

MODUL PRAKTIKUM FISIKA DASAR

**LABORATORIUM FISIKA DASAR
INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA**



F FISIKA
INSTITUT
TEKNOLOGI
SUMATERA

**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA



Kementerian Pendidikan,
Kebudayaan, Ristek, dan Teknologi

PEDOMAN PELAKSANAAN PRAKTIKUM FISIKA DASAR DAN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA & LINGKUNGAN (K3L) DI LABORATORIUM

1. Tujuan

Pedoman Prosedur ini dibuat untuk melindungi seluruh civitas akademika yang melakukan kegiatannya di laboratorium, agar terhindar bahaya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

2. Ruang Lingkup

Pedoman Prosedur ini meliputi pengertian, pencegahan & penanggulangan bahaya, dan tata tertib di laboratorium serta monitoring, evaluasi dan prosedur praktikum, dan komponen penilaian praktikum.

3. Target Mutu

- a. Setiap tenaga kerja, mahasiswa dan orang lainnya yang berada di laboratorium mendapat perlindungan atas keselamatannya.
- b. Setiap bahan praktikum atau peralatan dapat dipakai, dipergunakan secara aman dan efisien.
- c. Proses percobaan/praktikum berjalan lancar.

4. Definisi

Pedoman Prosedur Penerapan K3 di Laboratorium adalah suatu pedoman yang dibuat agar seluruh pelaksanaan kegiatan di laboratorium berdasarkan prinsip K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja).

5. Referensi

- a. UU No. 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja
- b. UU No.23 Tahun 1992 Tentang Kesehatan

- c. UU No.32 Tahun 1992 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- d. PermenLH No. 6 Tahun 2009 tentang Laboratorium Lingkungan
- e. Kepmenaker. No. Kep-186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran di Tempat Kerja

6. PENGERTIAN

6.1.1. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya menuju masyarakat adil dan makmur. Secara keilmuan K3 merupakan ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

6.1.2. Laboratorium adalah suatu tempat dimana mahasiswa, dosen, dan peneliti melakukan praktikum, penelitian maupun percobaan. Bekerja di laboratorium fisika tak akan lepas dari kemungkinan bahaya dari berbagai jenis peralatan yang ada di dalamnya. Karena itu diperlukan pemahaman dan kesadaran terhadap bahaya di laboratorium. Telah banyak terjadi kecelakaan ataupun menderita luka serta kerusakan fasilitas kerja yang sangat mahal. Semua kejadian ataupun kecelakaan di laboratorium sebenarnya dapat dihindari jika mereka selalu mengikuti prosedur kerja yang aman di laboratorium.

6.1.3. Penerapan K3 di Laboratorium adalah salah satu bentuk upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat mengurangi dan atau bebas dari

kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang pada akhirnya dapat mempengaruhi efisiensi dan produktivitas kerja. Kecelakaan kerja tidak saja menimbulkan korban jiwa maupun kerugian materi bagi Praktikan, tetapi juga dapat mengganggu proses Praktikum secara menyeluruh.

7.1. Pencegahan & Penanggulangan Bahaya

7.1.1 Pencegahan

- a. Orang yang tidak berkepentingan dilarang masuk laboratorium, untuk mencegah hal yang tidak diinginkan.
- b. Jangan melakukan eksperimen/percobaan sebelum mengetahui informasi mengenai bahaya bahan praktikum, alat alat dan cara pemakaiannya.
- c. Mengenali semua jenis peralatan keselamatan kerja dan letaknya untuk memudahkan pertolongan saat terjadi kecelakaan kerja.
- d. Dilarang makan minum dan merokok di laboratorium.
- e. Wanita dan pria yang memiliki rambut panjang harus diikat, rambut panjang yang tidak terikat dapat menyebabkan kecelakaan. karena dapat tersangkut pada peralatan praktikum.
- f. Pakailah jas praktikum, sarung tangan dan pelindung yang lain dengan baik meskipun penggunaan alat alat keselamatan menjadikan tidak nyaman.
- g. Setelah selesai menggunakan alat praktikum, peralatan harus dirapikan dan mematikan peralatan listrik setelah digunakan.
- h. Pastikan tangan dalam keadaan kering karena peralatan di Lab Fisika Dasar banyak yang menggunakan peralatan bersumber tegangan listrik, karena jika tangan basah akan menimbulkan

setrum, dikarenakan air termasuk penghantar listrik walau lemah.

7.1.2 Penanggulangan Bahaya

Contoh kasus : Apa yang harus dilakukan jika terjadi kebakaran di Laboratorium ?

Kebakaran bisa saja terjadi di laboratorium, karena di dalamnya banyak tersimpan bahan yang mudah terbakar. Bila terjadi kebakaran maka :

- a. Jangan Panik.
- b. Segera bunyikan alarm tanda bahaya.
- c. Hindari menghirup asap secara langsung, gunakan masker atau tutup hidung dengan sapu tangan.
- d. Tutup pintu untuk menghambat api membesar dengan cepat.
- e. Cari bantuan pemadam kebakaran, oleh karenanya nomor telepon pemadam kebakaran baru ada di laboratorium.
- f. Apabila di laboratorium terjadi kebakaran kecil seperti saat melakukan praktikum, Anda bisa memadamkan api tersebut dengan lap basah.

Contoh kasus : Apa yang harus dilakukan jika ada yang terkena sengatan listrik ?

Kesetrum atau terkena sengatan listrik bisa terjadi di lab manapun, untuk menanggulangnya berikut tahapannya :

- a. Jangan panik
- b. Langsung mematikan sumber listrik.

- c. Mendorong korban menggunakan bahan isolator
- d. Panggil petugas lab dan poliklinik
- e. Korban dirawat di poliklinik sesuai tingkatan keparahan korban.

7.1.3. Alat Pelindung Diri atau APD

Berdasarkan Permenakertrans No 8 Tahun 2010 **Alat Pelindung Diri** atau **APD** adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja.

Ada beberapa APD yang digunakan di laboratorium Fisika Dasar, yakni diantaranya :

1. Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat, tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terpajan suhu yang ekstrim, dan sengatan listrik.
2. Jas laboratorium memberikan penghalang pada tubuh dan lengan dari resiko kontak dengan peralatan/zat yang ada di laboratorium. Selain itu jas laboratorium juga dapat melindungi dari resiko terkena pecahan kacadan percikan api ringan.

7.1.4. Alat pemadam api ringan (APAR) (*fire extinguishers*)

Berguna untuk memadamkan api ringan yang terjadi karena kecelakaan kerja atau sumber lain. APAR jenis karbon dioksida (CO_2) yang ada di Gedung Laboratorium terpasang di dinding setiap lorong adalah jenis APAR yang menggunakan bahan karbon

dioksida sebagai bahan pemadamnya. APAR karbon dioksida sangat cocok untuk bahan cair yang mudah terbakar dan instalasi listrik yang bertegangan. Tata cara penggunaan APAR di laboratorium :

- Tarik kunci pengaman atau segel.
- Pegang bagian ujung selang dan arahkan ujung selang ke sumber api.
- Tekan tuas.
- Kibaskan ujung selang pada sumber api secara perlahan sampai api padam.

