekanik pada Sistem Katrol.....	3
E.	Langkah-Langkah Percobaan	4
1.	Katrol tunggal dengan posisi tetap	4
2.	Katrol tunggal dengan posisi bebas	4
3.	Sistem katrol	5
P09: GERAK MENGGELINDING		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1
C.	Teori Singkat.....	1
D.	Langkah-Langkah Percobaan	2
P11 : KEKENTALAN		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1
C.	Teori	1
D.	Langkah Praktikum	2
1.	Data dan Pengolahan Data.....	2
2.	Analisa	3
P12: GETARAN DAN BANDUL MATEMATIS.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1

C.	Perangkat lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Hukum Hooke dan Osilasi Pegas	1
E.	Langkah-Langkah Percobaan	3
1.	Langkah percobaan 1: Menentukan konstanta pegas secara statik.....	3
2.	Langkah percobaan 2: Menentukan konstanta pegas secara dinamik.....	3
3.	Langkah percobaan 3	4
P12: GELOMBANG BERDIRI PADA TALI.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1
C.	Teori	1
1.	Gelombang Tali	1
2.	Gelombang Berdiri	2
D.	Langkah Percobaan 1	3
P13: RESONANSI BUNYI.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Alat Dan Bahan.....	1
C.	Teori Singkat.....	1
D.	Langkah Percobaan	3
P13: KALORIMETER		1
A.	Tujuan:	1
B.	Peralatan :	1
C.	Teori	1
D.	Tugas pendahuluan :.....	1
E.	Langkah percobaan	2
1.	Percobaan 1:	2
P14: HUKUM OHM		1
A.	Tujuan.....	1

B.	Peralatan	1
C.	Perangkat lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Amperemeter dan Voltmeter	2
2.	Pengukuran Arus dan Tegangan Listrik secara Bersamaan	3
E.	Tugas Praktikum	5
P15: MEDAN MAGNET DAN INDUKSI MAGNETIK.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1
C.	Teori singkat	1
D.	Langkah Percobaan	5
1.	Medan Magnet.....	5
2.	Gaya Magnet	6
3.	Gaya Gerak Listrik Induksi	7
4.	Transformator	7
P16: LENS A DAN CERMIN		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1
C.	Perangkat lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Pembentukan bayangan nyata pada lensa konvergen	2
2.	Pembentukan bayangan nyata pada lensa divergen	2
E.	Tugas Praktikum	3
a.	Penentuan jarak fokus lensa konvergen	3
b.	Penentuan jarak fokus lensa divergen	4
P16: CERMIN CEKUNG.....		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Peralatan	1
C.	Perangkat Lunak.....	1

D.	Teori Singkat.....	1
1.	Pemantulan Cahaya	1
2.	Cermin Cekung.....	2
E.	Tugas Praktikum	3
1.	Penentuan Jarak Fokus Cermin Cekung	3
F.	Laporan Praktikum	4
P17: OPTIKA FISIS DIFRAKSI		1
A.	Tujuan.....	1
B.	Alat dan Bahan :.....	1
C.	Perangkat Lunak.....	1
D.	Teori Singkat.....	1
1.	Difraksi celah tunggal.....	1
2.	Difraksi Celah Ganda	2
4.	Difraksi Celah Banyak	4
E.	Langkah-Langkah Percobaan	4
1.	Percobaan celah tunggal.....	5
2.	Percobaan celah ganda	5
3.	Percobaan Lubang Lingkaran	5
4.	Kisi Difraksi	6
E.	Tugas Dan Laporan Praktikum	6
1.	Tugas Praktikum.....	6
2.	Laporan Praktikum.	6

P00: PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN

A. Pendahuluan

Di dalam bidang ilmu dan teknologi sering harus dilakukan pengukuran besaran fisis, seperti jarak, waktu, massa, kecepatan, tegangan, kuat arus dan sebagainya. Pengukuran suatu besaran fisis mencakup perbandingan besaran tersebut dengan besaran serupa yang telah didefinisikan secara tepat. Sebagai contoh, untuk mengukur tebal sebuah papan, kita membandingkan tebal tersebut dengan jarak dua garis berdekatan pada mistar yang besarnya 1 mm. Jika angka perbandingan yang kita dapatkan adalah 20, berarti tebal papan tersebut adalah 20 kali 1 mm yaitu 20 mm. Jadi hasil suatu pengukuran ada dua yaitu nilai perbandingan dan satuan yang digunakan.

Dalam setiap pengukuran selalu terjadi ketidakpastian nilai yang didapatkan. Hal ini disebabkan antara lain:

1. Adanya nilai skala terkecil (nst) setiap alat ukur yang dipakai. Sebagai contoh nilai skala terkecil mistar biasa adalah 1 mm. Besaran panjang yang kurang dari 1 mm tidak dapat ditentukan dengan tepat. Sebagai contoh tebal sebuah papan kayu adalah sekitar 20 mm. Jika diukur memakai mistar biasa mungkin kita akan mendapatkan hasil tidak tepat 20 mm, akan tetapi bisa kurang atau lebih dari itu. Kekurangan dan kelebihan inilah yang tidak dapat ditentukan secara pasti.
2. Adanya ketidakpastian bersistem diantaranya:
 - Kesalahan kalibrasi (pemberian nilai skala ketika alat diproduksi ternyata kurang tepat).
 - Kesalahan titik nol (sebelum digunakan alat telah menunjuk pada suatu nilai tertentu yang tidak nol atau jarum tidak kembali ke titik nol secara tepat ketika diatur ulang).
 - Kelelahan alat. Sebagai contoh neraca pegas menjadi tidak akurat karena setelah sekian lama digunakan pegasnya melunak atau mengeras.
 - Gesekan pada bagian alat yang bergerak.
 - Paralaks (kesalahan arah pandang) dalam membaca skala.
3. Adanya ketidakpastian acak, antara lain:
 - Gerak Brown molekul udara, gerak ini dapat mengganggu penunjukan jarum alat yang sangat halus dan berbasis mikroskopik.
 - Fluktuasi tegangan jaringan listrik dapat mengganggu penggunaan alat-alat listrik.

- Noise (gangguan bising) dari alat-alat elektronik.
- Background, landasan bergetar dll.

4. Keterbatasan keterampilan pengamat.

Peralatan yang semakin canggih dan kompleks seperti mikroskop elektron, osiloskop, spektrometer, pencacah partikel dll menuntut keterampilan yang tidak sedikit dari pemakai.

B. Penulisan Kesalahan pada Hasil Pengukuran

Dengan adanya ketidakpastian pada pengukuran, hasil pengukuran suatu besaran fisis dituliskan sebagai berikut:

$$x \pm \Delta x \quad (1)$$

dengan x adalah besaran fisis yang diukur, dan Δx adalah ketidakpastian pada pengukuran. Cara penulisan tersebut mengandung arti bahwa meskipun nilai x tidak pasti, akan tetapi ada jaminan bahwa nilai x yang sesungguhnya ada dalam daerah antara $(x - \Delta x)$ dan $(x + \Delta x)$. Sebagai contoh hasil pengukuran tebal papan memakai mistar biasa dituliskan sebagai:

$$x \pm \Delta x = (20.0 \pm 0.5) \text{ mm} \quad (2)$$

Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa tebal papan sesungguhnya berkisar antara 19.5 mm dan 20.5 mm.

C. Penentuan Ketidakpastian pada Pengukuran

Cara memperkirakan nilai ketidakpastian, Δx bergantung pada cara pengukuran yang dilakukan serta jenis alat ukur yang digunakan. Ada dua macam cara pengukuran yaitu pengukuran tunggal dan pengukuran berulang. Ada dua jenis alat ukur, yaitu alat ukur dengan skala analog seperti mistar, jangka sorong, neraca analitik dan alat ukur dengan skala digital seperti stopwatch, timbangan digital. Ada dua macam alat ukur dengan skala analog yaitu alat ukur tanpa skala nonius seperti mistar dan alat ukur dengan bantuan skala nonius seperti jangka sorong.

1. Pengukuran tunggal menggunakan alat berskala digital

Pengukuran tunggal adalah pengukuran yang hanya dilakukan satu kali saja. Nilai ketidakpastian biasanya diambil sama dengan nilai skala terkecil (nst) alat yang dipakai.

$$\Delta x = 1 \times \text{nst} \quad (3)$$

Sebagai contoh pada pengukuran waktu yang diperlukan seorang atlet untuk lari 100 m dengan menggunakan stopwatch digital yang mempunyai skala terkecil 0.01 sekon adalah 9.82 s. Hasil ini dilaporkan sebagai:

$$t \pm \Delta t = (9.82 \pm 0.01) \text{ s} \quad (4)$$

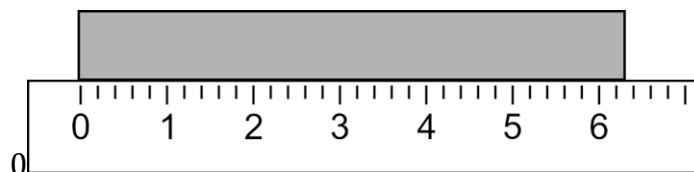
Ini berarti, bahwa waktu tersebut adalah sekitar 9.82 sekon, tepatnya antara 9.81 sekon dan 9.83 sekon.

2. Pengukuran tunggal menggunakan alat berskala analog tanpa skala nonius

Pada pengukuran tunggal dengan menggunakan alat berskala analog tanpa skala nonius nilai ketidakpastian biasanya diambil separuh dari nilai skala terkecil alat yang dipakai:

$$\Delta x = 0.5 \times \text{nst} \quad (5)$$

Gambar P00.1 di bawah ini mengilustrasikan pengukuran panjang balok dengan memakai mistar biasa yang nilai skala terkecilnya adalah 0.1 cm.



Gambar P00.1

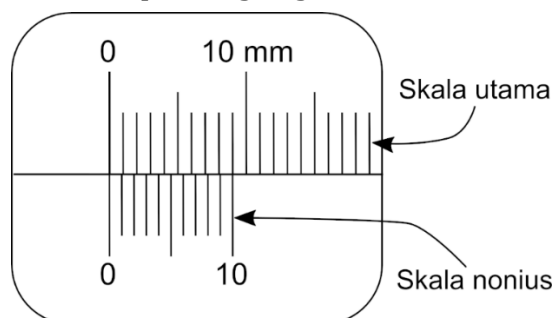
Dari pengamatan kita, panjang balok tersebut tidak kurang dari 6.1 cm dan ada kelebihan sekitar setengah skala lebih. Kelebihan ini dapat kita perkirakan, misalnya 0.06 cm. Nilai ketidakpastian pada pengukuran tunggal ini adalah setengah skala terkecil yaitu 0.05 cm. Dengan demikian hasil pengukuran dapat dituliskan sebagai:

$$x \pm \Delta x = (6.16 \pm 0.05) \text{ cm} \quad (6)$$

Ini berarti, kita menduga panjang balok itu sekitar 6.16 cm, yaitu antara 6.11 cm dan 6.21 cm.

3. Pengukuran tunggal menggunakan alat berskala analog dengan bantuan skala nonius

Pada alat ukur bernonius ada dua skala yaitu skala utama dan skala nonius. Sebagai contoh Gambar P00.2 di bawah ini adalah gambar skala pada sebuah jangka sorong ketika belum digunakan. Pada keadaan jangka sorong menunjukkan nilai nol, yaitu garis nol pada skala utama berimpit dengan garis nol skala nonius.



Gambar P00.2

Nilai satu skala nonius dapat ditentukan melalui rumus:

$$s_n = \frac{s_u}{N} \quad (7)$$

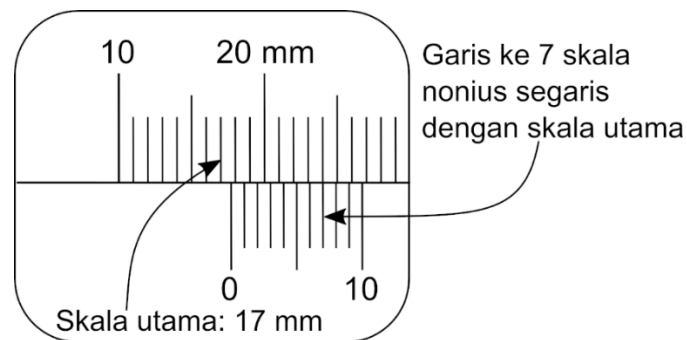
dengan s_n nilai satu skala nonius, s_u nilai satu skala utama, dan N banyaknya skala nonius.

Untuk jangka sorong seperti Gambar P00.2, nilai skala satu skala utama adalah 1 mm, dan ada 10 skala nonius, dengan demikian untuk jangka sorong tersebut: $s_u = 1$ mm, $N = 10$, $s_n = 1/10$ mm = 0.1 mm.

Ketidakpastian pengukuran tunggal memakai alat ukur bernonius adalah sama dengan nilai skala noniusnya:

$$\Delta x = 1 \times s_n \quad (8)$$

Gambar P00.3 ini adalah keadaan jangka sorong ketika dipakai untuk mengukur suatu besaran panjang.



Gambar P00.3

Skala utama menunjukkan angka 17 mm dan skala nonius menunjukkan angka 0.7 mm. Dengan demikian hasil pengukurannya adalah tunggal adalah:

$$x \pm \Delta x = (17.7 \pm 0.1) \text{ mm} \quad (9)$$

4. Pengukuran berulang

Dari pengukuran yang dilakukan berulang kali diharapkan akan diperoleh informasi yang lebih banyak tentang nilai benar suatu besaran fisis. Makin banyak suatu nilai dihasilkan dalam pengukuran berulang, makin yakin kita akan benarnya nilai tersebut.

Pengukuran berulang menghasilkan sampel dari populasi x , yaitu: $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$. Nilai 'terbaik' pengganti nilai benar x dari pengukuran di atas adalah nilai rata-rata sampel x , yaitu :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10)$$

Penyimpangan nilai masing-masing terhadap besaran fisis sebenarnya dinyatakan sebagai suatu deviasi standar pengukuran, yang dirumuskan sebagai;

$$s_x = \Delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{(n-1)}} \quad (11)$$

Sedangkan penyimpangan nilai rata-rata sampel terhadap nilai besaran fisis sebenarnya dinyatakan sebagai suatu deviasi standar rata-rata sampel, yang dirumuskan sebagai:

$$s_{\bar{x}} = \Delta \bar{x} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (11)$$

Perlu diketahui bahwa persamaan (10) dan (11) sudah ada pada kalkulator ilmiah.

Tabel P00.1. Pengolahan data pengukuran diameter silinder memakai jangka sorong.

i	x_i (cm)	$x_i - \bar{x}$ (cm)	$(x_i - \bar{x})^2$ (cm ²)
1	6.54	-0.00444	1.98E-05
2	6.52	-0.02444	0.000598
3	6.56	0.015556	0.000242
4	6.51	-0.03444	0.001186
5	6.57	0.025556	0.000653
6	6.54	-0.00444	1.98E-05
7	6.56	0.015556	0.000242
8	6.51	-0.03444	0.001186
9	6.58	0.035556	0.001264
$\sum_{i=1}^{n=10} x_i = 58.89 \text{ cm}$		$\sum_{i=1}^{n=10} (x_i - \bar{x})^2 = 0.005411 \text{ cm}^2$	
$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=10} x_i = 6.543333 \text{ cm}$		$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}} = 0.008669 \text{ cm}$	

Perhatikan Tabel P00.1. Pada tabel tersebut tertera hasil pengukuran berulang diameter silinder serta pengolahannya untuk mendapatkan nilai rata-rata diameter silinder beserta ketidakpastiannya. Dari hasil perhitungan tersebut kita dapat menuliskan hasil pengukuran sebagai:

$$D \pm \Delta D = (6.543 \pm 0.009) \text{ cm} \quad (12)$$

D. Angka yang Dapat Dipercaya / Angka Berarti (Significant Figure)

Suatu nilai hasil pengukuran biasanya terdiri dari beberapa angka. Sebagai contoh hasil perhitungan nilai rata-rata dan ketidakpastian yang diambil langsung dari tabel P00.1 adalah :

$$D \pm \Delta D = (6.543333333 \pm 0.008669) \text{ cm} \quad (13)$$

Yang menjadi persoalan di sini adalah sampai berapa digit angka yang harus kita laporkan. Karena $\Delta D = 0.008669 \text{ cm}$, maka ketidakpastian mulai muncul pada angka 8 yang berada pada angka ketiga di belakang tanda titik desimal. Dengan demikian ketidakpastian dapat dibulatkan menjadi $\Delta D = 0.009 \text{ cm}$. Pada nilai $D = 6.543333333 \text{ cm}$ angka 6, 5 dan 4 dapat dipastikan kebenarannya, sedangkan angka berikutnya yaitu angka 3 yang pertama merupakan angka taksiran. Dengan demikian yang perlu dituliskan dalam pelaporan adalah $D = 6.543 \text{ cm}$. Maka pelaporan yang benar dari hasil pengukuran tersebut adalah:

$$D \pm \Delta D = (6.543 \pm 0.009) \text{ cm} \quad (14)$$

Keempat angka (6, 5, 4 dan 3) angka-angka yang dapat dipercaya. Jadi angka yang dapat dipercaya dari suatu bilangan hasil pengukuran terdiri dari angka-angka yang dapat dipastikan kebenarannya dan angka pertama hasil taksiran. Sebagai catatan jika dijumpai bilangan yang sangat besar atau bilangan yang sangat kecil hendaknya dituliskan dengan menggunakan bentuk eksponen. Berikut ini disajikan tabel cara penulisan hasil pengukuran.

Tabel P00.2. Contoh penulisan hasil pengukuran yang salah dan yang benar.

No	Penulisan yang salah	Penulisan yang benar
1	5.1078 ± 0.0025	5.108 ± 0.002
2	6.3014 ± 0.0035	6.3014 ± 0.004
3	19.348 ± 2.5	19 ± 2
	19.348 ± 5.5	19 ± 6
4	2700000 ± 30000	$(270 \pm 3) \times 10^4$

Di samping deviasi standar rata-rata orang juga sering menggunakan deviasi standar relatif atau disebut juga koefisien keragaman (C), yaitu perbandingan antara deviasi standar dengan harga rata-rata pengamatan. Koefisien keragaman ini biasanya dinyatakan dengan persen (%) yaitu:

$$C = \frac{\Delta \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (15)$$

Koefisien keragaman 10% atau lebih mencirikan hasil pengukuran yang agak kasar, sedangkan koefisien keragaman 2% atau kurang mencirikan hasil pengukuran yang cukup akurat. Biasanya hasil pengukuran dengan koefisien keragaman kurang dari 2% sulit didapatkan di laboratorium fisika tingkat dasar.

Misalkan hasil pengukuran panjang suatu balok kayu menggunakan penggaris dilaporkan sebesar (50.6 ± 0.8) cm, sedangkan hasil pengukuran jarak antara dua tempat menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dilaporkan sebesar sebesar (50.6 ± 0.8) km. Koefisien keragaman kedua pengukuran tersebut adalah sama (1.6 %) meskipun pada pengukuran menggunakan GPS penyimpangannya 800 meter sedangkan pengukuran menggunakan penggaris 0.008 meter.

E. Perambatan Kesalahan

Banyak besaran-besaran fisika yang tidak dapat diukur secara langsung. Lebih sering kita dapati bahwa besaran- besaran itu merupakan fungsi dari besaran-besaran lain yang dapat diukur. Sebagai contoh, kita hendak menentukan massa jenis suatu benda padat. Karena alat ukur massa jenis benda padat (ρ) secara langsung tidak ada, maka ρ harus ditentukan melalui besaran-besaran lain yang dapat diukur langsung, salah melalui hubungan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (16)$$

dengan m adalah massa benda dan V adalah volume benda. Karena pengukuran m dan V menghasilkan ketidakpastian Δm dan ΔV , maka ρ juga mengandung ketidakpastian $\Delta \rho$. Persoalannya bagaimanakah hubungan Δm dan ΔV dengan $\Delta \rho$?

Misalkan besaran fisis z (yang tidak dapat diukur secara langsung) merupakan fungsi dari besaran x dan y (yang dapat diukur langsung). Maka secara matematis hubungan z dengan x dan y dinyatakan sebagai:

$$z = z(x, y) \quad (17)$$

Jika Δx dan Δy secara berturut-turut adalah tambahan terhadap nilai x dan y , maka dengan menggunakan deret Taylor sekitar titik (x, y) tambahan terhadap nilai z dapat dituliskan sebagai:

$$\Delta z = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y \Delta x + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x \Delta y \quad (18)$$

Dalam penerapannya untuk menentukan ketidakpastian pada besaran z , persamaan (18) harus dimodifikasi lagi sesuai dengan cara pengambilan data mentah. Dalam hal ini dapat dibedakan 3 kasus:

1. Besaran x dan y masing-masing diukur sekali:

$$\Delta z = \left| \frac{\partial z}{\partial x} \right|_{x_0, y_0} \Delta x + \left| \frac{\partial z}{\partial y} \right|_{x_0, y_0} \Delta y \quad (19)$$

dengan x_0 dan y_0 berturut-turut adalah hasil pengukuran sekali pada besaran x dan y .

Contoh :

Sebuah silinder kayu diukur diameter dan panjangnya masing-masing sekali, sehingga didapatkan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D_0 \pm \Delta D &= (1.07 \pm 0.01) \text{ cm} \\ l_0 \pm \Delta l &= (5.35 \pm 0.05) \text{ cm} \end{aligned} \quad (20)$$

Volume silinder dapat dihitung melalui hubungan:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} l \quad (21)$$

Dengan memasukkan harga D_0 dan l_0 pada persamaan (20) ke dalam persamaan (21) didapatkan:

$$V_0 = \frac{\pi D_0^2}{4} l_0 = 4.8107 \text{ cm}^3 \quad (22)$$

Ketidakpastian harga volume dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta V &= \left| \frac{\partial V}{\partial D} \right|_{D_0, l_0} \Delta D + \left| \frac{\partial V}{\partial l} \right|_{D_0, l_0} \Delta l \\ &= \left| \frac{\pi D}{2} l \right|_{D_0, l_0} \Delta D + \left| \frac{\pi D^2}{4} \right|_{D_0, l_0} \Delta l \\ &= \frac{\pi D_0}{2} l_0 \Delta D + \frac{\pi D_0^2}{4} \Delta l \\ &= (0.08992 + 0.1617) \text{ cm}^3 = 0.2516 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (23)$$

Dengan demikian volume silinder beserta ketidakpastiannya dapat dilaporkan sebagai :

$$V_0 \pm \Delta V = (4.8 \pm 0.2) \text{ cm}^3 \quad (24)$$

2. Besaran x dan y masing-masing berulang kali:

$$\Delta z = s_{\bar{z}} = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_{\bar{x}, \bar{y}}^2 s_{\bar{x}}^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_{\bar{x}, \bar{y}}^2 s_{\bar{y}}^2} \quad (25)$$

Contoh ;

Diameter dan panjang silinder masing-masing diukur berulang kali sehingga didapatkan data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \bar{D} \pm s_{\bar{D}} &= (1.070 \pm 0.005) \text{ cm} \\ \bar{l} \pm s_{\bar{l}} &= (5.35 \pm 0.02) \text{ cm} \end{aligned} \quad (26)$$

Dari persamaan (21) didapatkan:

$$\bar{V} = \frac{\pi \bar{D}^2}{4} \bar{l} = 4.8107 \text{ cm}^3 \quad (27)$$

Ketidakpastian volume dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta V = s_V &= \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D}\right)_{\bar{D}, \bar{l}}^2 s_D^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial l}\right)_{\bar{D}, \bar{l}}^2 s_l^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{\pi D}{2} l\right)_{\bar{D}, \bar{l}}^2 s_D^2 + \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)_{\bar{D}, \bar{l}}^2 s_l^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{\pi \bar{D}}{2} \bar{l}\right)^2 s_D^2 + \left(\frac{\pi \bar{D}^2}{4}\right)^2 s_l^2} = 0.048 \text{ cm}^3
 \end{aligned} \tag{28}$$

Dengan demikian volume silinder beserta ketidakpastiannya dapat dilaporkan sebagai :

$$\bar{V} \pm s_V = (4.81 \pm 0.05) \text{ cm}^3 \tag{29}$$

3. Besaran x diukur sekali sedangkan besaran y diukur berulang kali

$$\Delta z = s_z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_{x_0, \bar{y}}^2 \left(\frac{2}{3} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_{x_0, \bar{y}}^2 s_y^2} \tag{30}$$

Contoh :

Diameter silinder diukur sekali, sedangkan panjang silinder diukur berulang kali sehingga dihasilkan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_0 \pm \Delta D &= (1.07 \pm 0.01) \text{ cm} \\
 \bar{l} \pm s_l &= (5.35 \pm 0.02) \text{ cm}
 \end{aligned} \tag{31}$$

Dari persamaan (21) didapatkan:

$$\bar{V} = \frac{\pi D_0^2}{4} \bar{l} = 4.8107 \text{ cm}^3 \tag{32}$$

Ketidakpastian volume dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \Delta V = s_V &= \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D}\right)_{D_0, \bar{l}}^2 \left(\frac{2}{3} \Delta D\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial l}\right)_{D_0, \bar{l}}^2 s_l^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{\pi D}{2} l\right)_{D_0, \bar{l}}^2 \left(\frac{2}{3} \Delta D\right)^2 + \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)_{D_0, \bar{l}}^2 s_l^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{\pi D_0}{2} \bar{l}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \Delta D\right)^2 + \left(\frac{\pi D_0^2}{4}\right)^2 s_l^2} = 0.0626 \text{ cm}^3
 \end{aligned} \tag{33}$$

Dengan demikian volume silinder beserta ketidakpastiannya dapat dilaporkan sebagai :

$$\bar{V} \pm s_V = (4.81 \pm 0.06) \text{ cm}^3 \tag{34}$$

F. Pembuatan Grafik dan Metode Kuadrat Terkecil

Hasil percobaan bila disajikan dalam angka-angka saja akan menjemukan dan tidak dapat memberikan informasi yang lebih banyak. Untuk itu hendaknya angka-angka tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik atau kurva dari variable yang diukur. Misalnya pada percobaan gerak lurus beraturan, kita dapat melakukan pengukuran waktu gerak untuk berbagai jarak tempuh (gambarakan) pasangan titik-titik jarak-waktu dalam selembar kertas grafik. Karena gerak lurus beraturan memenuhi persamaan garis lurus $x_t = x_0 + vt$, maka diharapkan letak titik-titik yang diperoleh akan berdekatan dengan sebuah garis lurus. Persamaan garis lurus terbaik yang mewakili hasil percobaan, dapat ditentukan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Secara umum persamaan garis ditulis sebagai :

$$y = a + bx \quad (35)$$

Jika dari hasil pengukuran didapatkan n buah pasangan nilai (x_i, y_i) ; $(i = 1, 2, \dots, n)$ maka nilai a dan b dapat ditentukan melalui hubungan :

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \text{ dan } a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (36)$$

Standard deviasi/kesalahan persamaan garis lurus pendekatan metode regresi linier dihitung menggunakan persamaan;

$$s_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - 2)}} \quad (37)$$

y_i = Data pengamatan y ke- i

\hat{y}_i = Nilai tebakan y ke- i dari persamaan garis lurus untuk setiap x ke- i

n = Banyak data

Standard deviasi/kesalahan penentuan koefisien kemiringan b dapat dihitung dengan persamaan;

$$s_b = \frac{s_{y/x}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (38)$$

Standard deviasi/kesalahan penentuan titik potong a dapat dihitung dengan persamaan;

$$s_b = s_{y/x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2)}} \quad (39)$$

Contoh :

Tinjau pengukuran terhadap suatu gerak yang dianggap suatu gerak lurus beraturan yang mengikuti persamaan:

$$x_t = x_0 + vt \quad (40)$$

Waktu t diamati untuk beberapa macam jarak x sehingga didapatkan hasil seperti dalam tabel berikut ini :

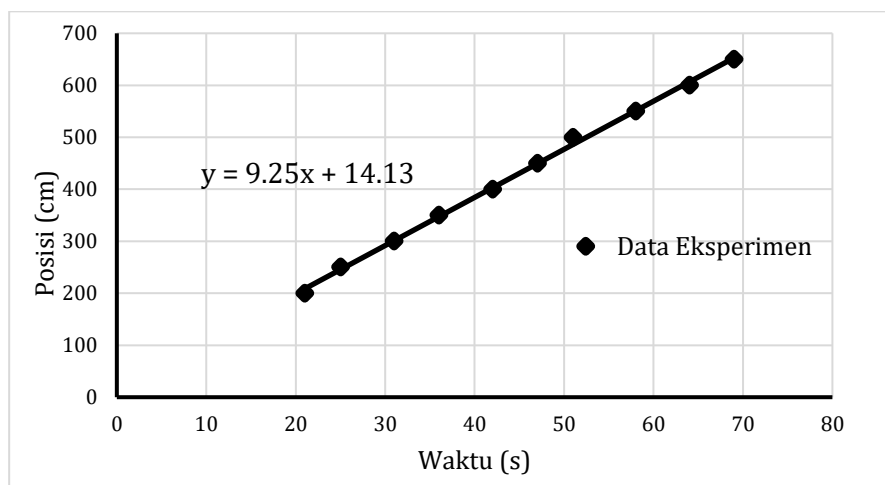
i	x_i (cm)	t_i (s)	$(x_i - \bar{x})$	$(t_i - \bar{t})$	$A_i = (x_i - \bar{x})$ $(t_i - \bar{t})$ (cm·s)	$(t_i - \bar{t})^2$ (s ²)
1	200	21	-225	-23.4	5265	547.56
2	250	25	-175	-19.4	3395	376.36
3	300	31	-125	-13.4	1675	179.56
4	350	36	-75	-8.4	630	70.56
5	400	42	-25	-2.4	60	5.76
6	450	47	25	2.6	65	6.76
7	500	51	75	6.6	495	43.56
8	550	58	125	13.6	1700	184.96
9	600	64	175	19.6	3430	384.16
10	650	69	225	24.6	5535	605.16
	$\bar{x} = 425$	$\bar{t} = 44.4$			$\sum_{i=1}^n A_i = 22250$	$\sum_{i=1}^n B_i = 2404.4$

Dari tabel di atas harga kecepatan v dan posisi awal x_0 dapat ditentukan yaitu:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} = 9.25 \text{ cm/s} \quad (41)$$

$$x_0 = \bar{x} - v\bar{t} = 14.13 \text{ cm}$$

Grafik hubungan antara posisi benda terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar P00.4.



Gambar P00.4. Grafik hubungan antara posisi terhadap waktu.

Persamaan garis lurus pendekatan pada gambar P00.4 atau persamaan 40 adalah;
 $x_t = 14,13 + 9,25t$

Dengan menggunakan persamaan 37, 38 dan 39 kita dapat menghitung kesalahan nilai v dan x_0 dari metode regresi linier.

i	x_i (cm)	t_i (s)	\hat{x}_i	$(x_i - \hat{x}_i)^2$	t_i^2	$(t_i - \bar{t})^2$
1	200	21	208.38	70.22	441	547.56
2	250	25	245.38	21.34	625	376.36
3	300	31	300.88	0.77	961	179.56
4	350	36	347.13	8.24	1296	70.56
5	400	42	402.63	6.92	1764	5.76
6	450	47	448.88	1.25	2209	6.76
7	500	51	485.88	199.37	2601	43.56
8	550	58	550.63	0.40	3364	184.96
9	600	64	606.13	37.58	4096	384.16
10	650	69	652.38	5.66	4761	605.16
	\bar{x} = 425	\bar{t} = 44.4	$\sum = 4248.3$	$\sum = 351.75$	$\sum = 22118$	$\sum = 2404.4$

Standard deviasi/kesalahan persamaan garis lurus pendekatan;

$$s_{x/t} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}{(n-2)}} = \sqrt{\frac{351,75}{(10-2)}} = 6,63 \text{ cm}$$

Standard deviasi/kesalahan penentuan koefisien kemiringan v ;

$$s_v = \frac{s_{x/t}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}} = \frac{6,63}{\sqrt{2404,4}} = 0,14 \text{ cm/s}$$

Standard deviasi/kesalahan penentuan titik potong x_0 ;

$$s_b = s_{x/t} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n t_i^2}{n(\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2)}} = 6,63 \sqrt{\frac{22118}{10(2404,4)}} = 6,36 \text{ cm}$$

Dengan demikian hasil perhitungan kecepatan dan posisi awal beserta kesalahannya dapat dituliskan sebagai;

Kecepatan gerak; $v \pm s_v = 9,2 \pm 0,1 \text{ cm/s}$

Posisi awal gerak; $s \pm s_{s_0} = 14 \pm 6 \text{ cm}$

Parameter pada metode regresi linier bisa didapatkan menggunakan bantuan microsoft excel dengan fungsi LINEST. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut;

1. Misalkan kita memiliki data posisi x (sebagai nilai y) dan data waktu t (sebagai nilai x) pada persamaan linier $y = a + bx$. Data waktu t terletak pada kolom B baris 2 sampai 11, sedangkan data posisi x terletak pada kolom C baris 2 sampai 11.
2. Pada kolom E baris ke 2 (anda bisa juga melakukan pada kolom dan baris yang lain) Tuliskan “=LINEST(C2:C11,B2:B11,TRUE,TRUE)” tanpa tanda petik “”, kemudian tekan enter pada keyboard. Seperti terlihat pada gambar P00.5

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	No	t	x					
2	1	21	200		=LINEST(C2:C11,B2:B11,TRUE,TRUE)			
3	2	25	250					
4	3	31	300					
5	4	36	350					
6	5	42	400					
7	6	47	450					
8	7	51	500					
9	8	58	550					
10	9	64	600					
11	10	69	650					
12								

Gambar P00.5

3. Blok kolom E baris 2 sampai 6 dan kolom F baris 2 sampai 6 (5 baris, 2 kolom). Kemudian klik pada bagian kotak fungsi “fx” atau tekan “F2” pada keyboard, dengan kondisi kolom E dan F masih terblok. Tekan CTRL+SHIFT+ENTER secara bersamaan, maka akan muncul angka pada cell yang diblok tadi. Perhatikan gambar P00.6 berikut.

	A	B	C	D	E	F
1	No	t	x			
2	1	21	200		9.253868	14.12826
3	2	25	250		0.135169	6.356961
4	3	31	300		0.998296	6.627962
5	4	36	350		4686.982	8
6	5	42	400		205898.6	351.439
7	6	47	450			
8	7	51	500			
9	8	58	550			
10	9	64	600			
11	10	69	650			
12						

Gambar P00.6

Keterangan nilai tersebut dapat dilihat pada tabel berikut

Baris/Kolom	E	F
2	Kemiringan b	Titik potong sumbu y a
3	Kesalahan b	Kesalahan a
4	Koefisien korelasi R^2	Kesalahan regresi linier
5	Nilai Fisher F	Derajat kebebasan
6	Jumlah kuadrat regresi	Jumlah kuadrat residu

G. Ketelitian dan Ketepatan

Suatu percobaan dikatakan memiliki ketepatan tinggi jika kesalahan sistematik percobaan tersebut kecil. Secara matematik ketelitian dan ketepatan suatu percobaan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{ketelitian} = \left(1 - \frac{\Delta x}{\bar{x}}\right) \times 100\% \quad (42)$$

$$\text{ketepatan} = \left(1 - \left|\frac{H - \bar{x}}{H}\right|\right) \times 100\% \quad (43)$$

dengan : H = harga seharusnya

\bar{x} = harga rata-rata hasil percobaan

Hasil percobaan yang baik harus sama-sama memiliki ketelitian dan ketepatan tinggi.

---oo0oo---

P01: PENGGUNAAN ALAT UKUR DASAR

A. Tujuan

1. Dapat menggunakan alat-alat ukur dasar panjang dan massa.
2. Dapat menentukan kesalahan pada pengukuran beserta penjarannya.

B. Alat-alat Ukur

1. Jangka sorong dengan skala nonius
2. Mikrometer sekrup
3. Timbangan

C. Bahan Praktikum

1. Silinder logam
2. Balok kayu kecil

D. Perangkat Lunak

1. Microsoft Excel
2. Microsoft Word

E. Teori Singkat

1. Jangka Sorong

Ada banyak macam jangka sorong, tapi pada dasarnya ada 3 jenis yaitu jangka sorong dengan skala putar, jangka sorong dengan skala nonius geser, dan jangka sorong digital.



(a)



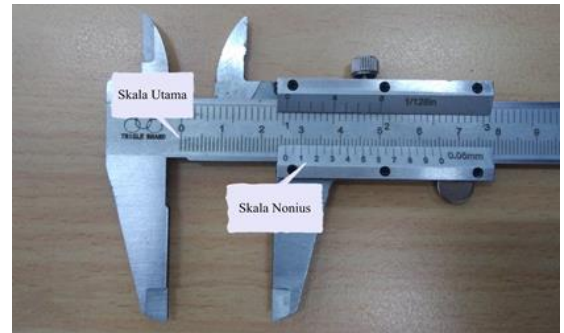
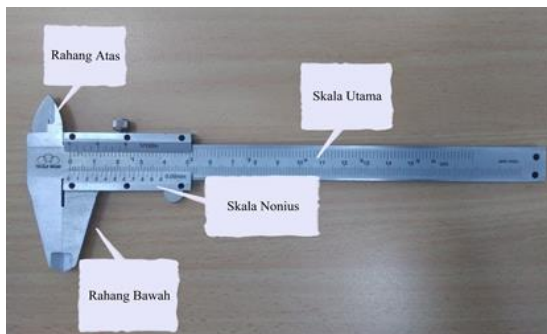
(b)



(c)

Gambar P01.1. Macam-macam jangka sorong dengan skala: (a) skala putar, (b) skala nonius geser, (c) digital. Sumber: *mitutoyo.com*

Jangka sorong memiliki bagian-bagian yaitu rahang atas, rahang bawah, skala utama, skala nonius dan pengukur kedalaman dapat dilihat pada gambar P01.2



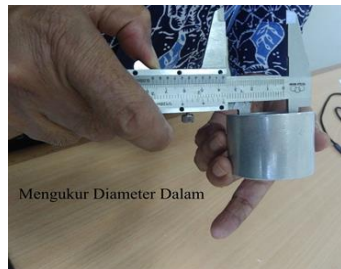
Gambar P01.2. Bagian-bagian Jangka Sorong

Fungsi jangka sorong ada 3 yaitu

1. Mengukur bagian luar suatu benda. Contoh: mengukur diameter luar silinder berongga (gambar P01.3a)
2. Mengukur bagian dalam suatu benda. Contoh: mengukur diameter dalam silinder berongga diameter (gambar P01.3b)
3. Mengukur kedalaman rongga. Contoh: mengukur kedalaman cangkir (gambar P01.3c)



(a)



(b)



(c)

Gambar P01.3. Fungsi Jangka Sorong

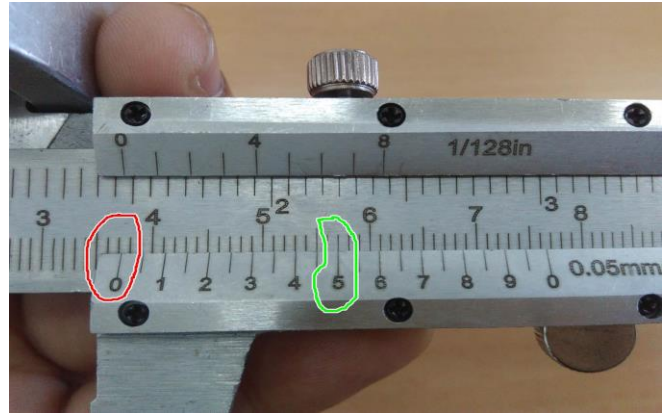
a. Cara Menggunakan Jangka Sorong dengan Skala Nonius

Perhatikan gambar P01.2. Pada skala utama, angka terbesar adalah 16 cm. Ini berarti batas ukur jangka sorong tersebut adalah 16 cm. Objek yang besarnya lebih dari 16 cm tidak dapat diukur memakai jangka sorong ini.

Perhatikan gambar P01.4. Nilai satu skala utama adalah 1 mm. sedangkan jumlah skala nonius adalah 20. Maka nilai satu skala nonius adalah:

$$\text{nilai 1 skala noius} = \frac{\text{nilai satu skala utama}}{20} = \frac{1 \text{ mm}}{20} = 0,05 \text{ mm} \quad (1)$$

Nilai 1 skala nonius ini tercantum di ujung kanan rahang bawah.



Gambar P01.4. Pengukuran silinder berongga dengan jangka sorong skala nonius geser

Perhatikan bahwa angka pada skala nonius menunjukkan nilai skala nonius di garis tersebut agar memudahkan pembacaan skala. Pada gambar P01.4(a) skala utama (dilingkupi garis merah) menunjukkan angka 3.7 cm, sedangkan skala nonius yang segaris dengan skala utama (dilingkupi garis hijau) adalah garis pada angka 5 (atau garis yang kesepuluh). Dengan demikian nilai skala nonius pada pengukuran ini adalah 0.5 mm ($10 \times 0,05 \text{ mm}$). Hasil satu kali pengukuran ini dituliskan sebagai :

$$(D \pm \Delta D) = (3,750 \pm 0,005) \text{ cm} \quad (2)$$

b. Cara Menggunakan Jangka Sorong dengan Skala Putar

Jangka Sorong dengan skala putar cara penggunaannya adalah sebagai berikut :



Gambar P01.5. Pengukuran uang logam 500 rupiah dengan jangka sorong skala putar

Pada gambar P01.5, besaran yang akan diukur adalah diameter dari uang logam 500 rupiah. Skala utama menunjukkan angka 2,7 cm, sedangkan skala nonius jumlah garisnya adalah 13. maka hasil pengukurannya adalah :

$$\begin{aligned}
 x &= \text{Skala Utama} + \text{Skala Putar} \\
 &= 2,7 \text{ cm} + (13 \text{ garis} \times 0,02) \text{ mm} \\
 &= 2,7 \text{ cm} + 0,26 \text{ mm} \\
 &= 2,7 \text{ cm} + 0,026 \text{ cm} \\
 &= 2,726 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Hasil Pengukuran Tunggal:

$$\begin{aligned}
 x \pm \Delta x \\
 (2,726 \pm 0,001)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Hasil Pengukuran uang logam 500 rupiah adalah $(2,726 \pm 0,001) \text{ cm}$

2. Mikrometer Sekrup

Mikrometer sekrup merupakan alat ukur dasar untuk mengukur panjang. Disebut mikrometer sekrup karena dapat memperkirakan ukuran objek sampai orde mikron (10^{-6} m). Mikrometer sekrup digunakan untuk mengukur ketebalan. Batas ukur mikrometer sekrup adalah 25 mm atau 2,5 cm. Bagian-bagian dari mikrometer sekrup adalah: 1. Rahang untuk menempatkan objek yang akan diukur, 2. Batang skala utama, dan 3. Batang skala putar, dapat dilihat pada gambar P01.6.



Gambar P01.6. Bagian-bagian dari Mikrometer Sekrup

Kalibrasi mikrometer sekrup adalah dengan memutar batang skala putar dengan kunci kalibrasi sehingga angka nol pada skala utama segaris dengan angka nol pada skala putar.

a. Menentukan NST dari Mikrometer Sekrup

Perhatikan Gambar P01.7. Jika batang skala putar diputar satu kali putaran, maka dia akan bergeser sebesar 0.5 mm. Karena dalam satu putaran terdapat 50 skala putar, maka nilai satu skala putar adalah:

$$\text{NST} = 0,5 \text{ mm} / 50 = 0,01 \text{ mm}
 \tag{4}$$

Ketidakpastian pada pengukuran tunggal adalah : 0,005 mm.



Gambar P01.7 Menentukan NST dari mikrometer sekrup

b. Cara Membaca Hasil Pengukuran Pada Mikrometer Sekrup

Pada gambar P01.8 ketebalan balok diukur dengan menggunakan mikrometer sekrup.



Gambar P01.8 Mengukur ketebalan balok dengan mikrometer sekrup

Skala utama menunjukkan angka adalah 9,5 lebih, sedangkan skala putar menunjuk pada daerah diantara garis ke 29 dan ke 30. Tebal balok dapat dilaporkan sebagai:

$$x = (9,5 + 29 \times 0,01 + 0,004) \text{ mm} = 9.794 \text{ mm} \quad (5)$$

Perhatikan bahwa angka 4 pada pengukuran ini merupakan perkiraan. Jadi ukuran tebal balok tersebut tidak tepat 9,79 mm, tapi ada lebihnya yang diperkirakan sebesar 0,004 mm, atau 4 mikron. Dengan demikian hasil pengukuran ini dilaporkan sebagai:

$$(x \pm \Delta x) = (9,794 \pm 0,005) \text{ mm} \quad (6)$$

3. Neraca 1 Lengan

Neraca 1 lengan merupakan salah satu alat ukur dasar untuk mengukur massa benda. Neraca 1 lengan yang digunakan pada praktikum ini adalah neraca merk OHAUS.

Bagian-bagian dari neraca lengan adalah 1. Bol kalibrasi, 2. Pan Support, dan 3. Lengan massa.

Neraca OHAUS ini memiliki 4 lengan. Batas ukurnya adalah 311 gram, nilai skala terkecil 0,01 gram. Yang harus diperhatikan adalah nomor seri pada neraca ohaus harus sama antara neraca dengan Pan Support nya.

Proses kalibrasi neraca ohaus adalah dengan memutar bol kalibrasi (lihat gambar P01.9), sehingga jarum penunjuk tepat menunjuk pada angka nol. Kesalahan (Δx) pada neraca ohaus pada pengukuran tunggal adalah:

$$\Delta x = \frac{1}{2} \times NST \quad (7)$$



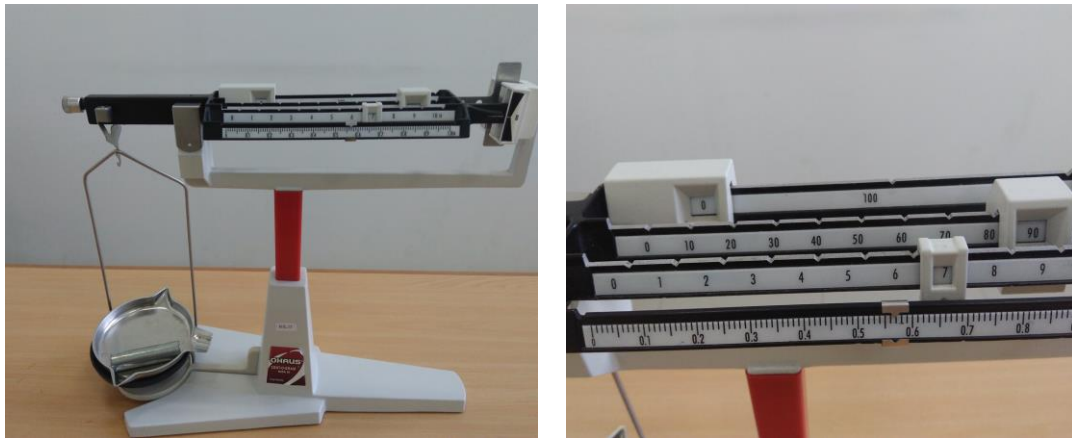
Gambar P01.9. Bagian-bagian Neraca

a. Cara Membaca Hasil Timbangan Pada Neraca Ohaus

Pada Neraca O'Haus ini ada 4 skala, dari yang kasar sampai yang terhalus:

- 0 – 200 gram
- 0 – 100 gram
- 0 – 10 gram
- 0 – 1 gram

Nilai skala terkecil adalah 0,01 gram. Tiga skala pertama bersifat pasti (hanya menunjukkan satu angka), sedangkan skala yang ke-empat, yang terhalus bersifat analog.



Gambar P01.10. Menimbang silinder pejal dengan neraca ohaus

Perhatikan gambar P01.10. Objek yang akan ditimbang ditempatkan pada “pan support”. Atur posisi pembebanan mulai dari yang kasar sampai yang halus sehingga posisi jarum timbangan ada di titik nol.

Pada contoh penimbangan ini didapatkan pembacaan skala (dari yang terkasar sampai terhalus):

- a. 0 gram
- b. 90 gram
- c. 7 gram
- d. 0.568 gram

Dengan demikian dapat dilaporkan hasil pengukuran:

$$x = (0 + 90 + 7 + 0,5 + 0,068) \text{ g} = 97,568 \text{ g} \quad (8)$$

$$(x \pm \Delta x) = (97,568 \pm 0,005) \text{ g} \quad (9)$$

F. Langkah-Langkah Percobaan

1. Percobaan P01.1

1. Siapkan jangka sorong, mikrometer sekrup, neraca 1 lengan dan balok kayu
2. Timbanglah balok kayu dengan neraca ohaus satu kali ulangan
3. Ukurlah panjang dan lebar balok kayu dengan jangka sorong, masing-masing sebanyak 8 kali pada posisi yang berbeda
4. Ukurlah tebal balok kayu dengan mikrometer sekrup sebanyak 8 kali pada posisi yang berbeda.
5. Catat hasil pengukuran pada tabel yang tersedia
6. Lengkapi tabel-tabel tersebut dengan menggunakan rumus-rumus:

$$V = p \times l \times t; \quad (10)$$

$$\Delta V = \sqrt{(\bar{l} \times \bar{t})^2 \times (\Delta p)^2 + (\bar{p} \times \bar{t})^2 \times (\Delta l)^2 + (\bar{p} \times \bar{l})^2 \times (\Delta t)^2} \quad (11)$$

$$\rho = \frac{m}{V}; \Delta \rho = \sqrt{\left(\frac{1}{V}\right)^2 \times (0,9 \times \Delta m)^2 + \left(\frac{m}{V^2}\right)^2 \times (\Delta V)^2} \quad (12)$$

Tabel P01.1a. Hasil pengukuran dimensi panjang pada balok kayu

Ulangan	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
1			
...			
8			
	$\bar{p} =$	$\bar{l} =$	$\bar{t} =$
	$\Delta p =$	$\Delta l =$	$\Delta t =$

Tabel P01.1b. Hasil Pengukuran massa, perhitungan volume dan perhitungan rapat massa balok kayu

Massa (gram)		Volume (cc)		Rapat Massa (g/cc)	
m	Δm	V	ΔV	ρ	$\Delta \rho$

2. Percobaan P01.2

1. Siapkan jangka sorong, neraca 1 lengan dan silinder aluminium
2. Timbanglah silinder aluminium dengan neraca ohaus satu kali ulangan
3. Ukurlah panjang dan diameter silinder dengan jangka sorong, masing-masing sebanyak 8 kali pada posisi yang berbeda
4. Catat hasil pengukuran pada tabel yang tersedia
5. Lengkapi tabel-tabel tersebut dengan menggunakan rumus-rumus:

$$V = \frac{\pi l D^2}{4}; \Delta V = \sqrt{\left(\frac{\pi}{4} D^2 \times \Delta l\right)^2 + \left(\frac{\pi}{2} l D \times \Delta D\right)^2} \quad (13)$$

$$\rho = \frac{m}{V}; \Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{1}{V}\right)^2 \times (0,9 \times \Delta m)^2 + \left(\frac{m}{V^2}\right)^2 \times (\Delta V)^2} \quad (14)$$

Tabel P01.2a. Hasil pengukuran dimensi panjang pada silinder aluminium

Ulangan	Panjang (cm)	Diameter (cm)
1		
...		
8		
	$\bar{p} =$	$\bar{D} =$
	$\Delta p =$	$\Delta D =$

Tabel P01.2b. Hasil Pengukuran massa, perhitungan volume dan perhitungan rapat massa silinder aluminium

Massa (gram)		Volume (cc)		Rapat Massa (g/cc)	
m	Δm	V	ΔV	ρ	$\Delta\rho$

---oo0oo---

P02: VEKTOR

A. Tujuan

1. Dapat menyelesaikan penjumlahan gaya-gaya
2. Dapat menjelaskan prinsip kesetimbangan gaya-gaya

B. Alat-alat

Seperangkat peralatan Percobaan Mekanika Tipe Panel dari Puduk Tipe PMK360

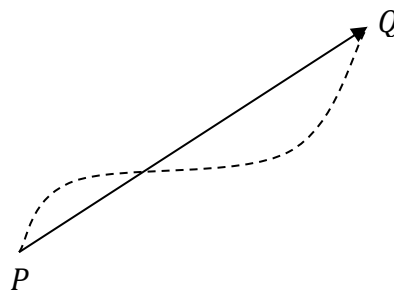
C. Perangkat Lunak

Microsoft Excel
Microsoft Word

D. Teori Singkat

1. Skalar dan Vektor

Besaran skalar adalah besaran fisika yang hanya mempunyai besar saja sedangkan besaran vektor adalah besaran fisika yang selain mempunyai besar juga mempunyai arah. Gaya, perpindahan, kecepatan dan percepatan merupakan contoh besaran vektor. Tinjau sebuah partikel berpindah dari posisi P ke posisi Q , perpindahan dapat dinyatakan sebagai anak panah dari P ke Q (lihat gambar P02.1). Jejak lintasan partikel itu sendiri tidak harus merupakan garis lurus dari P ke Q . Anak panah hanya menggambarkan hasil gerak secara keseluruhan dan bukan gerakan sesungguhnya. Garis putus-putus berliku dari P ke Q pada Gambar P02.1 menunjukkan lintasan gerak dari partikel tersebut. Jadi panjang lintasan yang ditempuh partikel tersebut merupakan besaran skalar, sedangkan perpindahan merupakan besaran vektor. perpindahan.