7.1.5. Kotak P3K

merupakan pertolongan yang diberikan segera setelah kecelakaan dengan memberikan pengobatan dan perawatan darurat bagi korban sebelum pertolongan yang lebih akurat oleh dokter ahli. Kotak P3K ini telah tersedia di Laboratorium Fisika Dasar..

8. Tata Tertib dan Kehadiran Praktikum

8.1. Tata Tertib Praktikum Fisika Dasar

1. Praktikan wajib mengikuti pertemuan praktikum sesuai jadwal yang telah ditentukan Laboratorium Fisika
2. Apabila praktikan tidak hadir dari jadwal yang sudah ditentukan, praktikan tidak diperkenankan untuk mengikuti praktikum.
3. Praktikan harus memakai jas lab/praktikum serta pakaian yang sopan dan rapi selama praktikum berlangsung, tidak boleh memakai sandal jepit dan kaos oblong.

4. Praktikan dilarang merokok, membawa makanan, minuman, atau bahan yang sifatnya dapat merusak alat/peralatan percobaan ke dalam lab.
5. Praktikan wajib membuat tugas pendahuluan sebelum mengikuti praktikum, apabila tidak membuat tugas pendahuluan tidak diperkenankan untuk mengikuti praktikum.
6. Dalam memakai alat-alat laboratorium, praktikan harus melakukannya dengan baik dan benar, untuk itu pelajari dan perhatikan modul dan prosedurnya. Praktikan dilarang memulai praktikum sebelum mendapat izin dari asisten pembimbing.
7. Praktikan harus menjaga kebersihan, kerapihan dan keutuhan alat laboratorium.
8. Laboratorium bukan tempat untuk bermain-main dan bersendagurau.
9. Praktikan dilarang menggunakan *handphone* kecuali atas instruksi asisten.
10. Praktikan dilarang keras bermain-main dengan semua peralatan praktikum.
11. Setelah selesai melakukan praktikum, peralatan agar dirapikan seperti semula.
12. Praktikan yang belum mengumpulkan laporan, tidak boleh mengikuti praktikum berikutnya.
13. Jika terjadi kerusakan atau kehilangan alat dalam pelaksanaan praktikum maka menjadi tanggung jawab pemakai (dikenakan sanksi administrasi).

8.2. Kehadiran Praktikum

1. Praktikum harus diikuti sekurang-kurangnya 75 % dari jumlah total praktikum yang diberikan. Jika syarat tersebut tidak dipenuhi maka praktikum dinyatakan tidak lulus, yang akan mengakibatkan ketidakkululusan pada mata kuliah Fisika Dasar.
2. Ketidakhadiran karena sakit harus disertai surat keterangan resmi yang diserahkan ke Asisten/Koordinator Asisten paling lambat **satu minggu** sejak ketidakhadirannya. Jika tidak dipenuhi maka dikenakan **SANKSI 3**.
3. Keterlambatan **kurang dari 15 menit** (5-10 menit) dikenakan **SANKSI 1** dan diperbolehkan masuk ke laboratorium.
4. Keterlambatan **lebih dari 15 menit** dikenakan **SANKSI 3**.
5. Data kehadiran akan dirujuk pada data absensi yang ada.

9. Persyaratan mengikuti praktikum

1. Berperilaku dan berpakaian sopan. Jika tidak dipenuhi sekurang-kurangnya dikenakan **SANKSI 1**.
2. Mengenakan jas lab dan memakai name tag praktikum. Jika tidak dipenuhi maka dikenakan **SANKSI 3**.
3. Mengerjakan tugas-tugas pendahuluan jika ada.
4. Menyiapkan diri dengan materi praktikum yang akan dilakukan. Bagi mahasiswa yang kedatangan tidak siap untuk mengikuti praktikum bisa tidak diizinkan mengikuti praktikum (dapat dikenakan **SANKSI 3**).
5. Mentaati tata tertib yang berlaku di laboratorium Fisika Dasar.

6. Mengikuti petunjuk yang diberikan oleh Asisten dan Dosen penanggung jawab praktikum.
7. Memelihara kebersihan dan bertanggung jawab atas keutuhan alat-alat praktikum.

10. Penilaian

1. Nilai praktikum ditentukan dari nilai tugas pendahuluan, test awal, keaktifan/keterampilan dan laporan.
2. Nilai akhir praktikum dihitung dari rata-rata nilai praktikum, yaitu jumlah nilai seluruh modul praktikum dibagi jumlah praktikum yang wajib dilaksanakan.
3. Kelulusan praktikum ditentukan berdasarkan nilai akhir praktikum ($AP \geq 50$) dan keikutsertaan praktikum sebanyak minimal 75%.

Sanksi

Sanksi 1 : Nilai modul yang bersangkutan dikurangi 10.

Sanksi 2 : Nilai modul yang bersangkutan dikurangi 50%.

Sanksi 3 : Tidak diperkenankan praktikum, sehingga nilai modul yang bersangkutan nol (0).

Sanksi Administrasi

Diberikan kepada mahasiswa/ praktikan yang selama praktikan berlangsung menimbulkan kerugian, misalnya memecahkan/ merusak/ menghilangkan alat.

11. PEDOMAN PELAKSANAAN PRAKTIKUM FISIKA DASAR

11.1. AWAL PRAKTIKUM

1. Praktikan mengumpulkan **tugas pendahuluan** ke Asisten praktikum masing-masing. Jika tidak mengumpulkan tugas pendahuluan tidak diperkenankan untuk mengikuti praktikum.
2. Selanjutnya praktikan memperlihatkan nametag kepada asisten untuk dapat mengikuti praktikum. Bagi praktikan yang tidak membawa nametag dan kartu praktikum berarti tidak boleh mengikuti praktikum.
3. Praktikan wajib mengikuti pertemuan praktikum sesuai jadwal yang telah ditentukan Laboratorium Fisika.

11.2. SELAMA PRAKTIKUM

1. Kegiatan dimulai dengan praktikan mengikuti **test awal/pretest**. Bagi praktikan yang dianggap tidak lulus tes awal, maka asisten berhak menyuruh praktikan untuk belajar lagi atau membatalkan praktikum.
2. Setelah tes awal, praktikan dapat melaksanakan praktikum dibawah bimbingan asisten (Lama pengerjaan tes awal/pre test adalah selama 5-10 menit)
3. Setiap praktikan yang meminjam alat, kartu tanda mahasiswa ditinggal sebagai jaminan dan akan diserahkan kembali di akhir praktikum setelah alat kembali dengan kondisi baik.
4. Perlengkapan yang dibawa ketika praktikum :
 - a. Jas Laboratorium, wajib digunakan sebelum masuk laboratorium dalam keadaan sudah dikancing.

- b. Modul Praktikum Fisika Dasar (minimal satu kelompok membawa satu modul).
- c. Kertas HVS 1 Lembar untuk pretest/tes awal
- d. Nametag
- e. Alat tulis (pena biru)
- f. Tugas Pendahuluan yang sudah dikerjakan di rumah menggunakan kertas HVS.
- g. Kalkulator (jika diperlukan).

11.3. AKHIR PRAKTIKUM

1. Praktikan membuat data percobaan praktikum dan disahkan oleh asisten.
2. Asisten memberi pengarahan tentang laporan dan tugas-tugas lain yang harus dikerjakan praktikan, lalu mengisi/menandatangani kartu praktikum.
3. Praktikan pulang dan mengerjakan laporan untuk dikumpulkan ke asisten masing-masing 2 minggu setelah praktikum berlangsung. (Asisten saat itu juga menilai laporan praktikan).

KOMPONEN PENILAIAN PRAKTIKUM

- a. (10 %) Tugas Pendahuluan
- b. (10 %) Pre Tes / Post Tes Praktikum
- c. (50 %) Laporan Praktikum
- d. (30 %) Keaktifan/keterampilan (Komponen ini dinilai dari keaktifan praktikan dalam pengambilan data/kegiatan praktikum).

Keterangan :**a. Tugas Pendahuluan**

Tugas Pendahuluan terdapat pada modul praktikum Fisika Dasar. Waktu pengerjaan dari Tugas Pendahuluan adalah sebelum melaksanakan praktikum agar mahasiswa memahami praktikum yang akan dilakukan. Waktu Pengumpulan tugas pendahuluan bersamaan dengan pengumpulan laporan praktikum dijadikan satu kesatuan.

b. Pre Test

Setiap Mahasiswa/i harus mengerjakan soal pretest yang diberikan asisten. Waktu pengumpulan, langsung dikumpulkan ke asisten masing-masing setelah mengerjakan soal pretest.

c. Laporan Praktikum

Persentase penilaian dalam laporan praktikum :

1. Judul modul, hari tanggal waktu praktikum, nama asisten, nim asisten dan Keadaan Laboratorium (5 poin)
2. Tujuan Percobaan (5 poin)
3. Alat dan Bahan (10 poin)
4. Prosedur Percobaan (10 poin)
5. Data dan Pengolahan Data (25 poin)
6. Analisis (30 poin)
7. Kesimpulan (10 poin)
8. Lampiran (5 poin) : terdiri dari data percobaan praktikum yang disahkan asisten, tugas-tugas yang dilampirkan (tugas pendahuluan pretest dll).

Catatan tambahan :

1. Laporan praktikum dikerjakan secara individu (masing-masing Mahasiswa/i).
2. Laporan ditulis rapih di kertas HVS putih (tidak ditentukan berapa gram kertas HVS nya /bebas).
2. Laporan ditulis dengan menggunakan pulpen warna **biru, distraples dan dilakban hitam (tidak perlu menggunakan kertas mika atau buffalo untuk menjilidnya).**
3. Laporan dikumpul 2 Minggu setelah praktikum di rak Laboratorium Fisika tempat praktikum berlangsung sebelumnya, harap konfirmasi ke asisten mengenai pengumpulan laporan.

Lampung Selatan, Agustus 2024

Koordinator Laboratorium Fisika Dasar

DAFTAR ISI

	Hal
Keselamatan dan Kesehatan Kerja & Lingkungan di Laboratorium dan Pedoman Pelaksanaan Praktikum	
Fisika Dasar	2
Daftar Isi	15
Modul I Pengukuran dan Ketidakpastian	16
Modul II Pesawat Atwood.....	28
Modul III Hukum Kekekalan Momentum	34
Modul IV Momen Inersia.....	41
Modul V Bandul Matematis	49
Modul VI Kecepatan Bunyi di Udara.....	57
Daftar Pustaka	62
Kontributor	63

MODUL I. PENGUKURAN DAN KETIDAKPASTIAN

A. Pendahuluan

Pada bidang ilmu sains dan teknologi sering dilakukan pengukuran besaran fisis, seperti misalnya jarak, masa, waktu, kecepatan, tegangan, kuat arus dan sebagainya. Dalam melakukan pengukuran selalu dihindari ketidakpastian. Adapun sebabnya antara lain:

1. Adanya nilai skala terkecil (nst) yang ditimbulkan oleh keterbatasan alat ukur tersebut. Secara fisik jarak antara dua goresan yang berdekatan dalam suatu alat ukur jarak kurang dari 1 mm. Hal ini disebabkan karena mata manusia sulit melihat jarak kurang dari 1 mm dengan tepat.
2. Adanya ketidakpastian bersistem diantaranya:
 - a. Kesalahan kalibrasi (pemberian nilai skala ketika alat diproduksi kurang tepat).
 - b. Kesalahan titik nol (sebelum digunakan, alat telah menunjukan pada suatu nilai yang tidak nol atau jarum tidak mau kembali ke titik nol secara tepat).
 - c. Kesalahan pegas (setelah sekian lama digunakan, pegas melunak/mengeras dari keadaan semula).
 - d. Gesekan pada bagian alat yang bergerak.
 - e. Paralaks (kesalahan arah pandang) dalam membaca skala.
3. Adanya ketidakpastian acak, antara lain:
 - a. Gerak brown molekul udara, gerak ini dapat mengganggu penunjukan jarum alat yang sangat halus dan berbasis mikroskopis.
 - b. Fluktuasi tegangan jaringan listrik, mengganggu operasional alat-alat listrik.
 - c. Noise (gangguan bising) dari alat-alat elektronik.

- d. Background, landasan bergetar dll.
- 4. Keterbatasan keterampilan pengamat. Peralatan yang semakin canggih dan kompleks seperti mikroskop elektron, osiloskop, spektrometer, pencacah partikel dll menurut keterampilan yang tidak sedikit dari pemakaiannya.