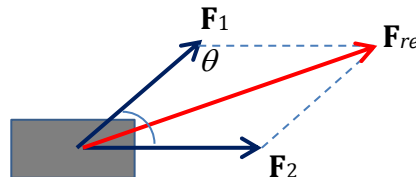


Gambar P02.1 Perpindahan dan lintasan gerak suatu partikel.

2. Penjumlahan dua vektor

Jika pada suatu benda bekerja dua gaya \mathbf{F}_1 dan \mathbf{F}_2 maka resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut digambarkan sebagai \mathbf{F}_{res} seperti terlihat pada Gambar P02.2. Besar vektor \mathbf{F}_{res} dapat dihitung melalui persamaan:

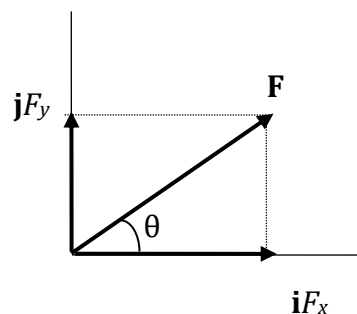
$$F_{res} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta} \quad (1)$$



Gambar P02.2. Penjumlahan vektor-vektor \mathbf{F}_1 dan \mathbf{F}_2 .

3. Penguraian Vektor

Sebuah vektor dapat diuraikan atas komponen-komponennya. Pada Gambar P02.3 vektor \mathbf{F} diuraikan atas komponen-komponennya pada sumbu-x dan sumbu-y.



Gambar P02.3. Penguraian vektor \mathbf{F} atas komponen-komponennya. Vektor-vektor \mathbf{i} dan \mathbf{j} adalah vektor-vektor satuan, berturut-turut pada sumbu x dan y.

Dari gambar P02.3 jelas terlihat:

$$F_x = F \cos \theta \quad F_y = F \sin \theta \quad F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (2)$$

4. Penjumlahan Vektor Metoda Analitik

Metoda geometris dan perhitungannya dengan metoda jajaran genjang akan sulit diterapkan untuk kasus penjumlahan lebih dari dua vektor apalagi dalam ruang tiga dimensi, metoda analitik dapat menyelesaikan hal ini dengan baik.

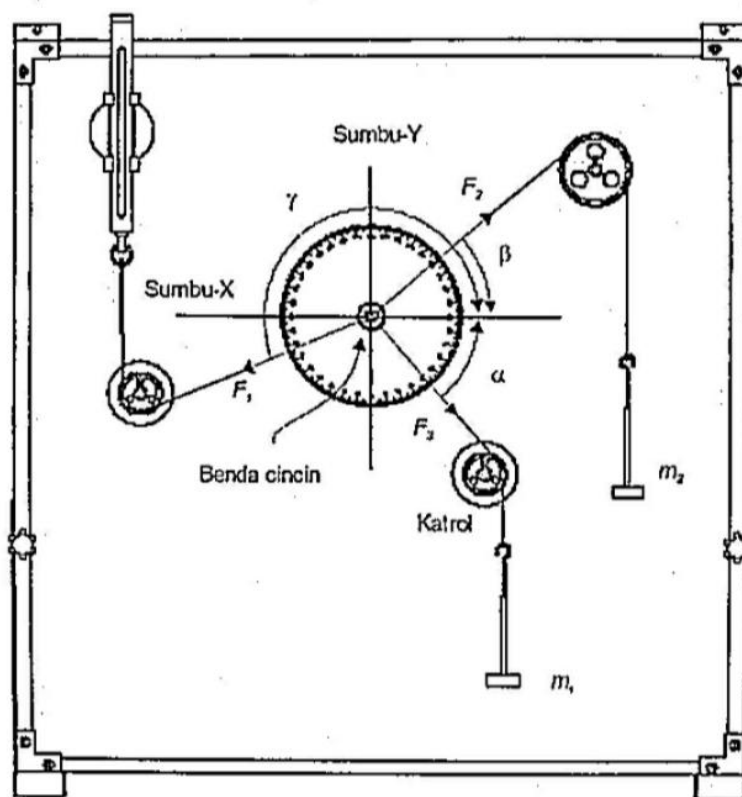
Marilah kita tinjau sekarang penjumlahan vektor secara analitis. Misalkan vektor \mathbf{F}_{res} merupakan penjumlahan dari dua buah vektor \mathbf{F}_1 dan \mathbf{F}_2 yang terletak pada bidang x - y . Sesuai dengan aturan penjumlahan vektor didapatkan:

$$\mathbf{r} = \mathbf{a} + \mathbf{b} \quad r_x = a_x + b_x \quad r_y = a_y + b_y \quad (3)$$

dengan
$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} \quad \text{dan} \quad \tan \theta = \frac{r_y}{r_x} \quad (4)$$

Penguraian dan penjumlahan vektor secara analitik dapat dikembangkan untuk kasus penjumlahan banyak gaya.

E. Langkah-langkah Percobaan



Gambar P02.4 Mencari resultan dua gaya (sumber : Pudak Scientific)

1. Atur peralatan seperti Gambar P02.4. sedemikian rupa sehingga pada benda cincin bekerja 3 gaya sembarang \mathbf{F}_1 , \mathbf{F}_2 dan \mathbf{F}_3 , dan setimbang pada titik tengah busur derajat
2. Atur busur derajat sedemikian rupa sehingga garis hubung sudut 0 dan 180 pada skala pada posisi horizontal. Sebaiknya digunakan bantuan bidang miring dan tali penyipat tegaknya untuk pengaturan ini.
3. Atur dan buat sudut α , β dan γ cukup besar sedemikian rupa sehingga dapat diukur dengan akurat.

4. Coba mengurangi pengaruh gesekan dengan menarik salah satu beban dan kemudian melepaskannya lagi.
5. Baca sudut α , β dan γ pada busur derajat dan baca besar gaya \mathbf{F}_s pada neraca pegas. Catat hasil yang didapatkan.
6. Catat m_1 dan m_2 . dan hitung besar F_1 dan F_2 dengan menggunakan persamaan $F = mg$ (ambil $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).
7. Dengan menggunakan data di atas, gambarkan gaya \mathbf{F}_1 , \mathbf{F}_2 dan \mathbf{F}_s , dengan menganggap gaya \mathbf{F}_1 , \mathbf{F}_2 dan \mathbf{F}_s adalah gaya yang setitik tangkap. Besar (panjang) gaya \mathbf{F}_1 , \mathbf{F}_2 dan \mathbf{F}_s haruslah dibuatsebanding dengan nilai-nilai yang didapat pada pengukuran di atas.
8. Gambar resultan gaya $\mathbf{F}_{res} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$ (menggunakan metoda jajaran genjang).
9. Periksalah apakah besar \mathbf{F}_{res} sama dengan besar \mathbf{F}_s baik secara perhitungan maupun secara geometris.
10. Ulangi langkah 2 sampai 9 beberapa kali dengan menggunakan m_1 dan m_2 yang lain.

---oo0oo---

P03: GLB DAN GLBB

A. Tujuan

1. Dapat menentukan kecepatan pada gerak lurus beraturan.
2. Dapat menentukan percepatan pada gerak pada gerak lurus berubah beraturan.

B. Peralatan

1. Mesin atwood 1 set
2. Beban bercelah 5 buah
3. Gerbang cahaya 2 buah
4. Pencacah Waktu AT-01
5. Dinamic Car
6. Penggaris
7. Papan almunium
8. Statif 3 buah
9. Penahan beban

C. Teori Singkat

1. Gerak Lurus Beraturan

Pada gerak lurus beraturan benda akan bergerak dengan kecepatan konstan. Dalam hal ini hubungan antara posisi dan waktu dapat dituliskan sebagai:

$$\Delta x = x_t - x_0 = vt \quad (1)$$

dengan

x_t adalah posisi pada saat t

x_0 adalah posisi awal

v adalah kecepatan

t adalah waktu

Jika dibuat kurva Δx terhadap t akan didapatkan sebuah garis lurus. Kecepatan dapat ditentukan sebagai kemiringan kurva tersebut.

2. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Pada gerak lurus berubah beraturan benda akan bergerak dengan kecepatan yang berubah secara teratur. Dalam hal ini hubungan antara kecepatan dan waktu dapat dituliskan sebagai:

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

dengan

v_t adalah kecepatan pada saat t

v_0 adalah kecepatan awal

a adalah percepatan

t adalah waktu

Hubungan antara jarak yang ditempuh dan waktu dapat dituliskan sebagai:

$$\Delta x = x_t - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (3)$$

Jika persamaan (3) dibagi dengan t akan didapatkan persamaan:

$$\frac{\Delta x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} at \quad (4)$$

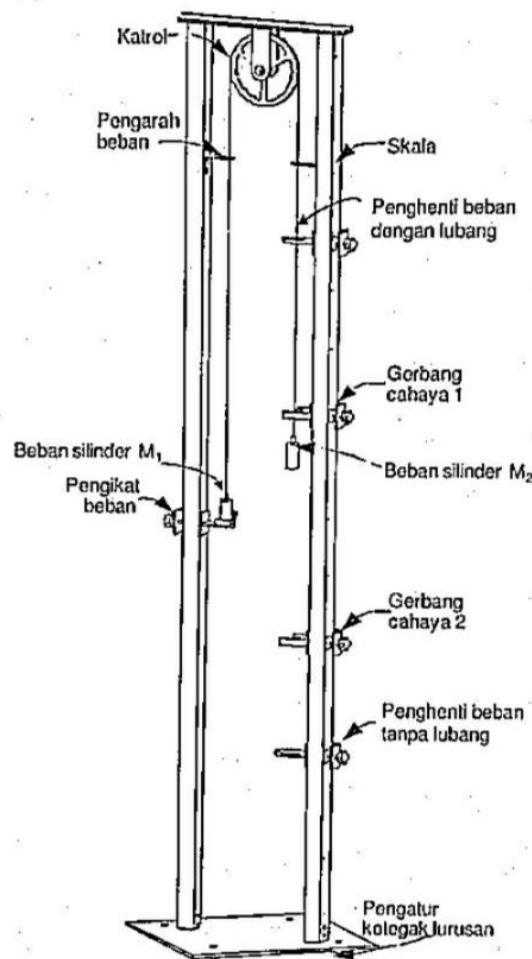
Jika dibuat kurva $\Delta x/t$ terhadap $\frac{1}{2}t$ akan didapatkan sebuah garis lurus. Percepatan dapat ditentukan sebagai kemiringan kurva tersebut dan kecepatan awal merupakan titik potong kurva dengan sumbu tegak.

D. Langkah-Langkah Percobaan

1. Percobaan Gerak Lurus Beraturan (GLB)

1. Setting alat mesin atwood seperti gambar P03.1
2. Hubungkan gerbang cahaya 1 dan 2 dengan panel bagian belakang pada Pewaktu pencacah AT-01
3. Nyalakan Pencacah Waktu dan Atur fungsi Pencacah Waktu pada *TIMING II* dengan cara menekan tombol *FUNCTION* sampai lampu indikator merah berada pada *TIMING II*.
4. Atur agar beban M_2 berada pada skala 20 cm dengan mengatur tinggi pemegang beban.
5. Aturlah peralatan berikut :
 - Penghenti beban berlubang berada pada skala 45 cm (10 cm dari M_2)
 - Gerbang Cahaya 1 pada skala 55 cm. Catat nilai ini sebagai x_0 .

- Gerbang Cahaya 2 pada skala 60cm. Catat nilai ini sebagai x_t .
- 6. Tekan tombol *FUNCTION* untuk mengembalikan nilai waktu ke 0
- 7. Tambahkan 5 beban bercelah (m) pada M_2 .
- 8. Lepaskan M_1 dengan menekan pegas sehingga M_1 akan bergerak ke atas, sedangkan M_2 akan bergerak ke bawah. Pada saat melewati penghenti berlubang, beban bercelah akan tersangkut di sana sehingga sistem akan bergerak lurus beraturan dan M_2 akan berhenti saat menyentuh penghenti beban tanpa lubang.
- 9. Pada Pencacah Waktu diperoleh 1 data waktu yang tampil dilayar. Catat nilai waktu pada tabel P03.1
- 10. Kembalikan posisi M_1 dan M_2 seperti semula, dengan M_1 pada pemegang beban, kemudian tekan tombol *FUNCTION* pada Pencacah Waktu untuk mengembalikan nilai waktu ke angka 0 (*reset to zero*)
- 11. Geser posisi gerbang cahaya 2 sebesar 5 cm ke bawah.
- 12. Ulangi langkah 5 sampai 11 hingga jarak antara gerbang cahaya 1 dan 2 sebesar 50 cm. Catat jarak tersebut sebagai x pada tabel P03.1



Gambar P03.1. Kelengkapan dan setting Mesin Atwood (sumber : Puduk Scientific)

Tabel P03.1

No.	x_0 (m)	x_t (m)	Δx (m)	t (s)	v (m/s)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

2. Percobaan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

1. Setting alat mesin atwood seperti gambar P03.1 tetapi tidak menggunakan penghenti beban dengan lubang.
2. Hubungkan gerbang cahaya 1 dan 2 pada panel dibagian belakang Pewaktu Pencacah.
3. Nyalakan Pencacah Waktu AT-01 dan atur pada *TIMING II* dengan menekan tombol *FUNCTION* sampai lampu indikator berada di *TIMING II*.
4. Tempatkan peralatan berikut :
 1. Beban M_2 pada skala 30 cm (bagian bawah silinder M_2 tepat di 30 cm).
 2. Gerbang cahaya 1 pada skala 50 cm. Catat nilai ini sebagai x_0 .
 3. Gerbang cahaya 2 pada skala 55 cm. Catat nilai ini sebagai x_t .
5. Tekan tombol *FUNCTION* untuk mengembalikan nilai waktu ke 0.
6. Lepaskan M_1 dengan menekan pegas, sehingga M_1 akan bergerak ke atas, sedangkan M_2 akan bergerak ke bawah dan berhenti saat menyentuh penghenti beban tanpa lubang.
7. Catat nilai waktu yang tampil pada Pencacah Waktu pada tabel P03.2

8. Kembalikan posisi M1 dan M2 seperti semula, dengan M1 pada pemegang beban, kemudian tekan tombol *FUNCTION* pada Pewaktu Pencacah untuk mengembalikan nilai waktu ke angka 0 (*reset to zero*).
9. Geser posisi gerbang cahaya 2 sebesar 5 cm ke bawah.
10. Ulangi langkah 5 – 9 sehingga jarak antara gerbang cahaya 1 dan 2 sebesar 50 cm.

Tabel P03.2

No.	x_0	x_t	t	$\Delta x/t$	$\frac{1}{2}t$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Dari tabel P03.2 dapat dibuat kurva $\Delta x/t$ terhadap $\frac{1}{2}t$. Percepatan dapat ditentukan sebagai kemiringan kurva tersebut dan kecepatan awal merupakan titik potong kurva dengan sumbu tegak.

---oo0oo---

P04: Hukum Newton Sistem Dua Benda

A. Tujuan

Mampu menentukan momen inersia benda secara teoretis, menentukan besar percepatan gerak sistem dua benda baik secara teori maupun secara eksperimen, membandingkan keduanya dan memberikan ulasan tentang kedua hasil tersebut.

B. Alat-alat

1. Seperangkat jalur gerak aluminium lengkap dengan kereta dinamik (Pascar), katrol dan beban-beban tambahan
2. Sensor-sensor gerak

C. Perangkat Lunak

1. Microsoft Excel
2. Microsoft Word
3. Coach 7 lite

D. Teori Singkat

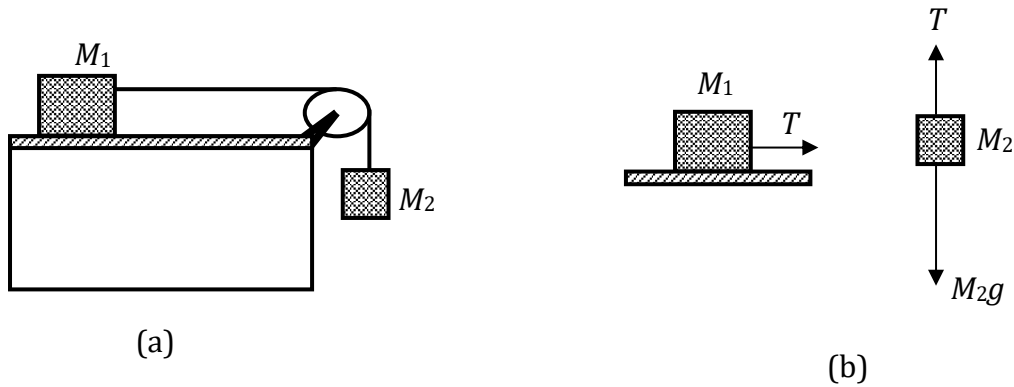
Hukum kedua Newton dapat dituliskan sebagai berikut:

Sebuah benda yang dikenai resultan gaya F_r akan mengalami percepatan yang besarnya berbanding lurus dengan besar resultan gaya tersebut dan berbanding terbalik dengan massa benda, sedangkan arah percepatan benda searah dengan arah resultan gaya.

Bentuk ini dapat dinyatakan sebagai persamaan sederhana:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{F}_r}{m} = \frac{\sum \mathbf{F}}{m} \quad (1)$$

Dalam praktikum ini akan kita terapkan hukum kedua Newton tersebut untuk kasus khusus dua buah benda yang dihubungkan dengan tali melalui sebuah katrol seperti Gambar P04.1.(a) Gesekan-gesekan, massa katrol dan massa tali diabaikan. Untuk menyelesaikan kasus ini tinjau gaya-gaya yang bekerja pada masing-masing benda seperti pada gambar P04.1.(b).



Gambar P04.1 (a) Dua buah benda dihubungkan dengan tali melalui sebuah katrol.

P04.1 (b) Diagram gaya yang bekerja pada masing-masing benda.

Dengan memakai Hukum Kedua Newton untuk masing-masing benda didapatkan dua persamaan:

$$T = M_1 a \quad (2)$$

$$M_2 g - T = M_2 a \quad (3)$$

Dengan menjumlahkan persamaan (2) dan (3) didapatkan persamaan:

$$M_2 g = (M_1 + M_2) a \quad (4)$$

Dengan demikian didapatkan nilai percepatan gerak sistem adalah:

$$a = \frac{M_2}{(M_1 + M_2)} g \quad (5)$$

Jika M_1 , M_2 , dan g diketahui, maka persamaan (5) dapat digunakan untuk menghitung percepatan gerak sistem secara teoretis.

Untuk mendapatkan percepatan gerak sisten secara eksperimen, beban M_1 diamati geraknya dengan menggunakan sensor gerak sehingga didapatkan data posisi terhadap waktu.

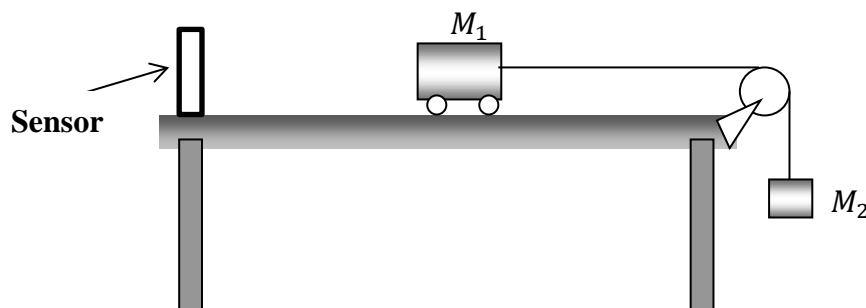
Jika pengamatan dimulai sejak benda mulai bergerak, maka persamaan gerak benda adalah:

$$x = \frac{1}{2} a t^2 \quad (6)$$

Dengan demikian percepatan a merupakan kemiringan kurva x terhadap $\frac{1}{2} t^2$.

E. Langkah-Langkah Percobaan

1. Timbanglah (satu kali) massa silinder dan massa pascar dengan menggunakan Neraca.
2. Susunlah alat seperti gambar P04.1
3. Benang dengan panjang 60 cm diikatkan pada beban dan PasCar
4. Hubungkan sensor jarak dengan laptop
5. Buka piranti lunak CME dan pilih e-motion atau buka projec yang sudah ada pada saat instalasi CME
6. Letakkan sensor jarak pada jarak 80 cm dari PasCar
7. Gantungkan beban 10 gram
8. Tarik PasCar hingga sensor membaca pada range jarak 20 cm s/d 25 cm, dan tahan
9. Tekan tombol play pada CME
10. Lepaskan PasCar sampai ke penghenti
11. Tekan tombol stop pada CME, hasilnya akan terlihat dalam bentuk grafik dan data dapat di salin ke Microsoft Exel
12. Lakukan langkah 7 sampai 11 dengan mengganti beban dengan variasi beban 20 gram, 30 gram, 40 gram dan 50 gram



Gambar P04.2 Pascar bermassa M pada bidang horizontal dihubungkan dengan beban m melalui sebuah katrol.

1. Pengolahan Data

- 1) Perhitungan percepatan secara teori dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (5)
- 2) Perhitungan percepatan secara eksperimen dapat dilakukan dengan menggunakan kurva x terhadap $\frac{1}{2}t^2$. (akan dijelaskan secara terperinci oleh asisten)

Tabel P04.2a Penentuan percepatan.

M_1 (gram)	M_2 (gram)	g (m/s ²)	a_{teori} (m/s ²)	a_{exp} (m/s ²)
		9.8		
		9.8		
		9.8		
		9.8		
		9.8		

---oo0oo---

P05: GESEKAN STATIK

A. Tujuan

1. Dapat menentukan koefisien gesekan statis.

B. Alat-alat

1. Seperangkat peralatan Percobaan Mekanika Tipe Panel dari Puduk Tipe PMK360 terdiri dari papan percobaan, balok gesek bidang miring, beban bercelah dan penggantung beban, neraca pegas, penjepit kertas, katrol-katrol dan tali nilon.
2. Neraca O'Hauss

C. Perangkat Lunak

1. Microsoft Excel
2. Microsoft Word

D. Teori Singkat

1. Gaya Gesekan

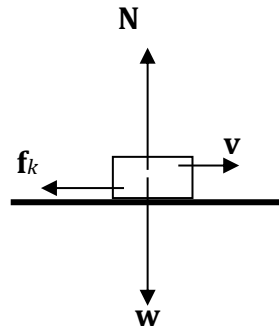
Gaya gesekan adalah gaya yang bekerja pada dua permukaan benda yang bersentuhan. Ada dua jenis gaya gesekan, yaitu gaya gesekan kinetik dan gaya gesekan statik. Gaya gesekan kinetik muncul karena dua permukaan yang bersentuhan bergerak relatif satu terhadap yang lain, sedangkan gaya gesekan statik muncul karena adanya kecenderungan gerak satu permukaan terhadap yang lainnya.

2. Gaya Gesekan Kinetik

Perhatikan gambar P05.1. Sebuah balok sedang bergerak ke kanan di atas bidang horizontal yang tidak licin. Maka pada balok akan ada gaya gesekan kinetik yang arahnya berlawanan dengan arah gerak balok tersebut. Besar gaya gesekan kinetik berbanding lurus dengan besar gaya normal, sehingga dapat dituliskan:

$$f_k = \mu_k N \quad (1)$$

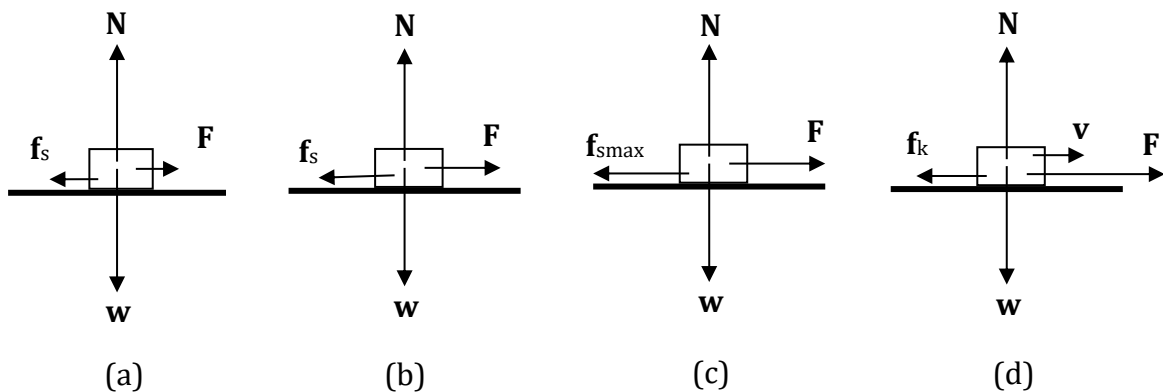
dengan f_k adalah besar gaya gesekan kinetik, μ_k adalah koefisien gesekan kinetik dan N adalah gaya normal.



Gambar P05.1. Balok yang sedang bergerak di atas permukaan bidang datar mendapat gaya gesekan kinetik yang arahnya berlawanan dengan arah gerak balok.

3. Gaya Gesekan Statik

Gaya gesekan statik muncul dari interaksi dua permukaan yang bersentuhan karena adanya kecenderungan pergeseran antara kedua permukaan tersebut. Sifat gaya gesekan ini mempertahankan agar kedua permukaan yang bersentuhan tidak bergeser satu sama lain.



Gambar P05.2. Balok berada di atas permukaan lantai ditarik ke kanan oleh gaya F .

Tinjau balok berada di atas permukaan lantai ditarik ke kanan oleh gaya F seperti pada gambar P05.2. Besar gaya F divariasikan mulai dari kecil sekali sampai besar sehingga akhirnya balok bergerak. Gambar 5.2 (a) menunjukkan bahwa ketika F sangat kecil, balok tidak bergerak. Berarti gaya gesekan statik f_s mengimbangi F , sehingga $f_s = F$. Gambar P05.2. (b): menunjukkan bahwa ketika F diperbesar, ternyata balok belum juga bergerak. Keadaan ini sama dengan keadaan (a): $f_s = F$. Gambar P05.2 (c) menunjukkan bahwa jika F diperbesar terus, suatu ketika terdapat keadaan balok sudah hampir bergerak. Balok tetap dalam setimbang, akan tetapi gaya gesekan sudah hampir tidak dapat mengimbangi gaya F . Dalam keadaan ini gaya gesekan statik sudah mencapai harga maksimumnya. $f_s = f_{smax} = F$. Harga maksimum gaya gesekan statik

ini berbanding lurus dengan gaya normal yang bekerja pada balok sehingga dapat dirumuskan:

$$f_s \leq f_{smax} = \mu_s N \quad (2)$$

Gambar P05.2 (d) menunjukkan bahwa jika besar gaya **F** melebihi besar gaya gesekan statik maksimum maka balok akan bergerak dan dalam ini gaya gesekan yang bekerja merupakan gaya gesekan kinetik.

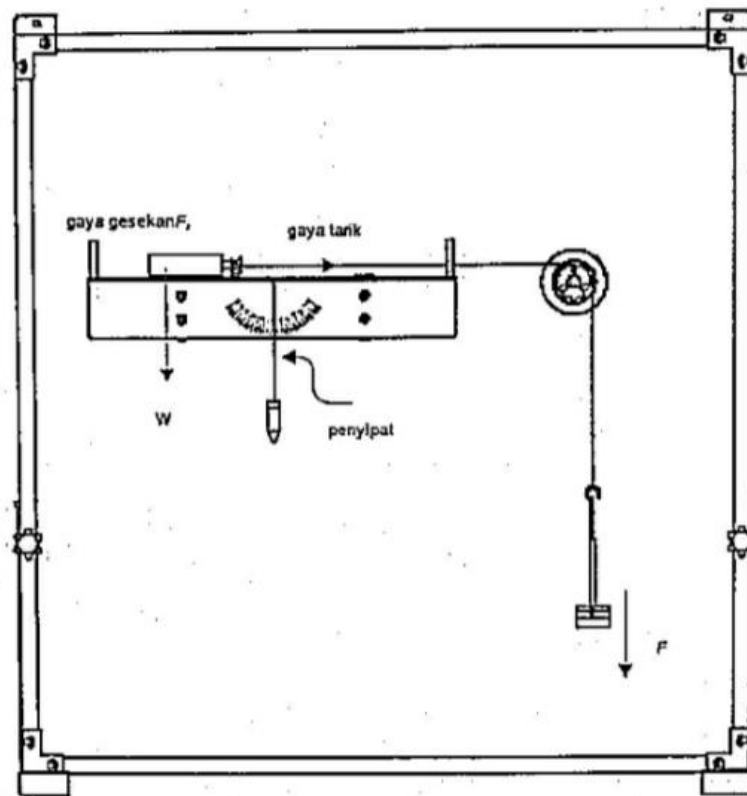
Koefisien gesekan statik dapat ditentukan melalui percobaan seperti pada gambar P05.3. Jika pada keadaan tersebut balok sudah hampir bergerak, berarti gaya gesekan statik maksimum sudah tercapai. Jika massa beban di kanan diketahui maka didapatkan persamaan:

$$f_{smax} = \mu_s m_b g; \quad F = M_t g; \quad f_{smax} = F \quad (3)$$

dengan m_b adalah massa balok dan M_t adalah massa seluruh beban di bagian kanan. Dengan demikian didapatkan:

$$\mu_s = \frac{M_t}{m_b} \quad (4)$$

E. Langkah-Langkah Percobaan



Gambar P05.3. Pengaturan alat untuk penentuan koefisien gesekan (sumber : Puduk Scientific)

1. Timbang massa balok gesekan dengan menggunakan neraca O’Hauss, dan catat hasilnya sebagai m_b .
2. Timbang massa penggantung beban dengan menggunakan neraca O’Hauss, dan catat hasilnya sebagai m_0 .
3. Timbang beban-beban bercelah dengan menggunakan neraca O’Hauss, dan catat hasilnya sebagai m_c .
4. Timbang sejumlah n penjepit kertas dengan menggunakan neraca O’Hauss dan catat hasilnya sebagai M_n . Massa sebuah penjepit kertas dapat ditentukan melalui persamaan: $m_p = M_n/n$
5. Diberikan balok dengan empat macam permukaan yang berbeda-beda, yaitu karet, kayu, plastik, dan kaca. Periksa keempat permukaan tersebut.
6. Rangkailah alat percobaan seperti pada gambar P05.3, letakkan bidang miring dalam keadaan horizontal. Mulailah dengan permukaan karet balok gesek bersentuhan dengan bidang miring. Jadi, pada percobaan ini terjadi persentuhan antara permukaan karet dan permukaan aluminium bidang miring.

7. Gunakan tali penyipat tegak untuk meyakinkan bahwa bidang miring ada dalam keadaan horizontal.
8. Atur posisi katrol sedemikian rupa sehingga tali sejajar dengan permukaan bidang miring.
9. Pasang beban bercelah secukupnya pada penggantung massa sedemikian rupa sehingga balok gesekan hampir bergerak ke kanan. Untuk mengetahui hal ini, berilah balok dorongan sedikit saja ke kanan. Bila balok bergerak ke kanan kurang lebih dengan kecepatan tetap, berarti balok hampir bergerak ke kanan.
10. Tambahkan penjepit kertas satu persatu secara hati-hati sampai akhirnya balok bergerak. Ini berarti bahwa tambahan penjepit kertas yang terakhir menyebabkan gaya tegangan tali melebihi gaya gesekan statik maksimumnya.
11. Hitung massa semua beban (penggantung massa, beban-beban bercelah, penjepit kertas) tanpa mengikutsertakan penjepit beban yang terakhir dan catat sebagai M_t
12. Hitunglah koefisien gesekan statik dengan menggunakan persamaan (4)
13. Ulangi percobaan ini dengan memakai permukaan yang lain (kayu, plastik dan kaca).

---oo0oo---

P06: HUKUM ARHIMEDES

A. Tujuan

Mahasiswa

1. mampu menentukan massa jenis dari suatu bahan dengan melakukan pengukuran massa dan volume secara langsung
2. menentukan massa jenis dari suatu bahan dengan menggunakan hukum Archimedes.

B. Peralatan dan Bahan

1. Neraca satu lengan
2. Silinder logam (Besi, kuningan, dan kaca)
3. Balok (bahan kayu dan kaca)

C. Perangkat lunak

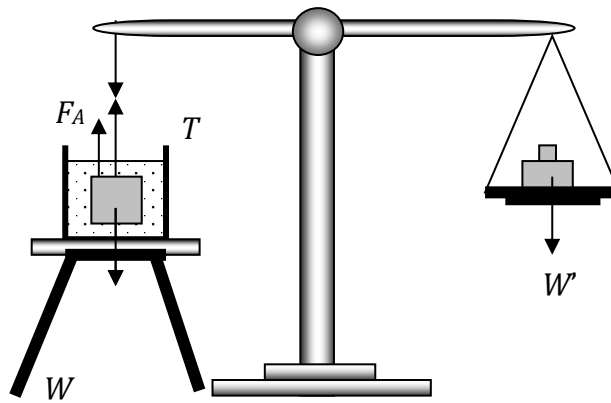
1. Microsoft Word
2. Microsoft Exel

D. Teori Singkat

Hukum Archimedes menyatakan bahwa benda padat yang ditenamkan ke dalam zat cair akan mendapatkan gaya apung yang besarnya sama dengan zat cair yang dipindahkan. Prinsip ini dapat digunakan untuk menentukan kerapatan suatu zat terutama pada benda yang tidak teratur bentuknya sehingga kita tidak dapat menentukan volume benda secara langsung. Dalam hal ini ada dua kasus:

1. Rapat massa benda lebih besar dari rapat massa zat cair

Perhatikan gambar P06.1. Sebuah benda yang beratnya $W = mg$ digantungkan pada salah satu lengan neraca dan ditenamkan dalam zat cair. Pada lengan neraca yang lain ditaruh anak timbangan dengan berat $W' = m'g$, sehingga neraca dalam keadaan setimbang.



Gambar P06.1

Pada benda bekerja tiga buah gaya yaitu gaya berat W , gaya apung F_A dan tegangan tali T . Karena benda dalam keadaan setimbang maka sesuai dengan hukum pertama Newton:

$$W = F_A + T \quad (1)$$

dan

$$W' = T \quad (2)$$

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa berat semu benda adalah:

$$W' = W - F_A \quad (3)$$

Jika ρ_c adalah kerapatan zat cair, V adalah volume benda padat dan g adalah percepatan gravitasi, maka gaya apung pada benda itu adalah:

$$F_A = \rho_c V g \quad (4)$$

Dengan demikian persamaan (3) dapat dinyatakan sebagai:

$$W' = W - \rho_c V g \quad (5)$$

Dari persamaan (5), volume benda dapat dinyatakan sebagai :

$$V = \frac{W - W'}{\rho_c g} \quad (6)$$

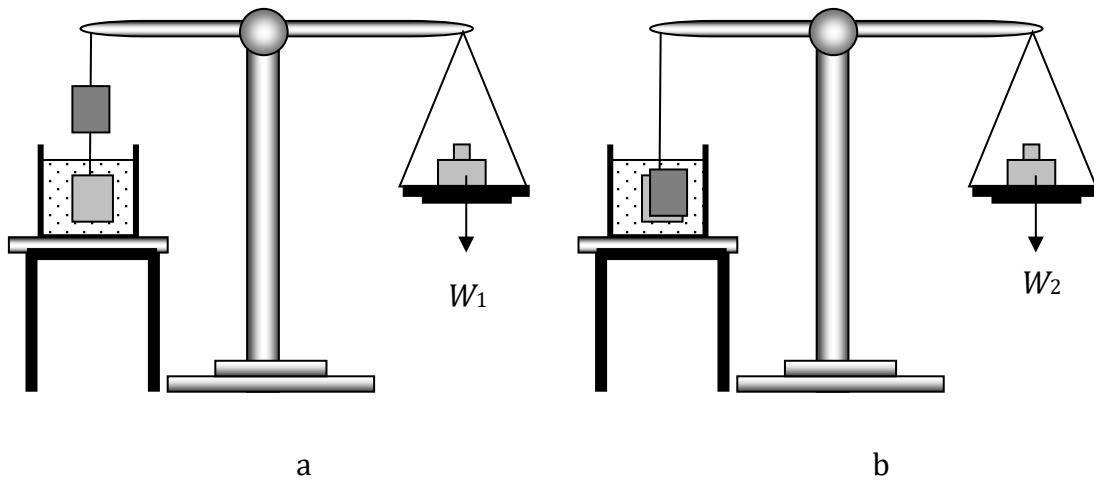
Kerapatan benda dapat dinyatakan sebagai :

$$\rho_b = \frac{m}{V} = \frac{m \rho_c}{m - m'} \quad (7)$$

dengan m adalah massa benda padat dan m' adalah massa semu benda padat. Jika massa benda m , massa semu benda m' dan rapat massa zat cair ρ_c diketahui, maka

dengan menggunakan persamaan (7) rapat massa benda padat tersebut dapat ditentukan.

2. Rapat massa benda lebih kecil dari rapat massa zat cair



Gambar P06.2a. Pembenam dalam zat cair dan benda padat di udara.

Gambar P06.2b. Pembenam dan benda padat dalam zat cair.

Jika benda padat memiliki kerapatan lebih kecil dari kerapatan zat cair, maka digunakan pembenam agar seluruh volume benda dapat terbenam dalam zat cair (lihat Gambar P06.2). Dalam proses penimbangan, pembenam dalam zat cair merupakan bagian yang ikut ditimbang. Sehingga persamaan (8) menjadi :

$$\rho_b = \frac{W \rho_c}{W_1 - W_2} = \frac{m \rho_c}{m_1 - m_2} \quad (8)$$

dengan W_1 = berat benda padat di udara + pembenam dalam zat cair (Gambar P06.2a)

W_2 = berat benda padat dan pembenam dalam zat cair (Gambar P06.2b)

Jika m , m_1 , m_2 dan ρ_c diketahui, maka dengan menggunakan persamaan (8) rapat massa benda padat tersebut dapat ditentukan

E. Langkah-Langkah Percobaan

1. Langkah percobaan P06.1

Penentuan rapat massa benda padat melalui pengukuran dimensi dan massa.

- 1) Diberikan 5 benda yaitu silinder pejal terbuat dari besi, silinder pejal terbuat dari kuningan, silinder pejal terbuat dari almunium, balok kaca dan balok kayu.
- 2) Timbanglah 5 benda tersebut dengan menggunakan neraca ohaus satu kali ulangan.

- 3) Ukur panjang dan diameter silinder logam (bahan besi, kuningan dan alumunium) dengan menggunakan jangka sorong 10 kali ulangan.
- 4) Ukur panjang dan lebar dari balok kaca dengan menggunakan jangka sorong 10 kali ulangan dan tingginya menggunakan mikrometer sekrup 10 kali ulangan.
- 5) Ukur panjang dan lebar dari balok kayu dengan menggunakan jangka sorong 10 kali ulangan dan tebalnya menggunakan mikrometer sekrup 10 kali ulangan.
- 6) Hitung volume dari masing-masing bahan dan lengkapi tabel.
- 7) Hitung massa jenis dari setiap bahan catatlah hasil yang didapatkan
- 8) Buatlah tabel yang sesuai dengan percobaan ini sehingga memudahkan anda untuk mengolah datanya.

2. Langkah percobaan P06.2

Penentuan rapat massa benda yang rapat massanya lebih besar dari rapat massa air.

- 1) Isi bejana gelas piala dengan air secukupnya, kemudian letakkan gelas piala tersebut diatas meja besi yang terdapat pada neraca teknis atau neraca ohaus (bukan pada piringan timbangan) bisa dilihat pada gambar 1.
- 2) Gantungkan silinder logam pada lengan timbangan dengan seutas benang nilon sehingga seluruh bagian dari silinder logam terendam dalam air.
- 3) Catat skala yang ditunjukkan pada timbangan
- 4) Ulangi langkah 1 sampai 3, ganti silinder logam dengan keping kaca
- 5) Buatlah tabel yang sesuai dengan percobaan ini sehingga memudahkan anda untuk mengolah datanya.

3. Langkah percobaan P06.3

Penentuan rapat massa benda yang rapat massanya lebih kecil dari rapat massa air.

- 1) Gantungkan balok kayu (yang kerapatannya lebih kecil dari kerapatan air) dan pembedan seperti Gambar P06.2a.
- 2) Catat skala yang ditunjukkan timbangan sebagai m_1 .
- 3) Atur sedemikian rupa, sehingga balok kayu dan pembedan tadi terbenam seluruhnya dalam air seperti Gambar P06.2b.
- 4) Catat skala yang ditunjukkan timbangan sebagai m_2 .
- 5) Buatlah tabel yang sesuai dengan percobaan ini sehingga memudahkan anda untuk mengolah datanya.

---oo0oo---

P07: HUKUM KEKALKAN MOMENTUM

A. Tujuan

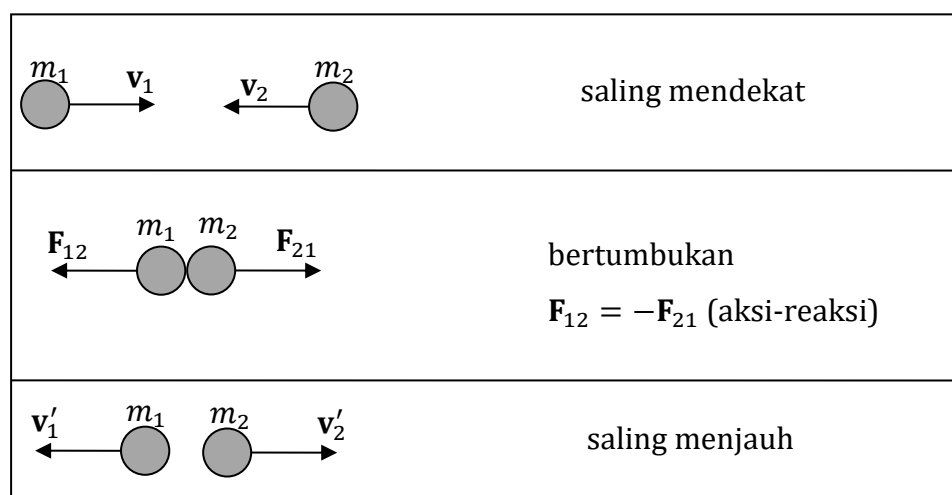
1. Mahasiswa dapat menjelaskan hukum kekekalan momentum pada tumbukan dua benda
2. Menunjukkan berlakunya hukum kekekalan momentum pada tumbukan dua benda.

B. Alat Dan Bahan

1. *PasCar* atau *Dinamic Car* 2 buah
2. Track dengan panjang 2,28 m 1 buah
3. Kaki penyangga track
4. Gerbang cahaya
5. Time counter
6. Statif

C. Teori Singkat

Perhatikan proses tumbukan seperti Gambar P07.1 berikut ini. Ada tiga fase kejadian dalam proses tumbukan. Fase pertama, sesaat sebelum tumbukan, kedua benda bergerak saling mendekati, tetapi belum ada kontak. Fase kedua terjadi kontak antara kedua permukaan benda. Pada fase ini muncul pasangan gaya aksi reaksi sesuai dengan hukum ketiga Newton. Fase ketiga, sesaat setelah tumbukan, kontak antara kedua permukaan berakhir dan kedua benda bergerak saling menjauhi. Gaya-gaya yang terjadi pada saat tumbukan dua benda merupakan gaya-gaya impulsif, sehingga pada saat tumbukan gaya-gaya lain dapat diabaikan.



Gambar P07.1. Proses yang terjadi pada peristiwa tumbukan

Tinjau tumbukan sentral dua benda. Lintasan gerak kedua benda berada pada satu garis lurus. Fase pertama, sesaat sebelum tumbukan, benda pertama mempunyai kecepatan v_1 dan benda kedua mempunyai kecepatan v_2 . Fase kedua terjadi kontak antara kedua benda selama selang waktu Δt . Pada fase ini, benda pertama mendapatkan gaya F_{12} dari benda kedua sedangkan benda kedua mendapatkan gaya F_{21} dari benda pertama. Kedua gaya ini merupakan pasangan aksi reaksi sehingga $F_{12} = -F_{21}$. Sesaat setelah berakhirnya kontak, benda pertama mempunyai kecepatan v'_1 dan benda kedua mempunyai kecepatan v'_2 . Karena selama tumbukan gaya-gaya yang lain dapat diabaikan, maka berlaku hukum kekekalan momentum:

$$m_2 v'_2 + m_1 v'_1 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (1)$$

Perhatikan bahwa pada proses tumbukan, sesaat sebelum tumbukan kedua benda bergerak saling mendekati dan sesaat setelah tumbukan kedua benda bergerak saling menjauhi. Dengan demikian arah gerak relatif antara kedua benda sesudah tumbukan berlawanan arah dengan sebelum tumbukan. Pada kasus tumbukan elastik kecepatan relatif setelah tumbukan adalah: $v'_2 - v'_1 = -(v_2 - v_1)$ sedangkan pada kasus tumbukan tidak elastik $v'_2 - v'_1 = 0$. Dua kasus ini merupakan dua kasus ekstrim, yang pertama tidak terjadi kehilangan energi mekanik, sedangkan yang kedua terjadi kehilangan energi mekanik yang terbesar. Maka didefinisikan koefisien elastisitas yang merupakan perbandingan antara besar kecepatan relatif setelah tumbukan dengan besar kecepatan relatif sebelum tumbukan:

$$e = -\frac{v'_2 - v'_1}{v_2 - v_1} \quad (2)$$

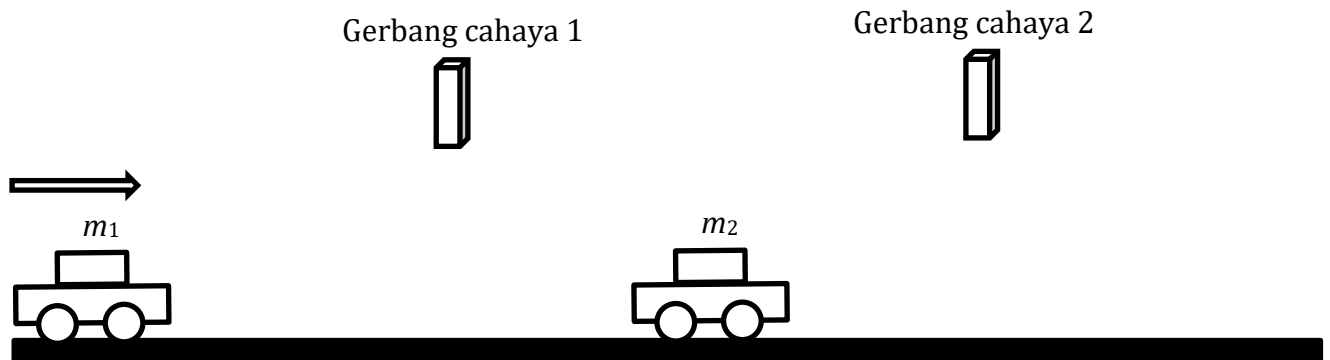
Dengan demikian untuk kasus tumbukan elastik $e = 1$, sedangkan untuk tumbukan tidak elastik $e = 0$. Untuk tumbukan elastik sebagian: $0 < e < 1$.

D. LANGKAH PERCOBAAN

1. Tumbukan Tidak Elastik

- 1) Pasang alat percobaan seperti gambar P072.
- 2) Ambil keadaan dengan $m_1 = m_2$, kemudian aturlah posisi kedua gerbang cahaya agar ketika kedua massa melewati gerbang cahaya tersebut keberadaan mereka terdeteksi oleh sensor yang terdapat pada gerbang cahaya.
- 3) Atur posisi magnet pada kedua massa pada keadaan tarik-menarik, sehingga ketika kedua massa tersebut bertumbukan, mereka akan menempel satu sama lain
- 4) Atur time counter pada posisi Time 1

- 5) Gerakkan m_1 sehingga dia akan melewati gerbang cahaya 1 dan kemudian menumbuk m_2 . Kedua massa ini akan bergerak bersama-sama sehingga mereka akan melewati gerbang cahaya 2.
- 6) Tekan tombol CH OVER pada time counter untuk melihat waktu m_1 melewati gerbang cahaya 1 dan waktu kedua massa melewati gerbang cahaya 2 dan catat pada tabel P07.1
- 7) Ulangi langkah 2 – 7 untuk kasus $m_1 > m_2$ dan $m_1 < m_2$.



Gambar P07.2. Rangkaian percobaan tumbukan

2. Tumbukan Elastik

- 1) Pasang alat percobaan seperti gambar P07.2.
- 2) Ambil keadaan dengan $m_1 = m_2$, kemudian aturlah posisi kedua gerbang cahaya agar ketika kedua massa melewati gerbang cahaya tersebut keberadaan mereka terdeteksi oleh sensor yang terdapat pada gerbang cahaya.
- 3) Atur posisi magnet pada kedua massa pada keadaan tolak-menolak, sehingga ketika kedua massa tersebut bertumbukan, mereka akan terpental satu terhadap yang lain.
- 4) Atur time counter pada posisi Time 1
- 5) Gerakkan m_1 sehingga dia akan melewati gerbang cahaya 1 dan kemudian menumbuk m_2 . Kemudian kedua massa ini akan bergerak relatif saling menjauh.
- 6) Tekan tombol CH OVER pada time counter untuk melihat waktu m_1 melewati gerbang cahaya 1 dan waktu m_2 melewati gerbang cahaya 2, dan catat pada tabel P07.2
- 7) Ulangi langkah 2 – 7 untuk kasus $m_1 > m_2$ dan $m_1 < m_2$.

Tabel P07.1. Data percobaan tumbukan tidak elastik

m_1 (kg)	m_2 (kg)	x_1 (m)	x_2 (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)

Tabel P07.2. Data percobaan tumbukan elastik

m_1 (kg)	m_2 (kg)	x_1 (m)	x_2 (m)	t_1 (s)	t_2 (s)	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)

P08: KEUNTUNGAN MEKANIK SISTEM KATROL

A. Tujuan

1. Dapat menentukan keuntungan mekanik ideal dan aktual dari suatu sistem katrol.
2. Menentukan efisiensi suatu sistem katrol.