B. Penulisan Kesalahan Pada Hasil Pengukuran

Cara memperkirakan dan menyatakan kesalahan bergantung pada cara pengukuran yang dilakukan yaitu :

1. Pengukuran tunggal

Pengukuran tunggal adalah pengukuran yang dilakukan satu kali saja (apapun kesalahannya). Pada pengukuran tunggal, orang biasanya mengambil keputusan bahwa nilai kesalahan (ketidakpastian) $\Delta X = 1/2 \text{ nst}$ dan hasil pengukuran dilaporkan sebagai:

$$X = X \pm \Delta X \quad (1)$$

dimana X = besaran nilai fisis yang diukur

$\underline{X}$ = nilai 'terbaik' pengganti nilai besaran fisis sebenarnya

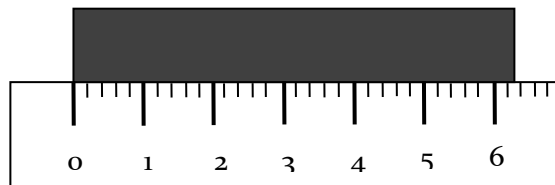
Contoh 1: Perhatikan gambar A0.1 di bawah ini. Panjang sebuah balok diukur dengan menggunakan mistar yang memiliki skala terkecil mm hasilnya ditulis sebagai:

$$\text{Panjang balok} = (6,15 \pm 0,05) \text{ cm}$$

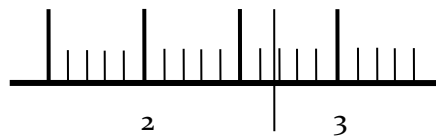
Ini berarti, pengamat menduga panjang balok itu sekitar 6,15 cm, yaitu antara 6,10 cm sampai 6,20 cm (tidak dapat diketahui tepatnya). Dengan

kata lain, pengamat berkeyakinan benar, bahwa panjang balok tidak kurang dari 6,10 cm dan tidak lebih dari 6,20 cm.

Sekali lagi perlu diingat, bahwa penentuan besar kesalahan $\frac{1}{2}$ nst pada contoh di atas tidaklah mutlak melainkan kebiasaan saja. Dalam kasus pengukuran yang lain dapat saja harga kesalahan diambil $\frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}$ dan seterusnya dari nst.



Contoh 2: Arus listrik menggunakan amperemeter yang skalanya kebetulan agak besar (jarak antara dua goresan terdekat lebih besar dari 1 mm) dan jarum penunjuk cukup tipis (lihat gambar dibawah)



Hasil pengukuran dapat dinyatakan sbb:

$$\text{Kuat arus} = (2,66 \pm 0,02) \text{ mA atau kuat arus } (2,66 \pm 0,03) \text{ mA.}$$

Angka perkiraan

Ini berarti pengukuran berada diantara 2,64 sampai 2,68 mA atau 2,63 sampai 2,69 mA. Ketidakpastian sebesar $\pm 0,02$ atau $\pm 0,03$ diambil dari $\frac{1}{5}$ atau $\frac{1}{4}$ (bukan $\frac{1}{2}$ nst), karena jarak antara dua goresan yang berdekatan cukup jauh (lebih besar dari 1mm).

2. Pengukuran berulang

Dari pengukuran yang dilakukan berulang kali diharapkan akan diperoleh informasi yang lebih banyak tentang nilai benar dari suatu

besaran fisis. Makin banyak suatu nilai dihasilkan dalam pengukuran berulang, makin yakin kita kebenarnya nilai tersebut.

Pengukuran berulang menghasilkan sampel dari populasi X , yaitu $X_1, X_2, \dots, X_m$. Nilai 'terbaik' pengganti nilai benar X dari pengukuran di atas, dipakai nilai rata-rata sampel X , yaitu:

$$\bar{x} = \pi r^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Penyimpangan nilai rata-rata sampel terhadap nilai besaran fisis sebenarnya dinyatakan sebagai suatu deviasi standar rata-rata sampel, yang dirumuskan (dapat menggunakan kalkulator dari mode SD):

$$S_x = \Delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (3)$$

Contoh 3: pengukuran terhadap diameter D sekeping mata uang yang dilakukan 10 kali menghasilkan data seperti dalam tabel dibawah ini :

No.	D	D ²	No.	D	D ²
1	11,7	136,89	6	12,0	144,00
2	11,8	139,24	7	12,0	144,00
3	11,9	141,61	8	12,0	144,00
4	12,0	144,00	9	12,3	151,29
5	12,0	144,00	10	12,3	151,29

$$\Delta D = 0,00596 \dots$$

Sehingga hasil pengukuran dapat dinyatakan sbb :

$$D = (12,00 \pm 0,06) \text{ mm}$$

Disamping 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. Koefesien keragaman ini biasanya dinyatakan dengan persen (%) yaitu:

$$C = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \% \quad (4)$$

C. Angka yang dapat dipercaya/Angka Berarti (*Significant Figure*)

Suatu nilai hasil pengukuran biasanya terdiri dari beberapa angka, misalnya panjang AB = (7,34 ± 0,05) cm. Angka 7 dan 3 dapat dipastikan kebenarannya, sedangkan angka 4 merupakan angka taksiran. Ketiga angka (7, 3 dan 4) dalam bilangan ini disebut 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. Banyaknya angka dibelakang koma dari bilangan yang menyatakan kesalahan (ketidakpastian) pengukuran, tidak boleh lebih banyak dari hasil rata-ratanya. Jika dijumpai bilangan yang sangat besar atau bilangan yang sangat kecil hendaknya menggunakan bentuk eksponen.

Contoh 4:

No	Penulisan yang salah	Penulisan yang benar
1	5,10 <u>7</u> 8 ± 0,00 <u>2</u> 5	5,108 ± 0,003
2	19, <u>3</u> 48 ± 2,5	19 ± 3
3	2.7 <u>0</u> 0.000 ± <u>3</u> 0.000	(2.70 ± 3) × 10 ⁴

Keterangan: angka yang diberi garis bawah adalah angka perkiraan

D. 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.

Contoh 5: kita hendak mengukur massa jenis suatu benda padat. Karena alat ukur mengukur massa jenis benda padat (ρ) secara langsung tidak ada, maka ρ dapat ditentukan melalui hubungan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

dimana m dan V menyatakan massa dan volume benda (keduanya dapat diukur secara langsung). Karena pengukuran m dan V menghasilkan ketidakpastian Δm dan ΔV , 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 secara langsung). Maka secara matematis hubungan Z dengan X dan Y dinyatakan sebagai

$$Z = Z(X, Y) = Z(X_0 \pm \Delta X, Y_0 \pm \Delta Y) \quad (6)$$

Dengan menggunakan deret Taylor di sekitar (X_0, Y_0) diperoleh bentuk diffrensial

ΔZ :

$$\Delta Z = \left[\frac{\partial Z}{\partial X} \right]_Y \Delta X + \left[\frac{\partial Z}{\partial Y} \right]_X \Delta Y \quad (7)$$

Dalam penerapannya, persamaan (6) harus dimodifikasi lagi sesuai dengan cara pengambilan data mentah. Dalam hal ini dapat dibedakan 3 kasus, yaitu :

a. Jika x dan y masing-masing diukur sekali, maka :

$$\Delta Z = \left[\frac{\partial Z}{\partial X} \right]_{x_0 y_0} |\Delta X| + \left[\frac{\partial Z}{\partial Y} \right]_{x_0 y_0} |\Delta Y| \quad (8)$$