B. Alat-alat

1. Seperangkat peralatan Percobaan Mekanika Tipe Panel dari Puduk Tipe PMK360 terdiri dari papan percobaan, balok gesek bidang miring, beban bercelah dan penggantung beban, neraca pegas, katrol-katrol dan tali nilon.
2. Neraca O'Hauss

C. Perangkat Lunak

1. Microsoft Excel
2. Microsoft Word

D. Teori Singkat

1. Mesin dan Keuntungan Mekanik

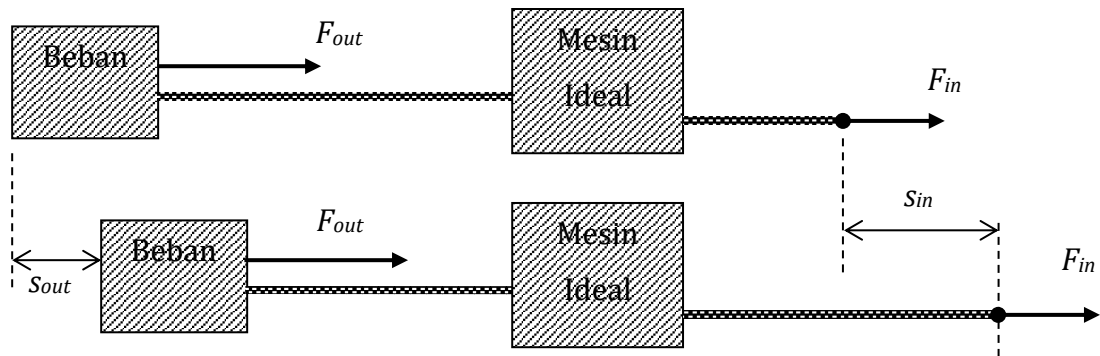
Mesin adalah perangkat yang mentransmisikan gaya atau torka untuk suatu kepentingan tertentu. Pada dasarnya sebuah mesin merupakan kombinasi dari tiga mesin dasar yaitu pengungkit, bidang miring dan tekanan hidrolik. Pada umumnya mesin mekanik digunakan untuk mengurangi beban mekanik yang harus ditanggung. Sebagai contoh seseorang dapat mengangkat sebuah batu besar yang lebih besar dari bobot dirinya dengan menggunakan pengungkit. Dengan menggunakan mesin ada keuntungan mekanik yang didapatkan manusia.

2. Keuntungan Mekanik Aktual

Jika seseorang dengan menggunakan mesin mekanik dapat mengangkat benda dengan gaya yang besarnya seperempat dari berat benda tersebut, maka dikatakan bahwa keuntungan mekanik dari mesin tersebut adalah 4. Keuntungan mekanik di dalam contoh ini disebut keuntungan mekanik aktual. Keuntungan mekanik aktual (*actual mechanical advantage, AMA*) dari suatu mesin adalah perbandingan antara gaya keluaran F_{out} dan gaya masukan F_{in} .

$$AMA = \frac{F_{out}}{F_{in}} \quad (1)$$

3. Keuntungan Mekanik Ideal



Gambar P08.1 Sketsa mesin ideal tanpa gesekan.

Keuntungan mekanik ideal (*ideal mechanical advantage*, IMA) dari suatu mesin adalah keuntungan mekanik dalam keadaan ideal, yaitu keadaan diantaranya dengan gesekan dan beban sistem diabaikan. Untuk menentukan rumus umum untuk IMA, tinjaulah mesin ideal tanpa gesekan seperti gambar P08.1 di bawah ini. Ketika gaya F_{in} pada tali sebelah kanan mesin, suatu gaya F_{out} akan menarik beban di sebelah kiri mesin. Tali di bagian masukan ditarik sejauh s_{in} (jarak masukan) sehingga beban bergeser sejauh s_{out} (jarak keluaran)

Karena tidak ada gesekan maka kerja oleh gaya F_{in} akan sama dengan kerja oleh gaya F_{out} sehingga:

$$W_{out} = W_{in} \rightarrow F_{out}s_{out} = F_{in}s_{in}$$

$$IMA = \frac{F_{out}}{F_{in}} = \frac{s_{in}}{s_{out}} \quad (2)$$

Jadi secara umum keuntungan mekanik ideal adalah perbandingan antara jarak masukan dengan jarak keluaran.

4. Efisiensi

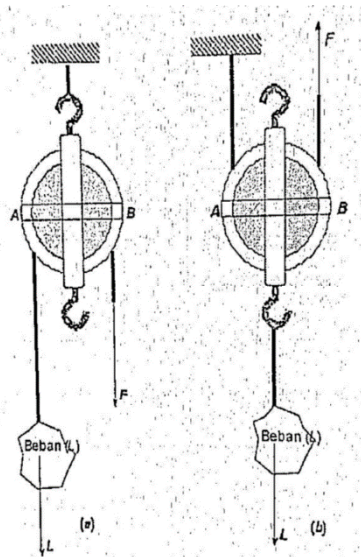
Pada mesin yang sebenarnya, keberadaan gesekan tidak dapat dihindarkan sehingga F_{in} pada keadaan sebenarnya lebih besar dibandingkan pada keadaan ideal. Dengan demikian kerja masukan lebih besar dibandingkan kerja keluaran karena ada energi yang hilang karena adanya gesekan. Dengan demikian efisiensi dapat dituliskan sebagai:

$$Eff = \frac{W_{out}}{W_{in}} = \frac{F_{out}s_{out}}{F_{in}s_{in}} = \frac{AMA}{IMA} \quad (3)$$

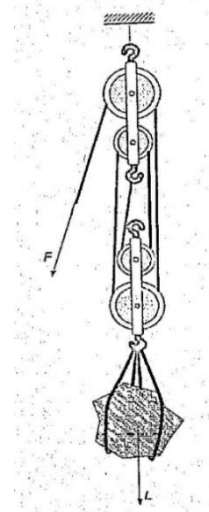
5. Sistem Katrol

Pada dasarnya ada dua cara penggunaan katrol yaitu katrol dengan posisi tetap

Seperti pada gambar P08.2a, dan katrol dengan posisi bebas seperti pada gambar P08.2b. Kedua macam cara ini dapat digabungkan sehingga membentuk sistem katrol seperti pada gambar P08.3.



Gambar P08.2 Dua cara penggunaan katrol



Gambar P08.3 Sistem katrol

6. Keuntungan Mekanik pada Sistem Katrol

Perhatikan gambar P08.2a. Jika tali di sebelah kanan ditarik ke bawah sejauh d , maka beban akan naik ke atas sejauh d juga. Dengan demikian $s_{in} = s_{out} = d$, sehingga keuntungan mekanik ideal untuk katrol tunggal dengan posisi tetap adalah:

$$IMA = \frac{s_{in}}{s_{out}} = \frac{d}{d} = 1 \quad (4)$$

Perhatikan sekarang gambar P08.2b. Jika tali di sebelah kanan ditarik ke atas sejauh d , maka beban akan naik ke atas sejauh $d/2$. Dengan demikian $s_{in} = d$ dan $s_{out} = d/2$ sehingga keuntungan mekanik ideal untuk katrol tunggal dengan posisi bebas adalah:

$$IMA = \frac{s_{in}}{s_{out}} = \frac{d}{d/2} = 2 \quad (5)$$

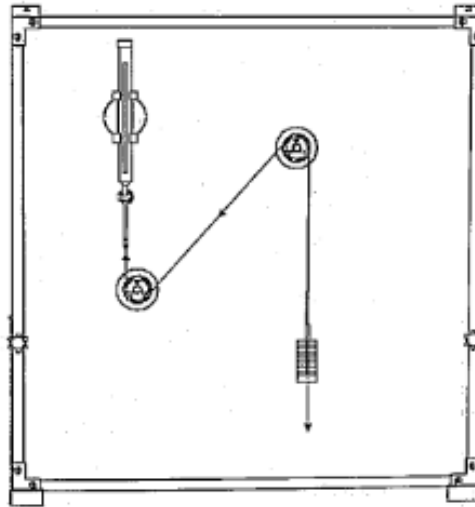
Perhatikan sekarang gambar P08.3. Jika tali di sebelah kanan ditarik ke bawah sejauh d , maka beban akan naik ke atas sejauh $d/4$. Dengan demikian $s_{in} = d$ dan $s_{out} = d/4$ sehingga keuntungan mekanik ideal untuk katrol tunggal dengan posisi bebas adalah:

$$IMA = \frac{d}{d/4} = 4 \quad (6)$$

---oo0oo---

E. Langkah-Langkah Percobaan

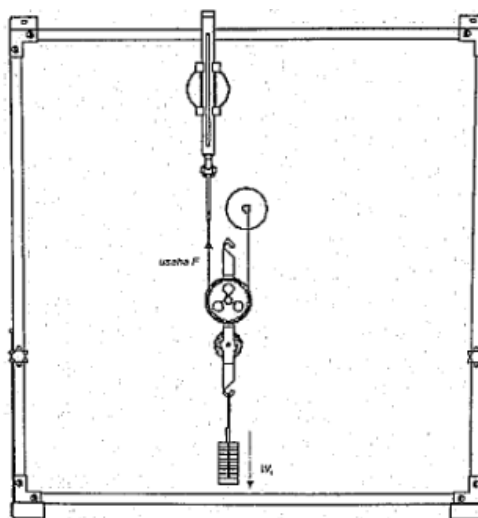
1. Katrol tunggal dengan posisi tetap



Gambar P08.4 Pengaturan percobaan katrol dengan posisi tetap

- 1) Atur peralatan seperti gambar P08.4
- 2) Tempatkan beban bercelah pada penggantung beban sampai kira-kira 0,5 kg.
- 3) Catat besar gaya yang terukur di neraca pegas sebagai F_{in} .
- 4) Timbang penggantung beban beserta beban bercelah yang sudah dipakai, dan catat sebagai m_{out}
- 5) Hitung $F_{out} = m_{out} \cdot g$, (ambil $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).
- 6) Tentukan IMA, AMA serta efisiensi mesin.

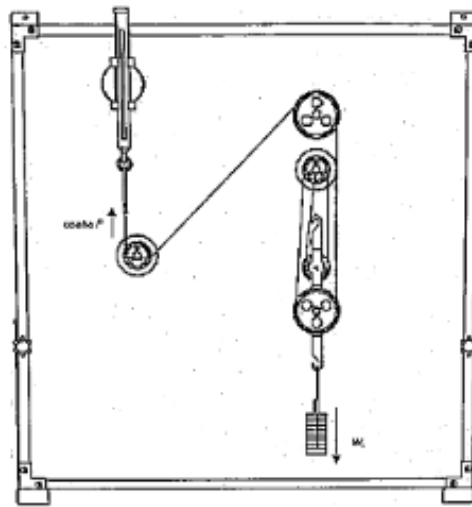
2. Katrol tunggal dengan posisi bebas



Gambar P08.5 Pengaturan percobaan katrol dengan posisi bebas

- 1) Atur peralatan seperti gambar P08.5
- 2) Tempatkan beban bercelah pada penggantung beban sampai kira-kira 0,5 kg.
- 3) Catat besar gaya yang terukur di neraca pegas sebagai F_{in} .
- 4) Timbang penggantung beban beserta beban bercelah yang sudah dipakai, dan catat sebagai m_{out}
- 5) Hitung $F_{out} = m_{out} \cdot g$, (ambil $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).
- 6) Tentukan IMA, AMA serta efisiensi mesin.

3. Sistem katrol



Gambar P08.6 Pengaturan percobaan sistem katrol.

- 1) Atur peralatan seperti gambar P08.6
- 2) Tempatkan beban bercelah pada penggantung beban sampai kira-kira 0,5 kg.
- 3) Catat besar gaya yang terukur di neraca pegas sebagai F_{in} .
- 4) Timbang penggantung beban beserta beban bercelah yang sudah dipakai, dan catat sebagai m_{out}
- 5) Hitung $F_{out} = m_{out} \cdot g$, (ambil $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).
- 6) Tentukan IMA, AMA serta efisiensi mesin.

---oo0oo---

P09: GERAK MENGGELINDING

A. Tujuan

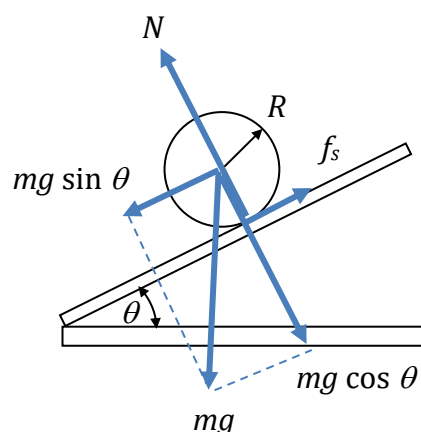
Mampu menentukan besar percepatan gerak menggelinding murni pada bidang miring baik secara teori maupun secara eksperimen serta membandingkan keduanya dan memberikan ulasan tentang kedua hasil tersebut.

B. Peralatan

1. Bidang miring aluminium
2. Stopwatch
3. Bola pejal dan silinder pejal
4. Kertas grafik
5. Neraca teknis
6. Pita meteran
7. Batang penahan

C. Teori Singkat

Gerak menggelinding adalah paduan dari gerak translasi dan gerak rotasi. Tinjau gerak menggelinding murni dari suatu benda putar seperti silinder atau bola pada suatu bidang miring seperti diperlihatkan pada Gambar P09.1. Ambil sumbu-x pada arah sejajar bidang miring sedangkan sumbu-y pada arah tegak lurus bidang miring. Pada benda bekerja tiga buah gaya yaitu gaya gravitasi mg , gaya normal N dan gaya gesekan statik f_s .



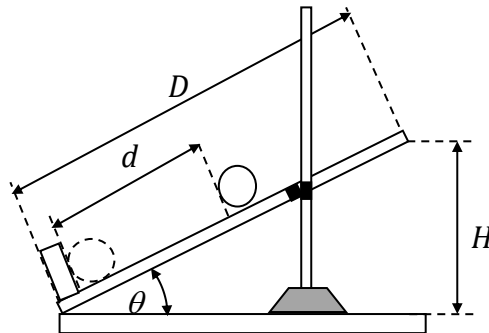
Gambar P09.1 Sebuah benda putar sedang menggelinding murni di atas suatu bidang miring.

Penerapan hukum ke 2 Newton pada situasi ini menghasilkan persamaan untuk percepatan:

$$a = \frac{g \sin \theta}{1 + \beta} \quad (1)$$

dengan β adalah koefisien yang berkaitan dengan momen inersia benda putar.

Untuk silinder pejal $\beta = \frac{1}{2}$ sedangkan untuk bola pejal $\beta = \frac{2}{5}$.



Gambar P09.2. Benda putar dilepaskan dari ketinggian h di atas bidang miring yang sudut kemiringannya θ .

Secara eksperimen, percepatan benda ditentukan dengan melepaskannya dari suatu titik pada bidang miring seperti pada Gambar P09.2. Sesuai dengan persamaan gerak lurus berubah beraturan, kita dapatkan persamaan:

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad (2)$$

Percepatan gerak benda merupakan kemiringan kurva x terhadap $\frac{1}{2}t^2$.

D. Langkah-Langkah Percobaan

1. Pasang peralatan bidang miring seperti pada gambar 2. Angkat ujung bidang miring tanpa penghenti akhir setinggi sekitar 15 cm.
2. Ukurlah H dan D dengan seksama.
3. Letakkan silinder pejal pada ujung penghenti akhir dan catatlah posisi akhir silinder ini.
4. Tariklah silinder ke posisi awal, yaitu sekitar 50 cm dari posisi akhir. Jarak dari posisi awal ke posisi akhir adalah d .
5. Lepaskan silinder pejal dan pada saat yang sama jalankan stopwatch.
6. Hentikan stopwatch ketika silinder pejal mencapai penghenti akhir. Catat waktu yang ditunjukkan stopwatch.
7. Ulangi prosedur 4 sampai 6 dengan nilai d yang lain sampai didapatkan secara total delapan buah nilai d . Catat pada tabel P09.1 dibawah ini.

8. Ulangi prosedur 3-7 dengan menggunakan bola pejal.

Tabel P09.1 Penentuan percepatan gerak menggelinding secara teori

H	D	$\sin \theta$	g	a_{silinder}	a_{bola}

Tabel P09.2 Data gerak menggelinding silinder pejal

i	Waktu t_i (s)	$\frac{1}{2}t_i^2$	Jarak d_i (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Dari kemiringan kurva x terhadap $\frac{1}{2}t^2$ didapatkan $a_{\text{silinder}} =$

Tabel P09.3 Data gerak menggelinding bola pejal

i	Waktu t_i (s)	$\frac{1}{2}t_i^2$	Jarak d_i (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Dari kemiringan kurva x terhadap $\frac{1}{2}t^2$ didapatkan $a_{\text{bola}} =$

---oo0oo---

P11 : KEKENTALAN

A. Tujuan

Mahasiswa dapat menghitung kekentalan (viskositas) dari gliserin dan minyak.

B. Peralatan

1. Stopwatch
2. Jaring Pengambil Bola
3. 3 buah Bola Uji ($\emptyset = 3\text{mm}$, $\emptyset = 5\text{ mm}$, dan $\emptyset = 7\text{ mm}$)

C. Teori

Gaya yang bekerja ketika sebuah benda jatuh ke dalam suatu fluida adalah gaya berat (W), gaya apung (F_A), dan gaya viskositas (F_v). ketiga gaya tersebut berlaku hukum Newton II, yaitu :

$$\sum F = m.a \quad (1)$$

$$W - F_A - F_v = m.a \quad (2)$$

Berdasarkan hukum Stokes, jika sebuah benda berbentuk bola di jatuhkan ke dalam cairan yang kental, beberapa saat benda tersebut akan mencapai kecepatan terminal dengan persamaan berikut :

$$F_v = 6\pi\eta v_0 r \quad (3)$$

Dengan F_v adalah gaya viskositas yang bekerja pada bola yang berjari jari r dan η adalah viskositas zat cair.

Pada keadaan setimbang, F_v sama dengan gaya berat kebawah yang dipengaruhi oleh gaya grafitasi sehingga mengalami percepatan tetap, persamaannya menjadi :

$$6\pi\eta v_0 r = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho - \delta)g \text{ atau } v_0 = \frac{2}{9} \frac{r^2}{\eta}(\rho - \delta)g \quad (4)$$

Dimana ρ = massa jenis bola

δ = massa jenis zat cair

nilai massa jenis dapat diambil dari tabel konstanta fisis.

v_0 dapat ditentukan dari waktu (t) yang dibutuhkan bola untuk bergerak dalam jarak h di sepanjang tabung setelah bola mencapai gerak berubah beraturan sehingga ;

$$v_0 = \frac{h}{t} \quad (5)$$

D. Langkah Praktikum

1. Berilah label tabung viskositas 1 dan 2.
2. Tuangkan gliserin pada tabung viskositas 1, dan minyak pada tabung viskositas 2.
3. Masukkan jaring mengambil bola.
4. Ikatkan karet sebagai penanda di bagian awal (5 cm dari atas tabung) dan akhir (5 cm dari dasar tabung).
5. Ukur jarak antara kedua penanda tersebut sebagai nilai h , catat hasilnya di data
6. Siapkan stopwatch, kemudian lihat kearah tabung viskositas jatuhkan bola uji tepat di tengah permukaan zat cair dan ikuti pergerakan bola uji. Nyalakan stopwatch saat melewati batas acuan pertama (penanda atas) dan hentikan stopwatch tepat saat bola uji melewati batas acuan kedua (batas bawah).
7. Catat nilai waktu yang dibutuhkan bola uji untuk bergerak sejauh h pada tabel 11.1.
8. Untuk bola yang sama ulangi sampai 5x, catat pada tabel P11.1
9. Hitung kecepatannya dengan menggunakan persamaan 5, (gunakan waktu rata rata).
10. Hitung nilai viskositas zat cair (η) dengan menggunakan persamaan 4.
11. Ulangi langkah 4 – 12 untuk tabung viskositas 2 (minyak).

1. Data dan Pengolahan Data

Bahan	:.....
Ø Bola 1	:..... m
Ø Bola 2	:..... m
Ø Bola 3	:..... m
h	:..... m

Tabel P11.1

Ulangan	t_1 (s) (Bola 1)		t_2 (s) (Bola 2)		t_3 (s) (Bola 3)	
1						
2						
3						
4						
5						
Rata-rata						
v_0						

1. Hitunglah rata-rata waktu dari setiap bola uji.
2. Hitung v_0 dengan menggunakan persamaan 5
3. Hitung viskositas zat cair (η) dengan persamaan 4

2. Analisa

1. Bagaimana viskositas setiap zat cair, dan bagaimana pergerakan bola uji dalam zat cair tersebut?
2. Faktor apa yang mempengaruhi nilai viskositas dari zat cair?
3. Bandingkan dengan literatur, berapa persen ketepatan yang didapatkan?

---oo0oo---

P12: GETARAN DAN BANDUL MATEMATIS

A. Tujuan

1. Menentukan konstanta pegas secara statik dan dinamik
2. Menentukan percepatan gravitasi menggunakan bandul matematis

B. Peralatan

1. 1 set percobaan mekanika tipe panel (PUDAK)
2. Stopwatch
3. Benang
4. Kepingan beban

C. Perangkat lunak

1. Microsoft Word
2. Microsoft Excel

D. Teori Singkat

1. Hukum Hooke dan Osilasi Pegas

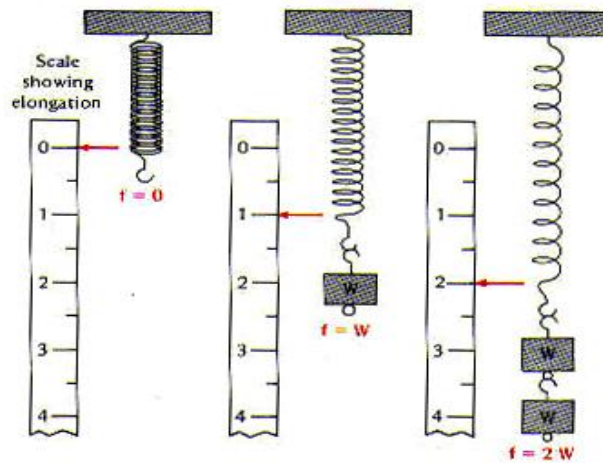
Hukum Hooke menyatakan bahwa jika suatu pegas disimpangkan sejauh x dari keadaan setimbangnya maka pegas akan memberikan gaya yang besarnya sebanding dengan simpangan dan arahnya berlawanan dengan arah simpangan. Secara matematis hukum Hooke dapat dituliskan sebagai:

$$F_p = -kx \quad (1)$$

Perhatikan Gambar P12.1. Jika sebuah pegas dipasang secara vertikal kemudian diberi beban, m maka pegas akan memanjang sebesar x . Ketika ditambahkan lagi beban sebesar m maka pegas akan bertambah panjang sebesar x yang sama. Jadi untuk setiap penambahan beban sebesar m , pegas akan memanjang sebesar x , sehingga jika beban total yang diberikan adalah Nm , maka pertambahan panjang pegas adalah Nx . Hal ini berlaku untuk pertambahan total Nx yang cukup kecil. Dalam keadaan tersebut dikatakan bahwa pegas mengikuti hukum Hooke. Sesuai dengan Hukum I Newton, gaya pegas pada persamaan (1) diimbangi oleh gaya gravitasi sehingga dapat dituliskan:

$$mg = kx \quad (2)$$

Jika percepatan gravitasi g di tempat tersebut diketahui, maka dengan memvariasikan massa beban m , dan mengukur perpanjangan pegas x , konstanta pegas k dapat ditentukan sebagai kemiringan kurva antara mg terhadap x .



Gambar P12.1 Peregangan yang terjadi pada pegas vertikal yang diberi beban.

Tinjau pegas vertikal dengan konstanta pegas k yang dibebani massa m . Jika beban disimpangkan sejauh A yang tidak terlalu besar dari titik setimbangnya kemudian dilepaskan, maka beban akan bergerak harmonik dengan perioda sebesar:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3)$$

Persamaan (3) dapat dituliskan sebagai:

$$4\pi^2 m = kT^2 \quad (4)$$

Dengan memvariasikan massa beban m dan mengukur perioda getaran, konstanta pegas k dapat ditentukan sebagai kemiringan kurva antara $4\pi^2 m$ terhadap T^2 .

2. Bandul Matematis

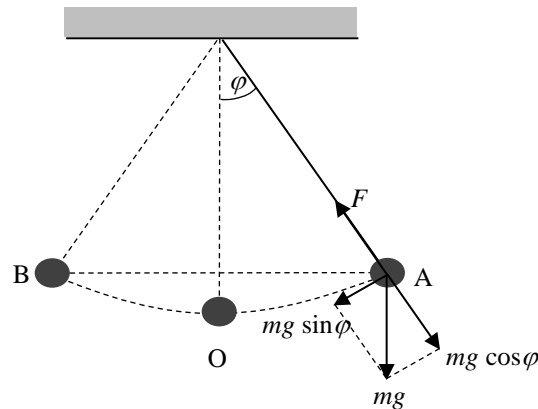
Perhatikan Gambar P12.2. Beban bermassa m digantungkan menggunakan tali yang panjangnya l (massa tali diabaikan). Jika beban disimpangkan dari keadaan setimbangnya maka dia akan bergerak harmonik sederhana. Jika simpangan cukup kecil ($\leq 15^\circ$) maka perioda gerak harmonik tersebut dapat dituliskan sebagai:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (5)$$

Persamaan (5) dapat dituliskan sebagai:

$$4\pi^2 l = gT^2 \quad (6)$$

Dengan memvariasikan panjang tali l dan mengukur perioda getaran, percepatan gravitasi g dapat ditentukan kemiringan kurva antara $4\pi^2 l$ terhadap T^2 .



Gambar P12.2 Gerak bandul matematis.