Contoh 6:

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

$$D \pm \Delta D = (1,07 \pm 0,01) \text{ cm}$$

$$l \pm \Delta l = (5,35 \pm 0,05) \text{ cm}$$

volume silinder dapat dihitung melalui persamaan $V = \frac{\pi l D^2}{4} = 4,8107 \text{ cm}^3$

Ketidakpastian harga volume dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Delta V = \left| \frac{\partial V}{\partial D} \right| |\Delta D| + \left| \frac{\partial V}{\partial l} \right| |\Delta l|$$

$$\Delta V = \left| \frac{H l D}{2} \right| |\Delta D| + \left| \frac{H D^2}{4} \right| |\Delta l|$$

$$= 0,08992 + 0,1617 = 0,2516$$

Maka volume silinder beserta ketidakpastiannya dapat dilaporkan sebagai ;

$$V \pm \Delta V = (4,8 \pm 0,3) \text{ cm}^3$$

b. jika x dan y masing-masing diukur berulang kali, maka

$$\Delta Z = S_Z = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial X} \right)_{x_0 y_0}^2 S_X^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial Y} \right)_{x_0 y_0}^2 S_Y^2} \quad (9)$$

Contoh 7:

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

$$D \pm S_D = (1,070 \pm 0,005) \text{ cm}$$

$$l \pm S_l = (5,35 \pm 0,02) \text{ cm}$$

Dari perhitungan volume didapatkan $V = 4,8107 \text{ cm}^3$

Ketidakpastian volume dapat ditentukan sebagai berikut :

$$S_{\bar{v}} = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D}\right)^2 S_D^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial l}\right)^2 S_l^2}$$

$$S_{\bar{v}} = \sqrt{\left(\frac{\pi l D}{2}\right)^2 S_D^2 + \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)^2 S_l^2} = 0,048$$

Maka volume silinder beserta ketidakpastiannya dapat dilaporkan sebagai :

$$V \pm SV = (4,81 \pm 0,05) \text{ cm}^3$$

a. Jika salah satu dari x atau y diukur sekali sedangkan lainnya diukur berulang kali (misalkan x diukur sekali sedangkan y diukur berulang kali), maka :+

b.

$$\Delta Z = S_Z = \sqrt{\left(\frac{\partial Z}{\partial X}\right)_{x_0 y_0}^2 \left(\frac{2}{3} \Delta X\right)^2 + \left(\frac{\partial Z}{\partial Y}\right)_{x_0 y_0}^2 S_y^2}$$

(10)

Contoh 8:

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

$$D \pm \Delta D = (4,81 \pm 0,05) \text{ cm}$$

$$l \pm S_l = (5,35 \pm 0,02) \text{ cm}$$

maka $V = 4,9107 \text{ cm}^3$, sedangkan ketidakpastiannya adalah :

$$S_{\bar{v}} = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \Delta D\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial l}\right)^2 S_l^2}$$

$$S_{\bar{v}} = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial D}\right)^2 \left(\frac{2}{3} \Delta D\right)^2 + S_l^2} = 0,0626$$

Maka volume silinder beserta ketidakpastiannya dapat dilaporkan sebagai berikut :

$$V \pm S_v = (4,81 \pm 0,06) \text{ cm}^3$$

c. Pembuatan grafik dan metode kuadrat terkecil

Hasil percobaan bila disajikan dalam angka-angka saja akan menjenuhkan dan tidak dapat memberikan informasi yang lebih banyak. Untuk itu hendaknya angka-angka tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik atau kurva dari variabel 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 $x = x_0 + vt$, 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 lurus ditulis sebagai :

$$y = a + bx \quad (11)$$

Nilai a dan b dapat ditentukan melalui hubungan:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(x_i - \bar{x})^2} \quad (12)$$

dengan

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (13)$$

d. Ketelitian dan Ketepatan

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

$$ketelitian = \left[1 - \frac{\Delta x}{x} \right] \times 100\%$$

$$ketepatan = \left[1 - \left| \frac{H - \Delta x}{x} \right| \right] \times 100\%$$

dimana:

H = harga seharusnya

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

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

E. Tujuan Percobaan

1. Dapat menggunakan alat-alat ukur dasar, mengukur massa dan panjang.
2. Dapat menentukan kesalahan pada pengukuran beserta penjarannya.
3. Dapat memakai metode kuadrat terkecil dalam pengolahan data.

F. Alat dan Bahan

1. Jangka sorong
2. Mikrometer skrup
3. Penggaris 30 cm
4. Bola besi
5. Balok tembaga dan aluminium
6. Neraca Digital

G. Prosedur Percobaan

1. Ukur panjang balok alumunium dan balok tembaga tersebut dengan menggunakan jangka sorong dan penggaris sebanyak 3 kali pengulangan.
2. Ukur diameter bola besi dengan menggunakan mikrometer skrup sebanyak 3 kali pengulangan.
3. Timbang balok/kubus alumunium/ tembaga dan bola besi tersebut sebanyak 3 kali dengan neraca digital.
4. Hitunglah standar deviasi dan ketelitian dari masing-masing pengukuran yang telah dilakukan.

H. Tugas pendahuluan

1. Apa yang dimaksud dengan:
 - a. Kalibrasi
 - b. Resolusi
 - c. Batas Ukur
 - d. Ketelitian
 - e. Sensivitas
 - f. Kesalahan/Error
 - g. Ketepatan
2. Apa yang dimaksud dengan NST, kemudian apabila kita memiliki semua penggaris yang memiliki batas ukur 0 s.d 30 cm dan memiliki resolusi 1 mm, berapakah nilai Δx (nilai ketidakpastian) dari penggaris tersebut?

3. Sebutkan macam-macam alat ukur yang dapat digunakan untuk mengukur besaran :
 - a. Waktu
 - b. Massa
 - c. Tegangan listrik
 - d. Kuat arus
 - e. Suhu
 - f. Tekanan
 - g. Volume
4. Jelaskan yang menyebabkan terjadinya ketidakpastian dalam suatu pengukuran:
 - a. Kesalahan umum
 - b. Kesalahan sistematis
 - c. Kesalahan acak
5. Sebutkan fungsi dari alat-alat yang akan digunakan dalam percobaan pengukuran kali ini!

MODUL II. PESAWAT ATWOOD

A. Tujuan Percobaan

1. Untuk memverifikasi Hukum II Newton menggunakan pesawat atwood.
2. Memahami Hukum II Newton menggunakan pesawat atwood.