E. Langkah-Langkah Percobaan

1. Langkah percobaan 1: Menentukan konstanta pegas secara statik

- 1) Pasang necara pegas pada papan percobaan seperti pada Gambar P12.1. Pastikan pegas pada posisi vertikal.
- 2) Gantungkan pengait beban pada pegas. Kemudian kaitkan beban dengan massa m 50 gram
- 3) Catat pertambahan panjang pegas x .
- 4) Ulangi langkah 1 sampai 3 dengan massa beban yang berbeda-beda.
- 5) Buatlah grafik antara mg terhadap x . Kemiringan grafik tersebut merupakan konstanta pegas.

2. Langkah percobaan 2: Menentukan konstanta pegas secara dinamik

- 1) Pasang necara pegas pada papan percobaan seperti pada Gambar P12.1. Pastikan pegas pada posisi vertikal.
- 2) Gantungkan pengait beban pada pegas
- 3) Kaitkan beban dengan massa 100 gram pada pengait beban.
- 4) Setelah mencapai kesetimbangan, tarik pegas sekitar 1 cm ke bawah, kemudian lepaskan.

- 5) Hidupkan stopwatch dan catat waktu yang diperlukan untuk terjadinya 10 getaran. (Untuk penentuan perioda dapat pula digunakan gerbang cahaya dan time counter dengan menggunakan fungsi Circle pada time counter).
- 6) Ulangi langkah 5 untuk massa yang berbeda sampai mendapatkan 8 variasi massa.
- 7) Buatlah grafik hubungan $4\pi^2 m$ terhadap T^2 , kemudian tentukan percepatan gravitasi dari kemiringan kurva tersebut.

3. Langkah percobaan 3

- 1) Siapkan beberapa utas benang.
- 2) Ikat benang tersebut pada bola beban dan gantungkan di atas statip seperti pada Gambar P12.2.
- 3) Atur panjang tali panjang tali dari sebesar 150 cm atau sepanjang dari meja.
- 4) Tarik beban kesamping dengan simpangan yang kecil ($\varphi < 15^\circ$) kemudian lepaskan sehingga beban berosilasi.
- 5) Hidupkan stopwatch dan catat waktu yang diperlukan oleh bola beban untuk melakukan 10 kali getaran.
- 6) Kurangi panjang benang sebesar 10 cm.
- 7) Ulangi langkah 4-6 sehingga didapatkan 8 variasi panjang benang.
- 8) Buatlah grafik hubungan $4\pi^2 l$ terhadap T^2 , kemudian tentukan percepatan gravitasi dari kemiringan kurva tersebut.

---oo0oo---

P12: GELOMBANG BERDIRI PADA TALI

A. Tujuan

1. Membangkitkan gelombang berdiri pada tali
2. Menentukan kecepatan gelombang pada tali

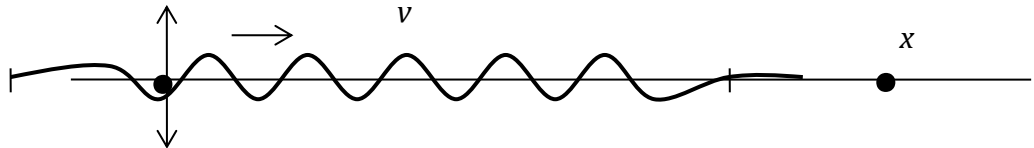
B. Peralatan

1. Pembangkit Getaran
2. Function generator
3. Tali atau benang
4. Beban bervariasi 10 g, 20 g, 30 g, 40 g dan 50 g

C. Teori

1. Gelombang Tali

Jika seutas tali yang panjang direntangkan, kemudian salah satu ujungnya digerakkan naik-turun secara cepat, maka akan terbentuk gelombang tali seperti pada Gambar P012.3.



Gambar P012.3 Penjalaran gelombang pada tali.

Kecepatan gelombang tali dapat dituliskan sebagai:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1)$$

dengan F adalah tegangan tali dan μ adalah massa tali persatuan panjang. Jika tegangan tali dan massa persatuan panjang diketahui, maka kecepatan gelombang dapat ditentukan. Untuk gelombang sinusoidal hubungan antara kecepatan v gelombang, panjang gelombang λ dan frekuensi f adalah:

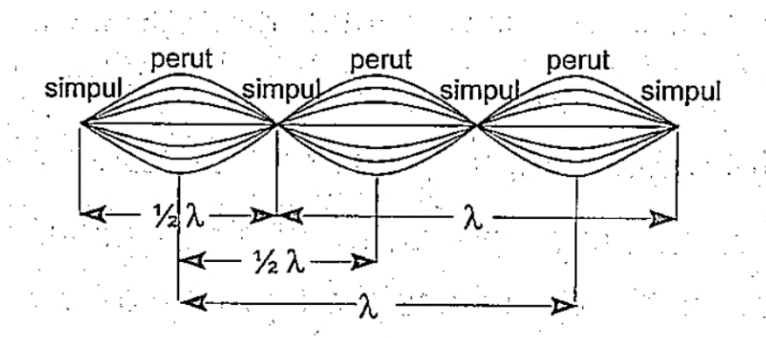
$$v = \lambda f \quad (2)$$

Jika frekuensi dan panjang gelombang diketahui, maka kecepatan gelombang dapat ditentukan.

2. Gelombang Berdiri

Jika dua gelombang yang jenis, frekuensi, dan amplitudanya sama, menjalar pada medium yang sama dalam arah yang berlawanan berinterferensi, maka akan terbentuk gelombang berdiri. Disebut gelombang berdiri karena bentuk gangguan yang terjadi tidak menjalar, akan tetapi tiap bagian tali bergerak harmonik dengan amplitudo yang bervariasi seperti pada Gambar P12.1.

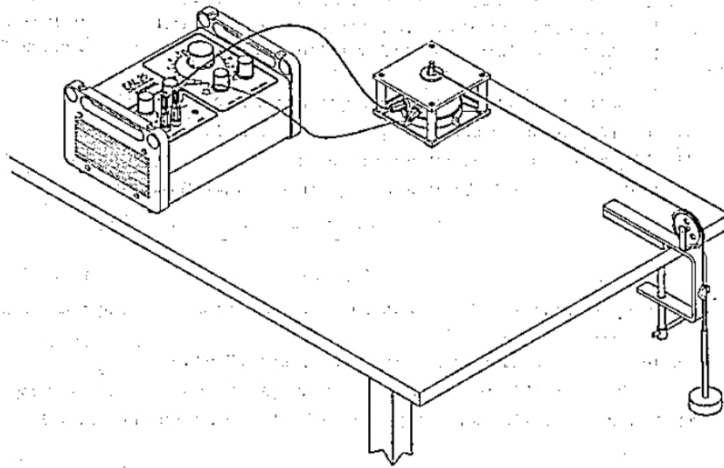
Gelombang berdiri dicirikan dengan adanya titik-titik stasioner atau disebut juga titik-titik simpul. Di titik-titik tersebut amplitudo gerakannya adalah nol. Diantara dua titik simpul ada sebuah perut gelombang. Di perut gelombang ini amplitudanya maksimum.



Pada percobaan yang akan dilakukan, salah satu ujung tali diikatkan pada sumber getar sementara ujung lainnya dihubungkan ke beban melalui sebuah katrol seperti Gambar P12.1. Gelombang berdiri yang terjadi akan mempunyai amplitudo maksimum jika terjadi resonansi. Keadaan resonansi ini dapat dicapai jika:

$$L = \frac{n\lambda}{2} ; n = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

dengan L adalah panjang tali, λ adalah panjang gelombang dan n adalah jumlah perut gelombang.



Gambar P12.2 Pembentukan gelombang berdiri pada tali.

D. Langkah Percobaan 1

1. Ukurlah panjang tali dengan menggunakan penggaris
2. Timbang massa tali tersebut dengan neraca
3. Susun percobaan seperti gambar P12.2
4. Pasang piringan beban 10 gram.
5. Nyalakan pembangkit fungsi (*function generator*).
6. Hitung kecepatan gelombang dengan menggunakan persamaan 1
7. Atur frekuensi sehingga mendapatkan 1 gelombang, (3 simpul dan 2 perut).
8. Catat frekuensi 1 gelombang tersebut.
9. Ukur panjang gelombang yang terjadi.
10. Hitung kecepatan gelombang dengan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3 dengan mengambil $n = 2$.
11. Matikan pembangkit fungsi.
12. Tambahkan beban pada piringan beban.
13. Ulangi langkah 5 sampai 12 sehingga terdapat 5 variasi beban.

Tabel P12.1 Gelombang Berdiri

Percepatan gravitasi : $g = (9.83) \text{ m/s}^2$.

Massa tali persatuan panjang : $\mu = \dots \text{ kg/m}$

<i>i</i>	Massa Bebas (g)	Frekuensi (Hz)	$v = \lambda f$ (m/s)	$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ (m/s)
1				
2				
3				
4				
5				

---oo0oo---

P13: RESONANSI BUNYI

A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat menjelaskan fenomena resonansi bunyi pada pipa organa tertutup tertutup
2. Mahasiswa dapat menentukan cepat rambat bunyi di udara

B. Alat Dan Bahan

1. Alat resonansi 1 set (Statif, tabung resonansi, dan tandon air)
2. Garpu tala elektronik 1 buah
3. Gelas ukur plastik ukuran 1 liter



Gambar P13.1. Tandon



Gambar P13.2. Garpu tala

C. Teori Singkat

Tinjau sebuah garpu tala yang dibunyikan di dekat mulut tabung yang salah satu ujungnya tertutup. Tabung seperti ini disebut pipa organa tertutup. Jika frekuensi garpu tala diubah-ubah, maka pada frekuensi tertentu akan terdengar suara yang nyaring. Hal ini terjadi karena adanya resonansi antara getaran pada garpu tala dengan gelombang bunyi pada kolom udara dalam tabung. Pada keadaan ini terbentuk gelombang berdiri pada kolom udara dalam tabung. Moda gerak gelombang berdiri tersebut dapat dilihat pada Gambar P13.3. Pada ujung tertutup terbentuk simpul gelombang sedangkan pada ujung terbuka terbentuk perut gelombang. Posisi perut gelombang pada ujung terbuka sedikit di luar tabung pada jarak ΔL dari ujung tabung yang nilainya satu orde dengan diameter tabung. Kita bisa rumuskan panjang efektif kolom udara yaitu:

$$L_{eff} = L + \Delta L \quad (1)$$

Pada moda gerak pertama, terbentuk 1/4 gelombang. Pada keadaan ini bunyi yang terdengar merupakan nada dasar. Panjang gelombang dan kecepatan gelombang dituliskan sebagai:

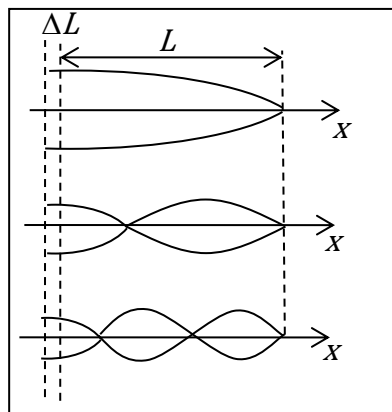
$$\lambda_1 = 4L_{eff} ; v = \lambda_1 f_1 = 4L_{eff} f_1 = 4f_1(L + \Delta L) \quad (2)$$

Pada moda gerak yang kedua terbentuk 3/4 gelombang. Nada yang terbentuk adalah atas pertama atau nada harmonik kedua. Panjang gelombang dan kecepatan gelombang pada nada harmonik kedua tersebut mengikuti persamaan:

$$\lambda_2 = \frac{4}{3}L_{eff} ; v = \lambda_2 f_2 = \frac{4}{3}L_{eff} f_2 = \frac{4}{3}f_2(L + \Delta L) \quad (3)$$

Demikian seterusnya sehingga pada nada harmonik ke- n panjang gelombang dan frekuensinya adalah:

$$\lambda_n = \frac{4L_{eff}}{2n-1} ; v = \lambda_n f_n = \frac{4}{2n-1}L_{eff} f_n = \frac{4}{2n-1}f_n(L + \Delta L) \quad (4)$$



Gambar P13.3. Moda-moda gerak pada pipa organa tertutup

Untuk suatu frekuensi tertentu kita bisa dapatkan dua keadaan resonansi seperti pada Gambar P13.4. Untuk moda gerak pertama, sesuai dengan persamaan (2) didapatkan:

$$L_1 = \frac{v}{4f_1} - \Delta L \quad (5)$$

sedangkan untuk moda gerak kedua, sesuai dengan persamaan (3) didapatkan:

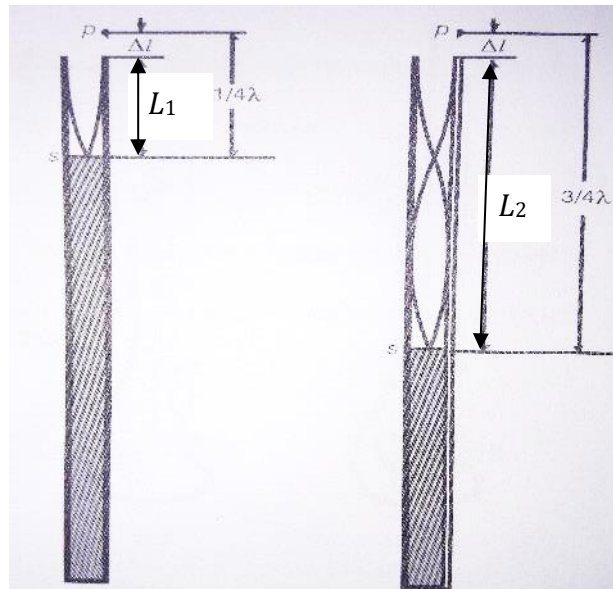
$$L_2 = \frac{3v}{4f_2} - \Delta L \quad (6)$$

Karena frekuensi yang dipakai untuk dua keadaan ini adalah sama, maka $f_1 = f_2 = f$, sehingga jika persamaan (6) dikurangi persamaan (5) didapatkan:

$$L_2 - L_1 = \frac{\lambda}{2} = \frac{v}{2f} \quad (7)$$

Dengan demikian kecepatan bunyi di udara dapat ditentukan melalui persamaan:

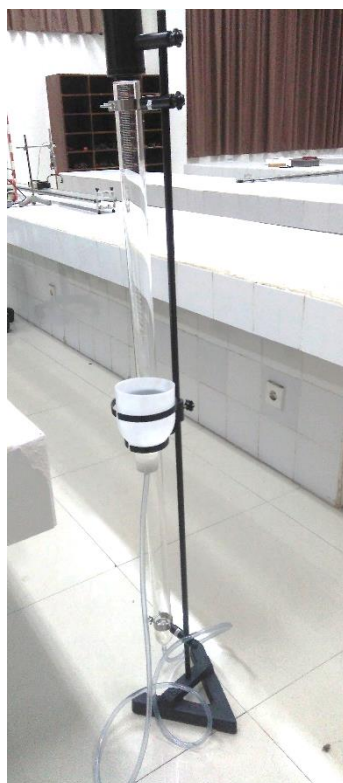
$$v = f\lambda = 2f(L_2 - L_1) \quad (8)$$



Gambar P13. 4 Dua keadaan resonansi untuk suatu frekuensi

D. Langkah Percobaan

1. Pasang alat resonansi dan garputala elektronik seperti gambar P13.3.
2. Tuangkan air ke dalam tandon sampai secukupnya
3. Atur ketinggian air pada tabung resonansi pada sekitar angka 5 cm.
4. Tekan tombol on/off pada garputala elektronik pada frekuensi 512 Hz
5. Turunkan secara perlahan-lahan ketinggian tandon sehingga terdengar suara yang nyaring.
6. Atur ketinggian tandon sehingga didapatkan suara yang paling nyaring. Catat panjang kolom tabung sebagai L_1 pada tabel 1.
7. Turunkan lagi secara perlahan-lahan ketinggian tandon sehingga terdengar suara yang nyaring yang kedua.
8. Atur ketinggian tandon sehingga didapatkan suara yang paling nyaring. Catat panjang kolom tabung sebagai L_2 pada tabel 1.
9. Ulangi langkah 3 sampai 8 untuk frekuensi garpu tala yang lain.



Gambar P13.3. Setup alat resonansi bunyi

Tabel P13.1. Data percobaan resonansi bunyi

No	Frekuensi (Hz)	L_1 (m)	L_2 (m)	$L_2 - L_1$ (m)	$\lambda = 2(L_2 - L_1)$ (m)	$v = f \times \lambda$ (m/s)
1						
2						
3						
\bar{v}						

P13: KALORIMETER

A. Tujuan:

1. Menentukan kalor jenis benda padat (logam)

B. Peralatan :

1. Kalorimeter tembaga dan pengaduk
2. Termometer Hg dua buah
3. Pemanas air (Steam Generator)
4. Neraca teknis
5. Silinder-silinder logam
6. Stopwatch dan tali penggantung

C. Teori

Kalor jenis (c) didefinisikan sebagai jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu dari satu satuan massa zat sebesar satu satuan suhu. Dengan demikian kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu zat bermassa m sebesar ΔT adalah :

$$Q = m c \Delta T \quad (1)$$

Kalorimeter ideal adalah kalorimeter yang bersifat adiabatik (tidak ada panas yang keluar atau masuk sistem) dan kapasitas termalnya nol. Jika sebuah benda yang massanya m dipanaskan sampai suhu T_b , kemudian dimasukkan ke dalam sebuah kalorimeter (massa m_k) yang berisi air (massa m_a) dengan suhu T_o , maka akan terjadi perpindahan kalor dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah sampai tercapai suhu kesetimbangan T_r . Sesuai dengan "Azas Black", proses pindah kalor ini dapat dirumuskan sebagai :

$$mc(T_b - T_r) = (m_k c_k + m_a c_a + m_p c_p)(T_r - T_o) \quad (2)$$

Pada persamaan (2) tersebut m , m_p , m_k , dan m_a berturut-turut adalah massa bahan, massa pengaduk, massa kalorimeter, dan massa air, sedangkan c , c_p , c_k , dan c_a , berturut-turut adalah kalor jenis bahan, kalor jenis pengaduk, kalor jenis kalorimeter, dan kalor jenis air.

D. Tugas pendahuluan :

1. Jelaskan mengenai tiga jenis perpindahan panas !
2. Terangkan maksud dari istilah-istilah berikut :
 - a. Kapasitas kalor suatu benda
 - b. Kalor lebur suatu zat
 - c. Kalor uap suatu zat
3. Suatu zat padat akan ditentukan kalor jenisnya dengan menggunakan kalorimeter. Cara manakah yang lebih akurat, zat padat tersebut dalam bentuk bongkahan besar atau dalam bentuk keping-keping tipis? Jelaskan jawaban anda.

E. Langkah percobaan

1. Percobaan 1:

- 1) Timbang massa kalorimeter m_k dan pengaduk m_p dengan neraca teknis.
- 2) Isi kalorimeter dengan air sebanyak kira-kira 125 ml dan masukkan pengaduk. Kemudian timbang dengan neraca teknis. Massa air (m_a) dapat hasil dihitung dari selisih percobaan-2 dan percobaan 1.
- 3) Tutup kalorimeter berisi air tersebut dengan penutup yang sudah dilengkapi termometer. Baca suhu sistem (T_o).
- 4) Sementara itu, bahan yang akan ditentukan kalor jenisnya dipanaskan di dalam pemanas berisi air sampai suhunya mencapai kurang lebih 85°C. Suhu bahan dapat dianggap sama dengan suhu air panas.
- 5) Pindahkan dengan cepat bahan yang panas tersebut ke dalam tabung kalorimeter dan tutup kembali, kemudian aduk perlahan-lahan. Amati kenaikan suhu air setiap 1/2 menit. Hentikan pembacaan setelah suhunya tidak berubah lagi.
- 6) Ulangi langkah 1 sampai 5 untuk bahan logam yang lainnya
- 7) Catat hasil pengamatan pada tabel dibawah ini

Massa kalorimeter $m_k \pm \Delta m_k =$
Massa pengaduk $m_p \pm \Delta m_p =$
Suhu Ruangan $T_r \pm \Delta T_r =$

Jenis benda padat :

Massa benda $m_b \pm \Delta m_b =$

Massa air $m_a \pm \Delta m_a =$

Ulangan	Suhu awal T_o (°C)	Suhu bahan T_b (°C)	Suhu akhir T_r (°C)	Kalor jenis bahan c_b (cal/gram·C°)
1				
2				
3				
Rataan				

Jenis benda padat :

Massa benda $m_b \pm \Delta m_b =$

Massa air $m_a \pm \Delta m_a =$

Ulangan	Suhu awal T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu bahan T_b ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu akhir T_r ($^{\circ}\text{C}$)	Kalor jenis bahan c_b (cal/gram $\cdot^{\circ}\text{C}$)
1				
2				
3				
Rataan				

Jenis benda padat :

Massa benda $m_b \pm \Delta m_b =$

Massa air $m_a \pm \Delta m_a =$

Ulangan	Suhu awal T_0 ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu bahan T_b ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu akhir T_r ($^{\circ}\text{C}$)	Kalor jenis bahan c_b (cal/gram $\cdot^{\circ}\text{C}$)
1				
2				
3				
Rataan				

Gunakan data berikut ini:

- Kalor jenis kalorimeter dan pengaduk tembaga = 0.093 cal/gram $\cdot^{\circ}\text{C}$
- Kalor jenis air = 1 cal/gram $\cdot^{\circ}\text{C}$

8. Dari percobaan di atas, tentukan kalor jenis bahan silinder logam.

Jawab:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. Bandingkan hasil yang saudara peroleh dengan literatur !

Jawab:.....

.....

.....

.....

.....

10. Dari hasil di atas, faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi percobaan saudara !

Jawab:.....

.....

.....

.....

.....

11. Buat kesimpulan hasil percobaan saudara !

Jawab:.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

P14: HUKUM OHM

A. Tujuan

1. Menjelaskan cara pengukuran arus dan tegangan secara bersamaan.
2. Menentukan nilai suatu hambatan listrik dengan pengukuran arus dan tegangan secara bersamaan.

B. Peralatan

1. Volt meter
2. Ampere meter
3. Hambatan geser
4. Kabel-kabel penghubung
5. Sumber tegangan DC
6. Pemutus Arus
7. Beberapa hambatan yang akan diukur.

C. Perangkat lunak

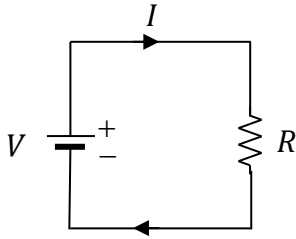
1. Microsoft Word
2. Microsoft Exel

D. Teori Singkat

Ketika tegangan listrik (beda potensial) diberikan pada ujung-pangkal kawat konduktor logam maka akan muncul arus listrik. Susunan rangkaian ini dapat dilihat pada gambar P14.1. Hambatan listrik dari kawat tersebut didefinisikan sebagai perbandingan tegangan dan arus:

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

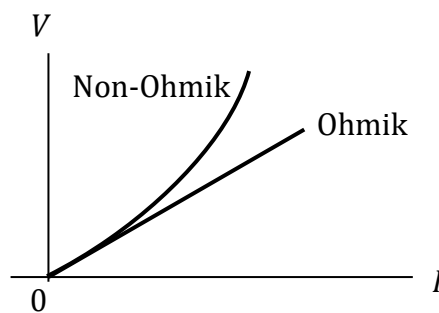
Satuan SI untuk hambatan listrik adalah ohm (Ω). $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$.



Gambar P14.1 Rangkaian sederhana terdiri dari sumber tegangan ideal V yang dihubungkan dengan suatu hambatan R .

Hukum Ohm menyatakan bahwa jika tegangan divariasikan, untuk variasi yang tidak terlalu besar didapatkan arus yang sebanding dengan tegangan yang diberikan. Dalam kasus ini nilai hambatan R adalah tetap:

$$V = IR; R = \text{konstan} \quad (2)$$



Gambar P14.2 Kurva V terhadap I untuk material ohmik dan non-ohmik.

Untuk material-material yang memenuhi hukum Ohm, nilai hambatan tidak tergantung pada arus. Material seperti ini disebut material ohmik. Kebanyakan logam merupakan material ohmik. Material-material yang tidak mengikuti hukum Ohm disebut material non-ohmik. Untuk material non-ohmik perbandingan tegangan dengan arus bergantung pada arus. Kurva V terhadap I untuk material ohmik dan non-ohmik dapat dilihat pada gambar P14.2.

1. Amperemeter dan Voltmeter

a. Amperemeter

Amperemeter adalah alat untuk mengukur arus yang melalui suatu komponen listrik. Jika kita ingin mengukur arus yang melalui resistor R_x maka amperemeter tersebut dipasang secara seri dengan resistor R_x seperti pada Gambar P14.3 (a).

Karena sebuah amperemeter mempunyai hambatan listrik r_A , maka pemasangan secara seri tersebut menyebabkan nilai hambatan sistem bertambah, yaitu:

$$R_s = R_x + r_A \quad (3)$$

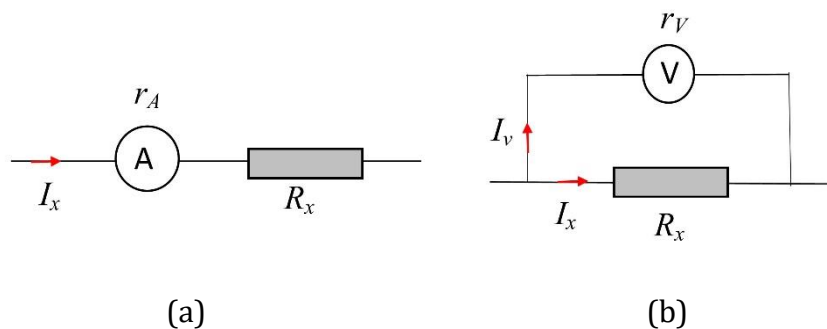
Syarat amperemeter yang baik adalah hambatan dalamnya kecil, $r_A \ll R_x$ sehingga $R_s \approx R_x$.

b. Voltmeter

Voltmeter adalah alat untuk mengukur tegangan pada suatu komponen listrik. Jika kita ingin mengukur tegangan listrik pada resistor R_x maka voltmeter tersebut dipasang secara paralel dengan resistor R_x seperti pada Gambar P14.3 (b). Karena sebuah voltmeter mempunyai hambatan listrik r_V , maka pemasangan secara paralel tersebut menyebabkan nilai hambatan sistem berkurang, yaitu:

$$R_p = \frac{R_x \times r_V}{R_x + r_V} \quad (4)$$

Syarat voltmeter yang baik adalah hambatan dalamnya besar, $r_V \gg R_x$ sehingga $R_p \approx R_x$.