B. Alat Dan Bahan

1. Atwood bertiang ganda.
 - Tinggi tiang 150 cm
 - Katrol berdiameter 12 cm dan berbahan Plexiglas
2. Tali penggantung berbahan nilon
3. Dua beban silinder M1 dan M2 yang massanya 100 gram berbahan kuningan.
4. Beban tambahan dengan massa 5 gram berbahan aluminium.
5. Penahan beban berlubang dan tanpa lubang berbahan steel.
6. Pemegang beban dengan pegas.
7. Stopwatch

C. Teori Dasar

Hukum-hukum Newton

Pada mulanya orang berpendapat bahwa sifat alamiah benda adalah diam. Supaya benda tersebut bergerak maka harus terus-menerus diberi gaya luar baik itu berupa tarikan maupun dorongan. Tetapi setelah

Galileo mengadakan eksperimen pendapat ini berubah dan terkenal prinsip Galileo atau lebih terkenal dengan hukum I Newton.

Hukum Newton ini menunjukkan sifat benda yaitu sifat inersia namun tidak terdefinisi secara kuantitatif. Berdasarkan eksperimen serta dorongan intuitif dari hukum 1 Newton, Newton telah merumuskan hukum II Newton, yang mendefinisikan massa secara kuantitatif serta memperlihatkan hubungan gaya gerak dengan gerak benda secara kuantitatif pula.

Salah satu kesimpulan dari hukum II Newton ini adalah jika gayanya tetap maka benda akan mengalami percepatan yang tetap pula, karenanya kita dapat menurunkan persamaan gerak dalam bentuk lainnya. Dimulai dengan definisi percepatan dan kecepatan

$$\begin{aligned}v_1 &= v_0 + a \cdot t \\s &= v_0 t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \\v_t^2 &= v_0^2 + 2 \cdot a \cdot s\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}v &= \frac{ds}{dt} \\a &= \frac{dv}{dt}\end{aligned}$$

Karena kecepatan adalah besaran vektor, maka perubahan kecepatan dapat dilihat dari perubahan besarnya (magnitudonya) maupun perubahan arahnya. Untuk benda yang bergerak melingkar dengan kecepatan linear yang konstan dikatakan tetap memiliki

percepatan yaitu percepatan yaitu percepatan sentrifugal yang besarnya adalah :

$$a = \frac{v^2}{r}$$

Dari pembahasan diatas gaya merupakan hasil interaksi antara dua benda serta mempunyai sifat-sifat tertentu. Sifat ini pertama kali dikemukakan oleh Newton dalam hukum III Newton sebagai hukum Aksi-Reaksi.

Gerak Rotasi

Bila sebuah benda mengalami gerak rotasi melalui porosnya, maka pada gerak ini akan berlaku persamaan gerak ekuivalen dan persamaan gerak translasi.

Persamaan Gerak untuk Katrol

Bila suatu katrol hanaya dapat berputar pada porosnya yang diam, maka geraknya dapat dianalisa sebagai berikut :

$$\Sigma F = 0$$

$$-T_1 - m g - T_2 + N = 0 \quad (2)$$

$$\Sigma \tau = 0$$

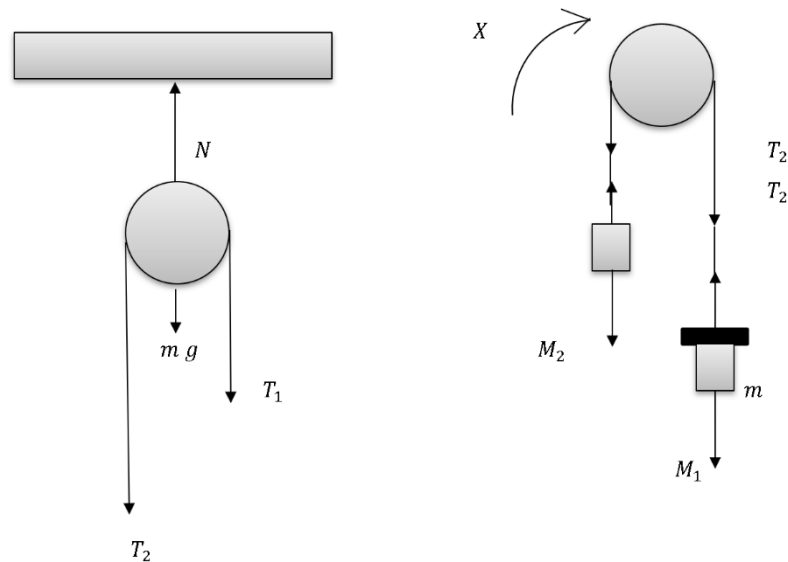
$$-T_1 R + T_2 R = I \alpha \quad (3)$$

$$\alpha = a/R \quad (4)$$

α merupakan percepatan tangensial tepi katrol, percepatan ini sama dengan percepatan tali penggantung yang dililitkan pada katrol tanpa slip.

Bila suatu benda digantungkan pada tali seperti Gambar 1. Maka percepatan benda adalah :

$$a = \frac{(m+M_1)-M_2}{m+M_1+M_2+(\frac{I}{R^2})} \cdot g \quad (5)$$



Gambar 1. Gerak pada katrol

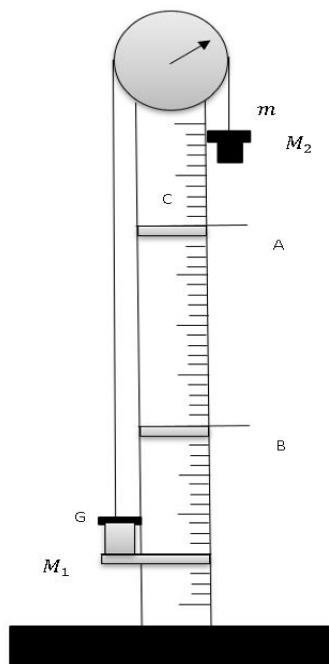
D. Prosedur Percobaan

1. Pastikan beban M_1 , M_2 dan m_1 serta m_2 sudah ditimbang.
2. Pastikan tali katrol dan gantungan M_1 dan M_2 pada masing-masing ujung tali. Kemudian

pastikan beban dengan M_1 dan M_2 dapat diam dan bergerak lurus beraturan.

3. Pasanglah genggamannya G , penahan beban tambahan A dan penahan beban M_2 pada tiang berskala. Untuk menyelidiki apakah pesawat Atwood bekerja dengan baik, lakukan percobaan sebagai berikut :

- a. Pasang M_1 pada genggamannya G dengan menggunakan pegas.
- b. Tambahkan beban tambahan m pada M_2 .
- c. Tekan pegas maka M_1 akan terlepas dari genggamannya dan bergerak ke atas, sedangkan M_2 dan m akan bergerak ke bawah. Jika pesawat bekerja dengan baik maka kedua beban akan dipercepat, dan ketika M_2 melalui A , m akan tertahan di A , selanjutnya sistem akan bergerak lurus beraturan. Jika hal tersebut diatas tidak terjadi, maka laporkan ke asisten anda.