Gambar P14.3 Cara pemasangan amperemeter dan voltmeter untuk mengukur arus dan tegangan pada suatu resistor.

2. Pengukuran Arus dan Tegangan Listrik secara Bersamaan

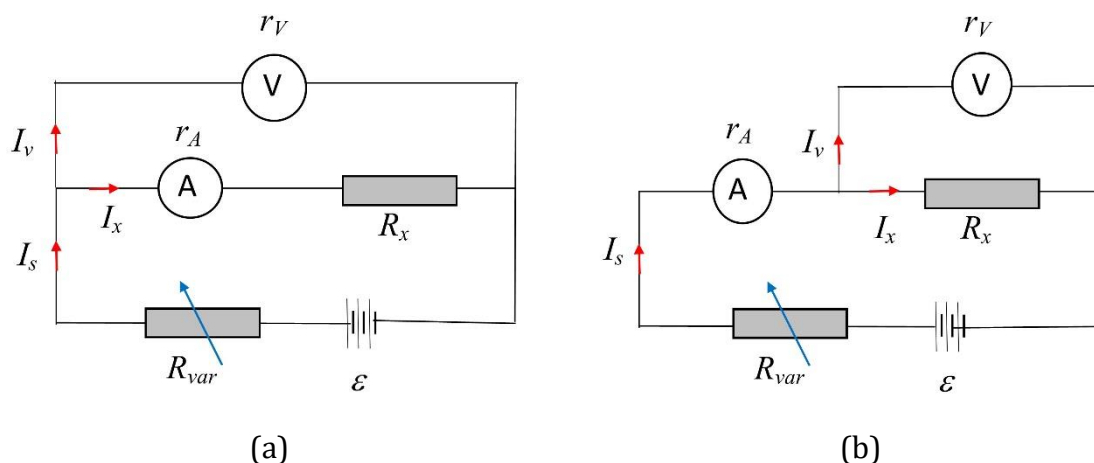
Pada percobaan ini diperlukan pengukuran arus dan tegangan listrik secara bersamaan. Ada dua rangkaian listrik yang memungkinkan percobaan ini mendapatkan hasil yang akurat seperti yang terlihat pada Gambar P14.4, sebutlah dengan rangkaian (a) dan rangkaian (b). Dengan memvariasikan R_{var} tegangan di ujung-ujung rangkaian dapat divariasikan. Kita bahas keunggulan dan kelemahan masing-masing rangkaian.

a. Rangkaian (a)

Pada rangkaian (a) amperemeter A dipasang secara seri langsung dengan resistor R_x sehingga pengukuran arus dapat dilakukan secara akurat. Sementara itu voltmeter dipasang secara paralel pada rangkaian seri tersebut sehingga voltmeter akan mengukur tegangan di ujung-ujung rangkaian seri dan bukan di resistor R_x . Pengukuran tegangan ini akan mendekati hasil yang sebenarnya jika $r_A \ll R_x$.

b. Rangkaian (b)

Pada rangkaian (b) voltmeter V dipasang secara paralel langsung dengan resistor R_x sehingga pengukuran tegangan dapat dilakukan secara akurat. Sementara itu amperemeter dipasang secara seri pada rangkaian paralel tersebut sehingga amperemeter akan mengukur arus total yang melalui rangkaian paralel dan bukan yang melalui resistor R_x . Pengukuran arus ini akan mendekati hasil yang sebenarnya jika $r_V \gg R_x$.



Gambar P14.4 Cara mengukur arus dan tegangan pada suatu resistor secara bersamaan.

Dari pembahasan di atas kita dapatkan kesimpulan bahwa jika nilai hambatan yang akan kita ukur itu relatif besar dibandingkan hambatan amperemeter ($R_x \gg r_A$), maka rangkaian (a) akan mendapatkan hasil yang lebih akurat, tapi jika nilai hambatan yang akan kita ukur itu relatif kecil dibandingkan hambatan voltmeter ($R_x \ll r_V$), maka rangkaian (b) akan mendapatkan hasil yang lebih akurat.

---oo0oo---

E. Tugas Praktikum

Diberikan tiga buah resistor, yang pertama, R_{x1} bernilai satuan ohm, yang kedua, R_{x2} bernilai puluhan ohm dan yang ketiga, R_{x3} bernilai ratusan ohm. Pada masing-masing resistor dilakukan percobaan Hukum Ohm dengan menggunakan dua rangkaian seperti pada Gambar P14.4. Tegangan pada rangkaian divariasikan dengan mengubah-ubah nilai R_{var} . Didapatkan data pengamatan percobaan tersebut pada tabel di bawah ini.

Pengukuran pada R_{x1}					
Rangkaian (a)			Rangkaian (b)		
I (A)	V (V)	R (Ω)	I (A)	V (V)	R (Ω)
		$\bar{R} = \quad \Omega$			$\bar{R} = \quad \Omega$

Pengukuran pada R_{x2}					
Rangkaian (a)			Rangkaian (b)		
I (A)	V (V)	R (Ω)	I (A)	V (V)	R (Ω)
		$\bar{R} = \quad \Omega$			$\bar{R} = \quad \Omega$

Pengukuran pada R_{x3}					
Rangkaian (a)			Rangkaian (b)		
I (A)	V (V)	R (Ω)	I (A)	V (V)	R (Ω)
		$\bar{R} = \quad \Omega$			$\bar{R} = \quad \Omega$

---oo0oo---

P15: MEDAN MAGNET DAN INDUKSI MAGNETIK

A. Tujuan

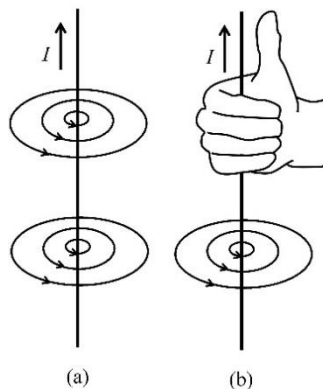
1. Mahasiswa dapat menjelaskan kemunculan medan magnet dan gaya magnet
2. Mahasiswa dapat menjelaskan hukum Faraday.
3. Mahasiswa mampu memahami cara kerja transformator listrik.

B. Peralatan

1. Galvanometer
2. Kabel penghubung
3. Magnet
4. Kumparan

C. Teori singkat

Hans Christian Oersted (1777-1851) menemukan bahwa ketika jarum kompas yang diletakkan di dekat kawat berarus listrik ternyata jarum menyimpang. Ia menyimpulkan bahwa arus listrik menimbulkan medan magnet di sekitarnya seperti pada Gambar P15.1. Dari kajian selanjutnya para ahli fisika mengambil kesimpulan bahwa muatan yang bergerak akan menimbulkan medan magnet di sekitarnya.

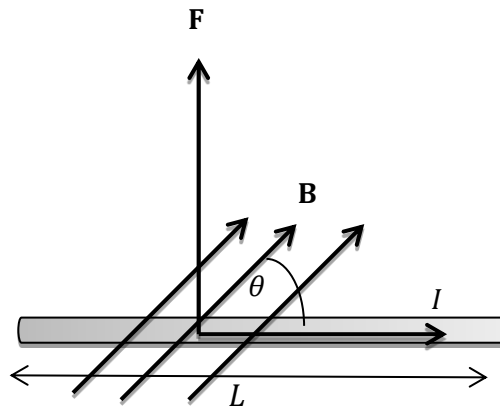


GambarP15.1. (a) Arus listrik menimbulkan medan magnet di sekitarnya. (b) Arah medan magnet yang ditimbulkan mengikuti aturan tangan kanan.

Jika kawat berarus berada dalam medan magnet, maka kawat tersebut akan mengalami gaya magnet. Besar gaya magnet yang dialami kawat tersebut mengikuti persamaan:

$$F_L = ILB \sin \theta \quad (1)$$

dengan F_L adalah besar gaya magnetik, I adalah besar arus listrik, L adalah panjang kawat, B adalah kuat medan magnet, dan θ adalah sudut antara arah arus dan arah medan magnet. Arah gaya magnet selalu tegak lurus arah arus dan arah medan magnet seperti ditunjukkan pada Gambar P15.2.



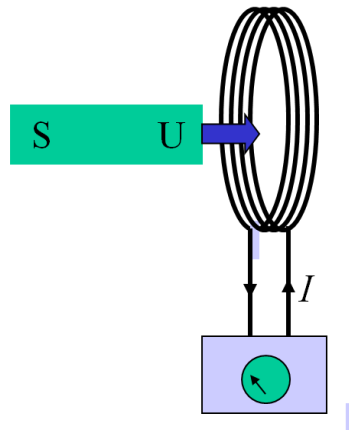
Gambar P15.2. Kawat berarus yang berada dalam medan magnet akan mengalami gaya magnetik. Arah gaya magnetik selalu tegak lurus arah arus dan arah medan magnet.

Hukum Induksi Faraday (singkatnya, hukum Faraday) adalah hukum dasar elektromagnetisme yang memprediksi bagaimana medan magnet akan berinteraksi dengan rangkaian listrik untuk menghasilkan gaya gerak listrik (ggl) yaitu fenomena yang dikenal sebagai induksi elektromagnetik. Ini adalah prinsip operasi fundamental dari transformator, induktor, dan berbagai jenis motor listrik, generator, dan solenoida. Hukum Faraday menyatakan bahwa terdapat ggl, yang disebabkan oleh adanya perubahan fluks magnetik yang menembus suatu loop tertutup.

Dalam percobaan Faraday atau sering dikenal dengan istilah Eksperimen Faraday ini, Michael Faraday mengambil sebuah batang magnet dan sebuah kumparan yang terhubung ke galvanometer. Pada awalnya, batang magnet diletakkan agak jauh dari kumparan sehingga tidak ada defleksi dari jarum galvanometer. Jarum pada galvanometer tetap menunjukkan angka 0. Ketika batang magnet digerakkan mendekati kumparan, jarum pada galvanometer juga bergerak menyimpang ke satu arah tertentu seperti pada Gambar P15.3. Pada saat magnet berhenti bergerak jarum galvanometer akan kembali ke titik 0. Namun jika batang magnet digerakkan menjauhi kumparan, maka jarum galvanometer akan bergerak menyimpang ke arah berlawanan dengan arah sebelumnya. Pada saat magnet berhenti bergerak jarum galvanometer akan kembali ke titik 0. Demikian juga apabila yang bergerak adalah kumparan, tetapi magnet pada posisi tetap, galvanometer akan menunjukkan menyimpang dengan cara yang sama. Dari percobaan Kemagnetan

Faraday tersebut juga ditemukan bahwa semakin cepat perubahan medan magnet semakin besar pula ggl yang dihasilkan. Hukum Faraday dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan:

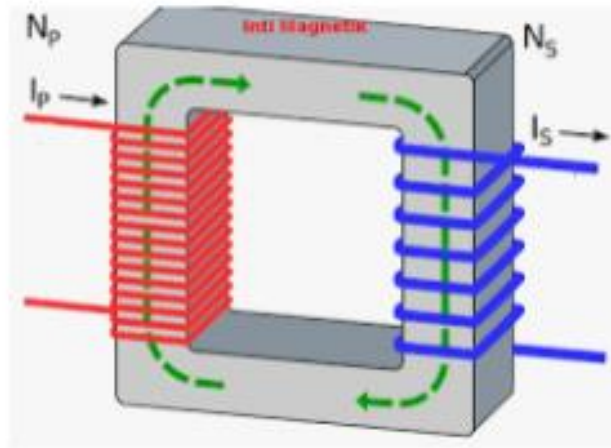
$$\varepsilon_{induksi} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} \quad (2)$$



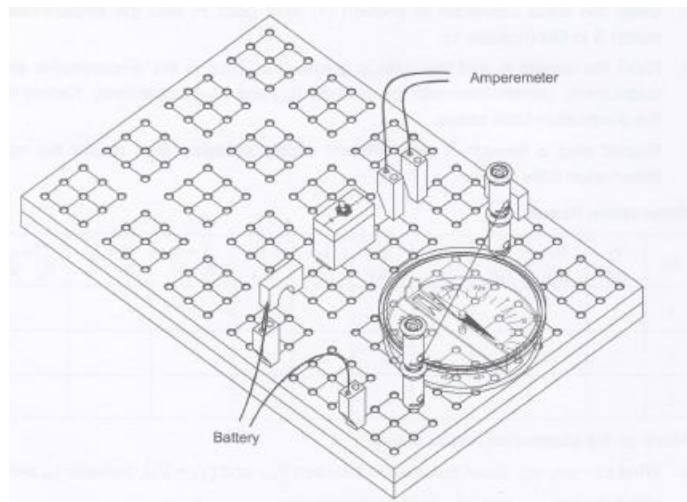
Gambar P15.3. Batang magnet digerakkan mendekati kumparan menghasilkan ggl pada kumparan.

Salah satu aspek penting dari hukum Faraday adalah transformator listrik. Transformator listrik atau disingkat trafo adalah perangkat listrik pasif yang mentransfer energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya, atau ke beberapa rangkaian. Arus yang bervariasi dalam salah satu kumparan transformator menghasilkan fluks magnet yang bervariasi di inti transformator yang selanjutnya menginduksi gaya gerak listrik yang bervariasi di setiap kumparan lain yang melilit inti yang sama (lihat Gambar P15.4). Perbandingan tegangan di kumparan primer dan sekunder dapat dituliskan sebagai:

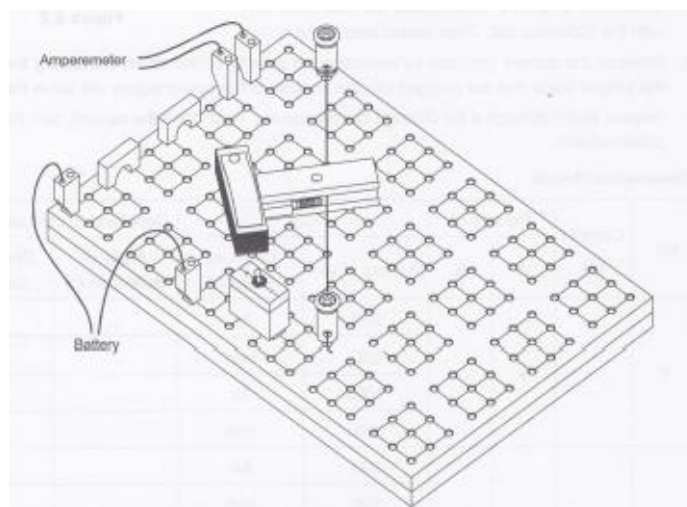
$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (2)$$



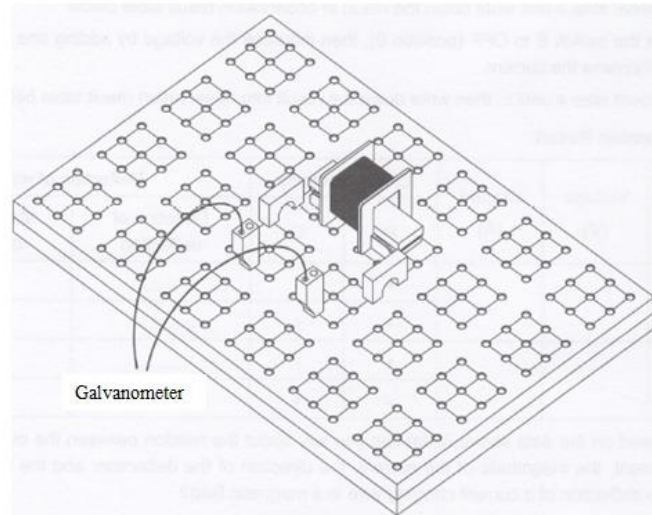
Gambar P15.4. Bagan sebuah transformator listrik.



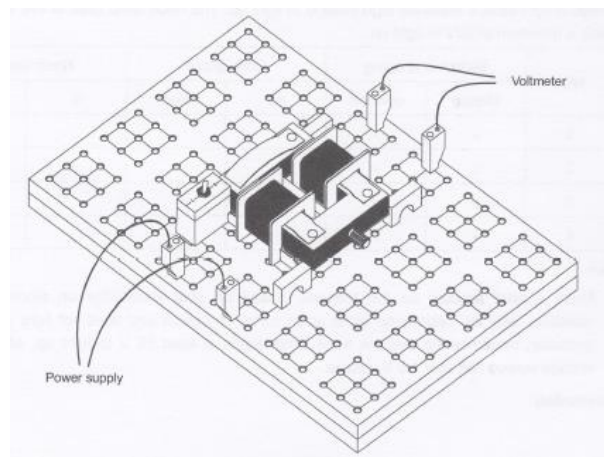
Gambar P15.5. Pengaturan percobaan medan magnet



Gambar P15.6. Pengaturan percobaan gaya magnet



Gambar P15.7. Pengaturan Percobaan Induksi Magnetik



Gambar P15.8. Pengaturan Percobaan Transformator Listrik

D. Langkah Percobaan

1. Medan Magnet

1. Rangkaian disusun seperti gambar P15.5
2. Pilih 3 VDC pada power suplai dan dalam keadaan off
3. Cek kembali rangkaian
4. Nyalakan power suplai
5. Aturlah saklar pada posisi on, catat pada tabel P15.2 arus yang terukur pada ampermeter dan catat sudut simpangan pada kompas (gunakan busur) dan arah simpangannya searah jarum jam atau berlawanan jarum jam.
6. Atur saklar ke posisi off
7. Jauhkan kompas dari kawat, lalu lakukan hal yang sama pada langkah 5

8. Ubahlah polaritas dari power suplai, lakukan kembali hal yang sama dari langkah 4 sampai 7, catat semua hasil yang didapatkan pada tabel P15.2

Tabel P15.1 Hasil pengamatan

NO	Arus (A)	Polaritas		Jarak		Simpangan Kompas	
		A	B	Dekat	Jauh	Sudut	Arah Gerak
1		+	-				
2		-	+				
3		+	-				
4		-	+				

2. Gaya Magnet

1. Rangkailah seperti gambar P15.6
2. Pilih 3 VDC pada power suplai, pada posisi off
3. Cek kembali rangkaian yang sudah dibuat
4. Nyalakan power suplai
5. Aturlah posisi saklar pada posisi on, catat arus yang terukur pada ampermeter, amati arah simpangan kawat dalam medan magnet dan ukurlah simpangannya (dalam mm).
6. Atur kembali saklar pada posisi off
7. Ulangi langkah 5 dengan membalikkan polaritas dengan memindahkan kabel jumper dan amati.
8. Atur saklar pada posisi off, lalu naikan tegangan pada power suplai menjadi 6 VDC.
9. Set posisi saklar pada posisi on (HATI – HATI jangan terlalu dekat dengan kawat)
10. Ulangi dari langkah 4 sampai 7, catat hasil percobaan pada tabel P15.3

Tabel P15.2. Hasil percobaan gaya magnet

NO	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Polaritas		Simpangan Kompas	
			A	B	Sudut	Arah Gerak
1			+	-		
2			-	+		
3			+	-		
4			-	+		

3. Gaya Gerak Listrik Induksi

1. Set alat seperti Gambar P15.7
2. Gerakkan batang magnet mendekati kumparan. Perhatikan jarum galvanometer. Apakah selama pergerakan jarum bergerak menyimpang? Apakah menyimpang ke kiri atau ke kanan?
3. Gerakkan batang magnet menjauhi kumparan. Perhatikan jarum galvanometer. Apakah selama pergerakan jarum bergerak menyimpang? Apakah menyimpang ke kiri atau ke kanan?
4. Lakukan langkah 2 dan 3 dengan menggerakkan batang magnet dengan kecepatan yang lebih besar.
5. Lakukan langkah 2 sampai 4 dengan kutub selatan magnet menghadap ke kumparan (batang magnet dibalik).
6. Ganti kumparan dengan yang jumlah lilitannya lebih banyak, kemudian ulangi langkah 2 sampai langkah 5.

4. Transformator

1. Rangkaian disusun seperti gambar P15.8.
2. Pilih 3 V AC pada power suplai AC, dalam keadaan OFF
3. Cek kembali rangkaian.
4. Nyalakan power suplay
5. Aturlah saklar pada posisi ON, catat tegangan masukan dan tegangan keluaran pada tabel P15.3. Matikan saklar (posisi OFF).
6. Ganti tegangan inputnya dengan 6V AC lakukan hal yang sama seperti langkah 4 dan 5.
7. Ulangi langkah 2 sampai 6 dengan mempertukarkan kedua kumparan, kumparan primer menjadi sekunder dan kumparan sekunder menjadi primer.

Tabel P15.3. Hasil Pengamatan

Power Suplai	Lilitan Primer (N _p)	Lilitan Sekunder (N _s)	V _p (V)	V _s (V)	$\frac{N_p}{N_s}$	$\frac{V_p}{V_s}$
3 volt	500	1000				
6 volt	500	1000				
9 volt	1000	500				
12 volt	1000	500				

---oo0oo---

P16: LENSА DAN CERMIN

A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat menentukan jarak fokus lensa positif.
2. Mahasiswa dapat menentukan jarak fokus lensa negatif dengan bantuan lensa positif.

B. Peralatan

1. Seperangkat meja optik

C. Perangkat lunak

1. Microsoft Word
2. Microsoft Excel

D. Teori Singkat

Lensa adalah perangkat optik yang sudah sangat dikenal dewasa ini. Sehari-hari kita dapat melihat penggunaan lensa sebagai kacamata. Pada dasarnya ada dua jenis lensa yaitu lensa konvergen atau lensa positif dan lensa divergen atau lensa negatif. Lensa konvergen bersifat mengumpulkan sinar yang jatuh padanya sehingga jika ada sinar sejajar yang datang dari sebelah kiri lensa konvergen. Sinar-sinar ini dikumpulkan di titik F yang berada di sebelah kanan lensa. Lensa divergen bersifat menyebarkan sinar yang jatuh padanya. Sehingga jika ada sinar sejajar yang datang dari sebelah kiri lensa, maka berkas sinar ini akan disebarkan seolah-olah berasal dari titik F yang berada di sebelah kiri lensa. Jarak dari lensa ke titik F disebut jarak fokus. Untuk lensa konvergen jarak fokus ini bernilai positif, sedangkan untuk lensa divergen bernilai negatif. Dengan sifat-sifat lensa tersebut, maka suatu lensa dapat membentuk bayangan dari setiap objek yang diletakkan di kiri atau kanan lensa. Untuk lensa-lensa tipis berlaku hubungan:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (1)$$

dengan f adalah jarak fokus, d_o adalah jarak objek dan d_i adalah jarak bayangan. Jika sinar-sinar menjalar dari kiri ke kanan, maka kita dapat mengambil konvensi sebagai berikut:

f bernilai positif (+) untuk lensa konvergen

f bernilai negatif (-) untuk lensa divergen

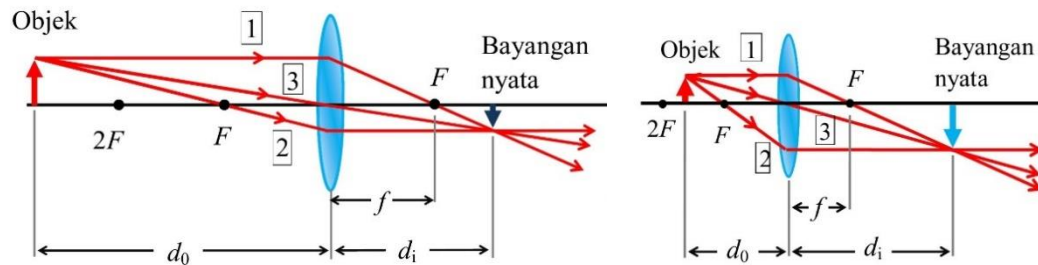
d_o bernilai positif (+) jika objek di sebelah kiri lensa

d_o bernilai negatif (-) jika objek di sebelah kanan lensa

d_i bernilai positif (+) jika bayangan di sebelah kanan lensa

d_i bernilai negatif (-) jika bayangan di sebelah kiri lensa

1. Pembentukan bayangan nyata pada lensa konvergen



Gambar P16.1. Pembentukan bayangan nyata pada lensa konvergen.

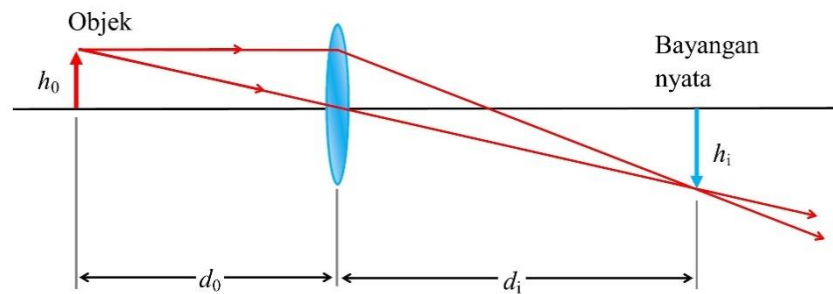
Perhatikan Gambar P16.1. Kita asumsikan sinar-sinar menjalar dari kiri ke kanan. Dalam percobaan yang akan kita lakukan kita akan meletakkan objek di sebelah kiri lensa kemudian akan menangkap bayangan yang terbentuk di sebelah kanan lensa dengan menggunakan layar. Dengan demikian bayangan yang terbentuk merupakan bayangan nyata dengan jarak bayangan d_i bernilai positif. Dari persamaan 1 bayangan d_i bernilai positif jika $d_o > f$. Jika $d_o > 2f$, maka bayangan diperkecil sedangkan jika $f < d_o < 2f$ bayangan diperbesar.