Gambar 2. Pesawat Atwood

4. Pasanglah M_1 pada genggaman G dan tambahkan m (satu keping beban tambahan massanya 5 gram). Catatlah kedudukan C, kedudukan penahan A dan penahan N pada skala tiang.
5. Lepaskan M_1 dari G dengan menekan tombol stopwatch, catatlah t_{CA} yaitu waktu yang diperlukan oleh M_2 untuk menempuh jarak CA (x_{CA}).
6. Selanjutnya tekan tombol loop pada stopwatch (setelah m tersangkut pada A), dan catat kembali t_{AB} yaitu waktu yang diperlukan oleh M_2 untuk menempuh jarak AB (x_{AB}).
7. Ubahlah jarak x_{AB} dengan cara mengubah kedudukan B, sedangkan kedudukan C dan A tetap dan lakukan lagi seperti langkah ke-5 dan langkah ke-6.
8. Tambahkan beban tambahan 10, 15, 20 dan 25 gram pada M_1 , dan lakukan masing-masing percobaan dengan beban tambahan tersebut seperti langkah ke-5, langkah ke-6 dan langkah ke-7.

E. Tugas Pendahuluan

1. Jelaskan secara singkat prinsip kerja Pesawat Atwood!
2. Jelaskan sejarah penemuan Pesawat Atwood!
3. Tuliskan secara matematis hukum I, II dan III Newton.
4. Menurut anda, bagaimana percepatan benda pada pesawat Atwood jika momen inersia katrol diabaikan?
5. Jelaskan aplikasi prinsip Pesawat Atwood dalam kehidupan sehari-hari.

MODUL III. HUKUM KEKEKALAN MOMENTUM

A. Tujuan Percobaan

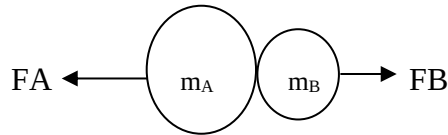
1. Memahami hukum kekekalan momentum
2. Dapat membedakan tumbukan elastis dan tumbukan tidak elastis.

B. Alat-alat yang Digunakan

1. Rel udara
2. Timer counter (pewaktu pencacah)
3. Pegas tumbuk
4. Penyangga 1 cm
5. Penghalang cahaya Tunggal, dan penghalang cahaya dua jari.
6. Kereta 120 mm 2 buah.
7. Sensor photogate (gerbang cahaya)
8. Pompa meniup
9. Selang
10. Velcro
11. Beban tambahan 5 gram.

C. Teori dasar

Kita tinjau tumbukan antara dua benda yang bermassa m_A dan m_B seperti diperlihatkan dalam Gambar 1. Dalam selang tumbukan yang sangat singkat kedua benda saling memberikan gaya pada yang lainnya. Menurut Hukum Newton ketiga, pada setiap saat gaya F_A yaitu gaya yang bekerja pada benda A oleh benda B sama besar dan berlawanan arah dengan gaya F_B yaitu gaya pada benda B oleh benda A.



Gambar 1. Tumbukan antara dua benda yang bermassa m_A dan m_B

Perubahan momentum benda A akibat tumbukan ini adalah :

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

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

Perubahan momentum benda B akibat tumbukan adalah :

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

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

Jika tidak ada gaya lain yang bekerja maka Δp_A dan Δp_B menyatakan perubahan momentum total masing-masing benda. Tetapi telah kita ketahui bahwa pada setiap saat $F_A = -F_B$ sehingga $\bar{F}_A = -\bar{F}_B$ dan karena itu $\Delta p_A = -\Delta p_B$.

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

Jadi jika tidak ada gaya luar yang bekerja maka tumbukan tidak mengubah momentum total sistem. Gaya impulsif yang bekerja selama tumbukan merupakan gaya internal, karena itu tidak mempengaruhi momentum total sistem. Misalkan dua buah benda (A dan B) dengan massa m_A dan m_B bergerak dengan kecepatan v_A dan v_B . Kecepatan benda setelah tumbukan v'_A dan v'_B . Hukum kekekalan momentum dapat kita tuliskan :

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

Jika kita dapat mengukur kecepatan kedua sistem sebelum dan sesudah tumbukan, massa benda bisa kita ketahui, maka Hukum Kekekalan Momentum dapat kita buktikan.

Percobaan ini kita lakukan untuk dua kasus yang berbeda :

1. Tumbukan Lenting Sempurna

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

Untuk benda dengan massa berbeda dan benda A mula-mula diam persamaan (3) menjadi ;

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

2. Tumbukan Tidak Lenting Sama Sekali

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

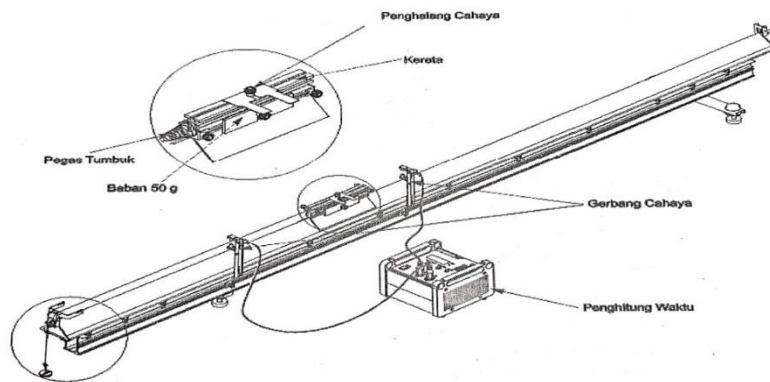
Jika kedua benda memiliki kecepatan mula-mula tetapi untuk arah yang sama maka kecepatan benda setelah tumbukan menjadi $v' = \frac{1}{2} v (v_A + v_B)$

Jika massa benda tidak sama maka persamaan (3) menjadi;

$$m_B \cdot v_B = (m_A + m_B) v' \quad (5)$$

D. Prosedur Percobaan

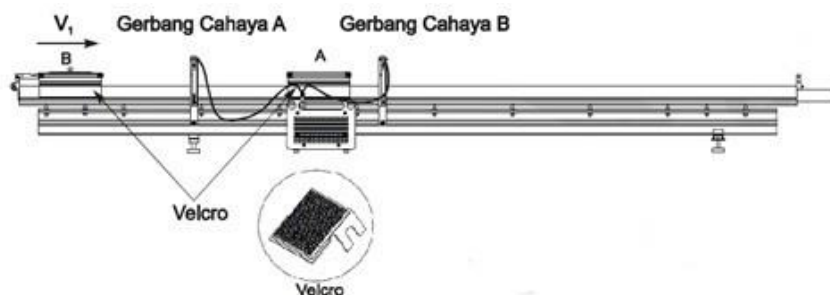
1. Susunlah alat seperti Gambar 2.
2. Nyalakan pompa peniup.
3. Periksa penghalang cahaya dan pegas tumbuk pada 2 buah kereta yang bermassa sama, pastikan kereta A dan kereta B telah terpasang penghalang cahaya dua jari.