2. Pembentukan bayangan nyata pada lensa divergen

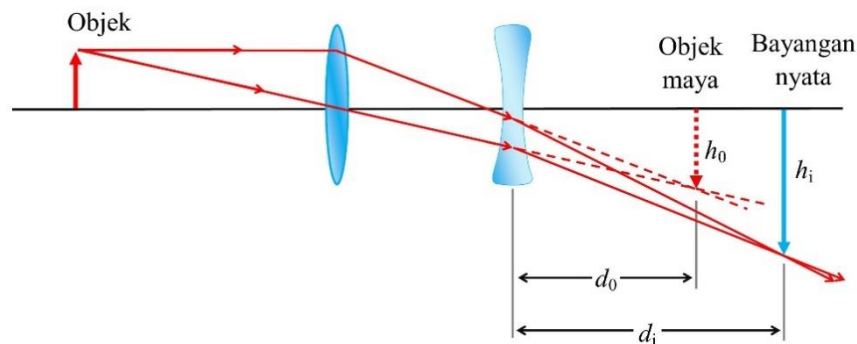
Kita asumsikan sinar-sinar menjalar dari kiri ke kanan. Jika sebuah objek nyata diletakkan di sebelah kiri lensa divergen, maka akan selalu dihasilkan bayangan maya di sebelah kiri lensa. Hal ini sesuai dengan persamaan 1, yaitu jika f bernilai negatif dan d_o bernilai positif maka d_i selalu bernilai negatif. Dari persamaan 1 kita bisa mendapatkan bayangan nyata jika d_o bernilai negatif dan $d_o > f$. ($|d_o| < |f|$). Dengan demikian pembentukan bayangan nyata pada lensa negatif tidak bisa dilakukan secara langsung, akan tetapi harus melalui bantuan lensa positif untuk menghasilkan objek maya.

Perhatikan gambar P16.2a. Sebuah objek nyata di sebelah kiri lensa konvergen akan menghasilkan bayangan nyata di sebelah kanan lensa. Bayangan yang dihasilkan lensa konvergen ini menjadi objek bagi perangkat optik yang ada di sebelah kanan lensa konvergen ini. Perhatikan gambar P16.2b. Jika sebuah lensa divergen diletakkan diantara lensa konvergen dan bayangan yang dibentuknya, maka bayangan ini menjadi objek maya bagi lensa divergen tersebut. Dalam hal ini

objek ada di sebelah kanan lensa divergen sehingga sesuai dengan konvensi d_o bernilai negative dan bayangan akhir ada di sebelah kanan lensa divergen sehingga d_i bernilai positif.



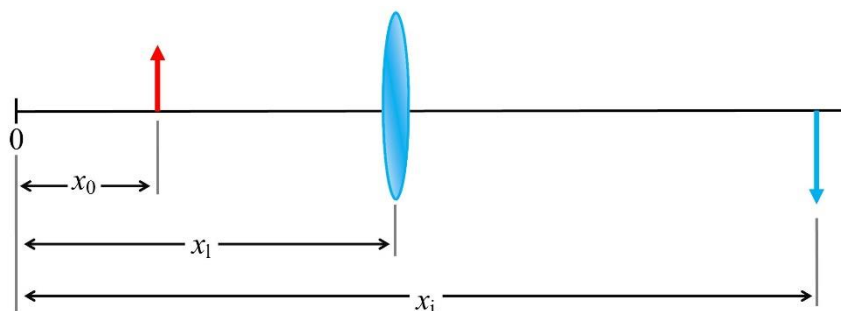
Gambar P16.2a. Pembentukan bayangan nyata pada lensa konvergen.



Gambar P16.2b Pembentukan bayangan nyata pada lensa negatif dengan bantuan lensa konvergen.

E. Tugas Praktikum

a. Penentuan jarak fokus lensa konvergen



Gambar P16.3. Pembentukan bayangan nyata pada lensa konvergen.

Langkah percobaan:

- 1) Peralatan diatur seperti gambar P16.3. Dari kiri ke kanan: objek, lensa dan layar.

- 2) Letakkan objek pada posisi tetap x_o .
- 3) Letakkan lensa pada posisi yang agak jauh dari titik O yaitu pada posisi x_l .
- 4) Geser layar ke kiri atau ke kanan sampai terbentuk bayangan yang jelas (tidak kabur).
- 5) Catat posisi objek, posisi lensa dan posisi layar pada tabel data
- 6) Ulangi langkah 3 – 5 beberapa kali dengan mengubah posisi lensa x_l .
- 7) Olah data yang anda dapatkan untuk mendapatkan nilai jarak fokus lensa.
- 8) Hitung nilai rata-rata jarak fokus lensa beserta ketidakpastiannya.

Tabel P16.1 Pengolahan Data Lensa Konvergen

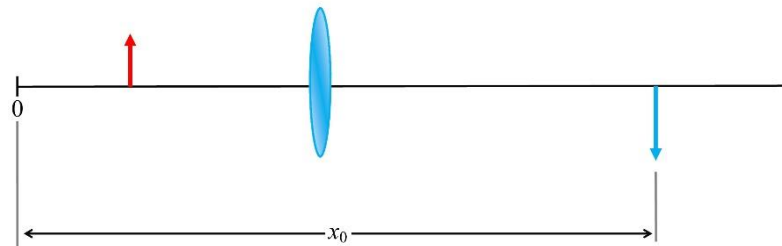
No.	x_o	x_l		x_i	d_o	d_i	f
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
							$\bar{f} =$

b. Penentuan jarak fokus lensa divergen

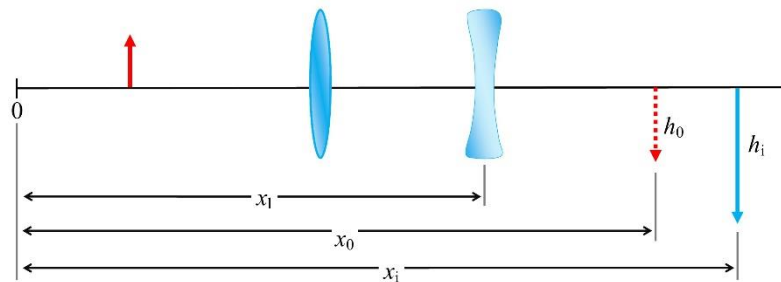
Langkah percobaan:

- 1) Peralatan diatur seperti gambar P16.4 dari kiri ke kanan: objek, lensa positif dan layar sehingga terbentuk bayangan yang jelas (tidak kabur).
- 2) Bayangan ini akan dijadikan objek maya bagi lensa divergen yang akan ditentukan jarak fokusnya. Catat posisi bayangan ini sebagai x_o pada tabel data.
- 3) Tempatkan lensa divergen yang akan ditentukan jarak fokusnya di antara lensa konvergen dan bayangan yang dibentuknya seperti gambar di atas. Catat posisi lensa divergen ini sebagai x_l pada tabel data.
- 4) Geser layar ke kiri ke kanan sampai terbentuk bayangan yang jelas (tidak kabur). Catat posisinya sebagai x_i pada tabel data.
- 5) Ulangi langkah 3 – 4 beberapa kali dengan mengubah posisi lensa x_l .

- 6) Olah data yang anda dapatkan untuk mendapatkan nilai jarak fokus lensa.
- 7) Hitung nilai rata-rata jarak fokus lensa beserta ketidakpastiannya.



Gambar P16.4. Pembentukan bayangan nyata pada lensa konvergen. Bayangan ini menjadi objek maya bagi lensa divergen.



Gambar 16.5 Pembentukan bayangan nyata pada lensa negatif dengan bantuan lensa konvergen.

Tabel P16.2 Pengolahan Data Lensa Divergen

No.	x_o	x_l	x_i	d_o	d_i	f
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
						$\bar{f} =$

---oo0oo---

P16: CERMIN CEKUNG

A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat menentukan jarak fokus cermin cekung.

B. Peralatan

1. Seperangkat sistem optik dasar.

C. Perangkat Lunak

1. Microsoft Word

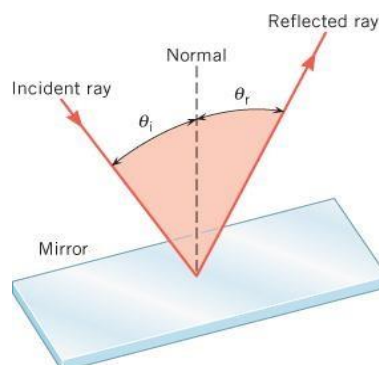
D. Teori Singkat

Cermin adalah suatu alat yang sudah dikenal manusia sejak lama. Dalam keseharian kita, cermin kita pakai ketika sedang berdandan, ketika kita mengendarai kendaraan dan lain sebagainya. Dengan memakai cermin kita dapat melihat bayangan suatu objek karena ada sinar-sinar yang mengenai cermin kemudian dipantulkan oleh cermin ke mata kita.

1. Pemantulan Cahaya

Hampir semua objek memantulkan sebagian dari cahaya yang jatuh padanya. Misalkan seberkas kecil sinar datang pada suatu permukaan yang mengkilat seperti pada gambar P16.6 Sinar datang, garis normal dan sinar pantul berada pada bidang yang sama. Dengan menggunakan prinsip prinsip waktu tersingkat dapat dibuktikan bahwa sudut datang sama dengan sudut pantul:

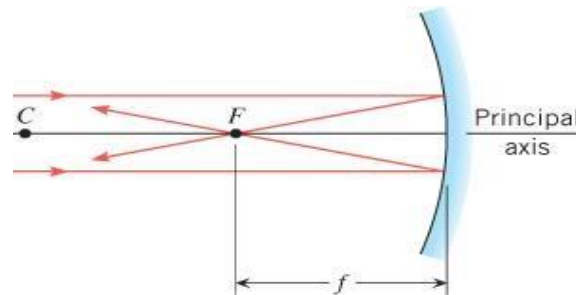
$$\theta_r = \theta_i \quad (1)$$



Gambar P16.6. Pemantulan cahaya. Sudut pantul, θ_r sama besar dengan sudut datang θ_i .

2. Cermin Cekung

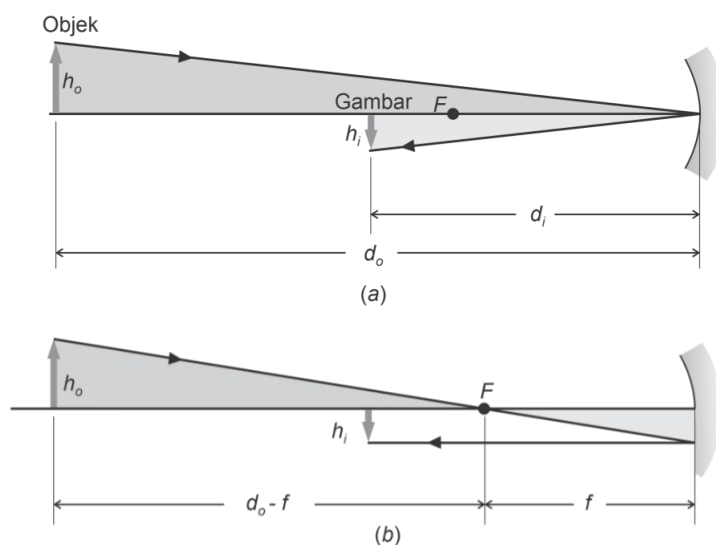
Sifat umum cermin cekung adalah mengumpulkan cahaya. Perhatikan gambar P16.7. Titik C adalah pusat kelengkungan cermin. Titik F adalah titik fokus cermin. Garis yang melalui titik C dan pusat cermin disebut sumbu utama. Berkas sinar sejajar yang datang ke cermin akan dipantulkan ke titik fokus F.



Gambar P16.7. Sketsa sebuah cermin cekung.

Secara geometris jarak fokus suatu cermin cekung dapat ditentukan sebagai:

$$f = \frac{R}{2} \quad (2)$$



Gambar P16.8. Diagram untuk menentukan hubungan antara jarak fokus f , jarak benda d_o dan jarak bayangan d_i , serta perbesaran bayangan.

Perhatikan gambar P16.8. Secara geometri akan didapatkan hubungan antara jarak fokus f , jarak objek d_o dan jarak bayangan d_i sebagai:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \quad (3)$$

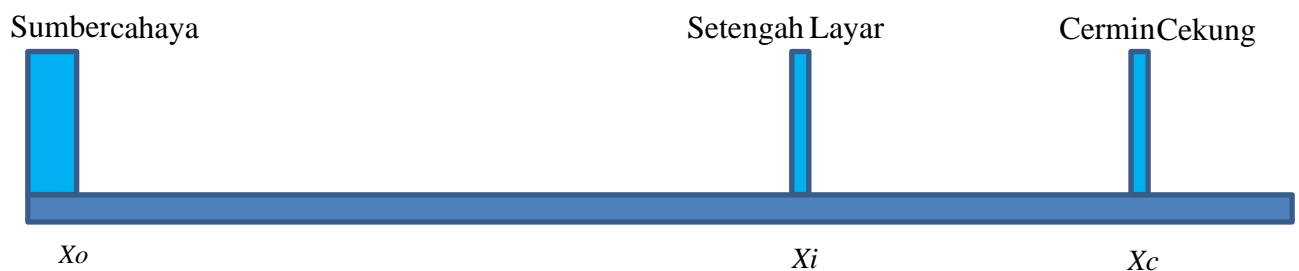
Dalam hal ini benda diletakkan di depan cermin, sehingga d_o bernilai positif. Adapun bayangan yang terbentuk dapat di depan cermin dapat pula di belakang cermin. Jika bayang terdapat di depan cermin, merupakan bayangan nyata dan d_i bernilai positif, sedangkan jika bayangan terdapat di belakang cermin, merupakan bayangan maya dan d_i bernilai negatif.

E. Tugas Praktikum

1. Penentuan Jarak Fokus Cermin Cekung

Langkah percobaan:

- 1) Peralatan diatur seperti gambar 16.9.
- 2) Letakkan objek (sumber cahaya) pada posisi tetap x_o .
- 3) Letakkan cermin cekung diposisi x_c (sekitar 50 cm dari sumber).
- 4) Atur posisi setengah layar di x_i sehingga bayangan yang terbentuk di layar jelas, tidak kabur.
- 5) Ulangi langkah 3 dan 4 beberapa kali untuk nilai x_c yang lain.



Gambar P16.9 Set up percobaan cermin cekung

Tabel P16.1 Pengolahan Data Lensa Divergen

No.	x_o	x_c	x_i	do	di	f
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
						\bar{f}

F. Laporan Praktikum

Berdasarkan hasil pengamatan yang sudah dilakukan buatlah laporan praktikum yang memuat tiga hal:

1. Hasil pengamatan
2. Analisis hasil pengamatan
3. Kesimpulan

---oo0oo---

P17: OPTIKA FISIS DIFRAKSI

A. Tujuan

- c. Mahasiswa dapat menentukan panjang gelombang laser.

B. Alat dan Bahan :

1. Laser
2. Keping Difraksi dan Keping Kisi Difraksi
3. Layar
4. Meja Optik lengkap dengan rel berskala
5. Beberapa Statip

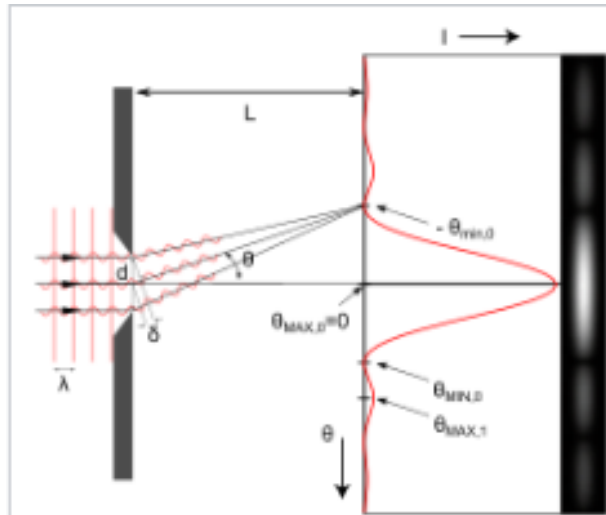
C. Perangkat Lunak

1. Microsoft Word
2. Microsoft Exel/Kalkulator

D. Teori Singkat

Difraksi mengacu pada berbagai fenomena yang terjadi ketika gelombang menemui rintangan atau celah. Difraksi didefinisikan sebagai pembengkokan gelombang di sekitar sudut rintangan atau melalui celah ke dalam wilayah bayangan geometris rintangan atau celah. Objek atau bukaan difraksi secara efektif menjadi sumber sekunder dari gelombang. Ilmuwan Italia Francesco Maria Grimaldi menciptakan kata difraksi dan merupakan orang pertama yang mencatat pengamatan akurat dari fenomena tersebut pada tahun 1660.

1. Difraksi celah tunggal



Gambar P17.1. Pola Terang-Gelap pada Difraksi Celah Tunggal.

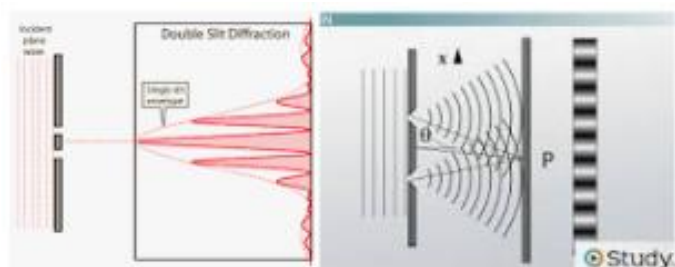
Jika cahaya monokromatik melewati suatu celah tunggal, maka cahaya akan terdifraksi sehingga pada layar akan nampak pola gelap terang seperti gambar P17.1. Di pusat, semua berkas mempunyai fasa yang sama, sehingga akan kita dapatkan di sini intensitasnya maksimum. Jika d adalah lebar celah, maka titik-titik minimum (gelap) terjadi ketika sudut θ mengikuti persamaan:

$$d \sin \theta = m\lambda ; m = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Jika jarak dari celah ke layar adalah L dan jarak dari pusat terang ke garis gelap ke- m adalah y_m , dengan $y_m \ll L$, maka dapat dituliskan:

$$\lambda = \frac{d \times y_m}{m \times L} ; m = 1, 2, \dots \quad (2)$$

2. Difraksi Celah Ganda



Gambar P17.2. Pola Terang-Gelap pada Difraksi Celah Ganda.

Jika cahaya monokromatik melewati suatu celah ganda, maka cahaya akan ada proses gabungan interferensi dan difraksi sehingga terjadi pola terang-gelap seperti gambar P17.2. Di pusat, semua berkas mempunyai fasa yang sama, sehingga akan kita dapatkan di sini intensitasnya maksimum. Jika jarak antar celah adalah D , sedangkan lebar celah adalah d dengan $D \gg d$, maka titik-titik maksimum (terang) terjadi ketika sudut θ mengikuti persamaan:

$$D \sin \theta = m\lambda ; m = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

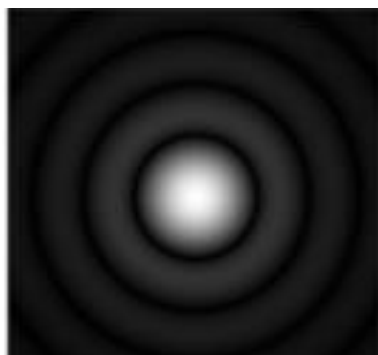
Jika jarak dari celah ke layar adalah L dan jarak dari pusat terang ke garis terang ke- m adalah y_m , dengan $y_m \ll L$, maka dapat dituliskan:

$$\lambda = \frac{D \times y_m}{m \times L} ; m = 1, 2, \dots \quad (4)$$

3. Difraksi Lubang Lingkaran

Jika cahaya monokromatik melewati suatu lubang lingkaran, maka cahaya akan terdifraksi sehingga pada layar akan nampak pola gelap terang seperti gambar P17.3. Di pusat, semua berkas mempunyai fasa yang sama, sehingga akan kita dapatkan di sini intensitasnya maksimum. Jika d adalah diameter lubang, maka titik minimum pertama (gelap) terjadi ketika sudut θ mengikuti persamaan:

$$d \sin \theta = 1.22 \times \lambda \quad (5)$$



Gambar P17.3. Pola Terang-Gelap pada Difraksi Lubang Lingkaran.

Jika jarak dari celah ke layar adalah L dan diameter lingkaran gelap pertama y , dengan $y \ll L$, maka dapat dituliskan:

$$\lambda = \frac{d \times y}{1.22 \times L} \quad (6)$$

4. Difraksi Celah Banyak



Gambar P17.4. Pola Terang-Gelap pada Difraksi Celah Banyak.

Jika cahaya monokromatik melewati suatu celah banyak, maka cahaya akan terjadi pola terang-gelap seperti gambar seperti pada difraksi celah ganda seperti pada gambar P17.4. Perbedaannya adalah bahwa pada difraksi celah banyak ini pola garis-garis terang akan lebih tajam sehingga satu sama lain akan terpisah dengan jelas dan memudahkan dalam pengukuran posisi garis-garis terang tersebut. Jika jarak antar celah adalah D , sedangkan lebar celah adalah d dengan $D \gg d$, maka titik-titik maksimum (terang) terjadi ketika sudut θ mengikuti persamaan:

$$D \sin \theta = m\lambda ; m = 1, 2, \dots \quad (7)$$

Jika jarak dari celah ke layar adalah L dan jarak dari pusat terang ke garis terang ke- m adalah y_m , dengan $y_m \ll L$, maka dapat dituliskan:

$$\lambda = \frac{D \times y_m}{m \times L} ; m = 1, 2, \dots \quad (8)$$

E. Langkah-Langkah Percobaan

Pada percobaan A, B dan C yang akan dijelaskan di bawah ini digunakan keping difraksi yang padanya terdapat empat buah celah tunggal, dua buah celah ganda dan sebuah celah lingkaran. Pada percobaan D digunakan keping kisi difraksi yang terdiri dari dua kisi difraksi dengan kerapatan garis yang berbeda.

1. Percobaan celah tunggal

- 1) Peralatan disusun dari kiri kekanan
- 2) Letakkan sumber laser di ujung kiri rel optik.
- 3) Letakkan keping difraksi sekitar 50 cm di sebelah kanan sumber laser
- 4) Letakkan layar di sebelah kanan keping difraksi
- 5) Nyalakan laser
- 6) Arahkan laser pada salah satu celah celah tunggal pada keping difraksi.
- 7) Geser posisi Keping difraksi ke kiri atau ke kanan sampai posisi garis-garis gelapnya dapat terlihat dengan jelas, kemudian catat jarak dari keping difraksi ke layar.
- 8) Catat jarak dari pusat terang utama ke garis-garis gelap.
- 9) Olah data untuk mendapatkan panjang gelombang dari laser dengan memakai persamaan (2)
- 10) Bandingkan panjang gelombang yang diperoleh dengan panjang gelombang yang tertulis pada sumber laser.

2. Percobaan celah ganda

- 1) Ulangi langkah percobaan 1-5 pada percobaan A di atas.
- 2) Arahkan sinar laser pada keping difraksi pada salah satu celah ganda sampai terbentuk pola gelap dan terang
- 3) Geser keping difraksi ke kiri atau ke kanan sampai terlihat jelas pola gelap terangnya dan kemudian catat jarak dari keping difraksi ke layar.
- 4) Catat jarak dari pusat terang utama ke garis-garis terang.
- 5) Olah data untuk mendapatkan panjang gelombang dari laser dengan memakai persamaan (4)
- 6) Bandingkan panjang gelombang yang diperoleh dengan panjang gelombang yang tertulis pada sumber laser.

3. Percobaan Lubang Lingkaran

- 1) Ulangi langkah percobaan 1-5 pada percobaan A di atas.
- 2) Arahkan sinar laser pada keping difraksi berbentuk lingkaran sampai terbentuk cincin berpola gelap dan terang.
- 3) Geser keping difraksi ke kiri atau ke kanan sampai terlihat jelas pola gelap terangnya dan kemudian catat jarak dari keping difraksi ke layar.
- 4) Catat jari-jari cincin gelap pertama.
- 5) Olah data untuk mendapatkan panjang gelombang dari laser dengan memakai persamaan (6)

- 6) Bandingkan panjang gelombang yang diperoleh dengan panjang gelombang yang tertulis pada sumber laser.

4. Kisi Difraksi

- 1) Gantikan keping difraksi yang sudah digunakan pada percobaan sebelumnya dengan kisi difraksi.
- 2) Arahkan sinar laser pada salah satu kisi difraksi yang ada pada keping kisi difraksi sampai terbentuk pola gelap dan terang
- 3) Geser keping kisi difraksi ke kiri atau ke kanan sampai terlihat jelas pola gelap terangnya dan kemudian catat jarak dari keping kisi difraksi ke layar.
- 4) Catat jarak dari pusat terang utama ke garis-garis terang.
- 5) Olah data untuk mendapatkan panjang gelombang dari laser dengan memakai persamaan (8)
- 6) Bandingkan panjang gelombang yang diperoleh dengan panjang gelombang yang tertulis pada sumber laser.

E. Tugas Dan Laporan Praktikum

1. Tugas Praktikum

Dalam praktikum ini data tersimpan di lms. Pada saat anda mengakses Tugas Praktikum Pekan ke-13 anda akan mendapatkan seperangkat data yang harus anda olah. Bekerjalah secara mandiri karena data yang anda dapatkan kemungkinan besar berbeda dengan data yang didapatkan oleh teman anda. Diperlukan waktu sekitar 45 menit untuk mengerjakan Tugas Praktikum ini.

2. Laporan Praktikum.

Buatlah laporan praktikum dengan format yang sudah diberikan pada pertemuan 1. Dengan nama file "*nama-kelas-praktikum_Nama-Lengkap_NIM.pdf*" Contoh: "ST20.1_P04_Budi_F1401201078.pdf"

---oo0oo---