Gambar 2. Rangkaian alat percobaan hukum kekekalan momentum

- Dorong kereta B sehingga bergerak dengan kecepatan v_B yang besarnya dapat diukur melalui gerbang cahaya.
- Tahan kereta B sehingga hanya satu kali melewati gerbang cahaya, dan kereta A akan bergerak melewati gerbang cahaya lainnya, kemudian catat pada Tabel 3. Data pada time counter P1.1 untuk v_B dan P1.2 untuk v'_A
- Amati waktu kereta melewati gerbang cahaya kemudian tekan tombol CHANGE OVER untuk merubah menjadi data kecepatan (cm/s), catat pada Tabel 1. Jika di TIME COUNTER hanya ada data waktu (satuan ms dan s), maka cara mencari kecepatannya dengan rumus $v = \frac{s}{t}$, dengan s adalah jarak selisih antar penghalang cahaya 2 jari.
- Ulangi percobaan di atas dengan mengubah massa kereta dengan menambahkan beban tambahan. Catat hasilnya pada Tabel 2.
- Lakukan untuk beberapa kali dengan dorongan yang berbeda-beda.

4. Percobaan Tidak Lenting Sama Sekali



Gambar 4. Set alat dengan penambahan velcro pada kereta

- Pasang velcro pada kedua kereta dan pastikan penghalang cahaya dua jari diletakkan di kereta B.
- Letakkan kereta A (kereta A tidak diberi penghalang cahaya) di antara kedua gerbang cahaya
- Dorong kereta B sehingga menumbuk kereta A (setelah tumbukan kedua kereta akan bergerak bersama-sama)
- Amati selang waktu kereta melewati gerbang cahaya sebelum dan sesudah tumbukan pada penghitung waktu kemudian tekan tombol CHANGE OVER untuk merubah menjadi data kecepatan (cm/s) kemudian catat pada Tabel 3. Data pada time counter P1.1 untuk v_B dan P1.2 untuk $v'_A = v'_B$
- Ulangi langkah 2-4 dengan menambahkan beban tambahan pada kereta kemudian catat pada Tabel 4. Lakukan untuk beberapa dorongan yang berbeda-beda.

E. Tabel

Lakukan perhitungan untuk melengkapi tabel di bawah ini.

Tabel 1. Tumbukan elastis dengan $m_A = m_B$ dan $v_A = 0$

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

Tabel 2. Tumbukan elastis dengan $m_A \neq m_B$ dan $v_A = 0$

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

Tabel 3. Tumbukan tidak lenting sama sekali dengan $m_A = m_B$ dan $v_A = 0$

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

Tabel 4. Tumbukan tidak lenting sama sekali dimana $m_A \neq m_B$ dan $v_A = 0$

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

F. Tugas Pendahuluan

1. Apakah syarat-syarat yang harus dipenuhi sehingga Hukum Kekekalan Momentum berlaku.
2. Faktor-faktor apakah yang dapat mempengaruhi berlakunya Hukum Kekekalan Momentum pada sebuah tumbukan.
3. Jelaskan contoh Hukum Kekekalan Momentum dalam kehidupan sehari-hari.

MODUL IV. MOMEN INERSIA

A. Tujuan Percobaan

1. Menentukan konstanta pegas spiral pada alat momen inersia,
2. Menentukan momen inersia diri pada alat momen inersia,
3. Menentukan momen inersia bola pejal dan kerucut pejal.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum ini, antara lain:

1. Alat momen inersia 1 set
2. Gerbang cahaya (*photogate*) 1 buah
3. Neraca 1 buah
4. Penggaris 30 cm 1 buah
5. Benang nilon 1 meter
6. Perangkat beban 1 set
7. Pencacah waktu (*time counter*) 1 buah
8. Bola pejal, kerucut pejal, silinder pejal, piringan pejal dan silinder berongga.

C. Teori Dasar

Benda yang berputar pada sumbu rotasi tertentu dengan sebuah gaya $\vec{F}$ yang bekerja pada jarak $\vec{R}$ dari sumbu rotasi tersebut akan menghasilkan momen gaya (torsi) yang besarnya:

$$\tau = R \times F = RF \sin \theta \quad (1)$$

Jika torsi tersebut bekerja pada suatu sistem yang rotasinya ditahan oleh pegas spiral, maka besarnya simpangan θ sebanding dengan torsi tersebut dan memberikan hubungan:

$$\tau = \theta \kappa \quad (2)$$

dengan κ adalah konstanta pegas spiral. Dari persamaan (1) dan (2), diperoleh:

$$\theta = \frac{R}{\kappa} F \quad (3)$$

Persamaan (3) menunjukkan bahwa besarnya simpangan sebanding dengan gaya, sehingga apabila digambarkan dalam grafik akan diperoleh kurva linier antara simpangan terhadap gaya. Sifat linieritas tersebut tentunya akan muncul selama masih dalam batas elastisitas Hooke dari pegas spiral tersebut.

Torsi juga menghasilkan percepatan sudut α yang besarnya bergantung pada momen inersia benda I , yang diberikan oleh hubungan:

$$\tau = I \alpha = I \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (4)$$

Persamaan (4) dapat dituliskan kembali menjadi:

$$I \frac{d^2\theta}{dt^2} + \kappa\theta = 0 \quad (5)$$

Persamaan (5) merupakan gerak osilasi sederhana dengan periodenya sebesar:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\kappa}} \quad (6)$$

Untuk sistem N partikel yang membentuk benda tegar, momen inersianya adalah:

$$I = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2 \quad (7)$$

Apabila suatu benda tegar memiliki massa yang sangat kecil dan terdistribusi kontinu, momen inersianya adalah:

$$I = \int r^2 dm \quad (8)$$

dengan dm adalah elemen massa.



Gambar 1. Alat momen inersia

Gambar 1. menunjukkan sistem yang digunakan dalam percobaan ini untuk mengukur momen inersia dari beberapa bentuk benda. Karena sistem tersebut juga memiliki momen inersia, maka harus diketahui momen inersia diri terlebih dahulu. Besar momen inersia diri I_o dapat dihitung dengan mengukur periode osilasinya, yaitu:

$$I_o = \frac{\kappa}{4\pi^2} T_o^2, \quad (9)$$

dengan T_o adalah perioda diri dari alat momen inersia yang digunakan.

Apabila sebuah benda dipasangkan pada alat momen inersia tersebut dan kemudian diosilasikan, maka periode osilasinya T adalah:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{\kappa} (I + I_o) \quad (10)$$

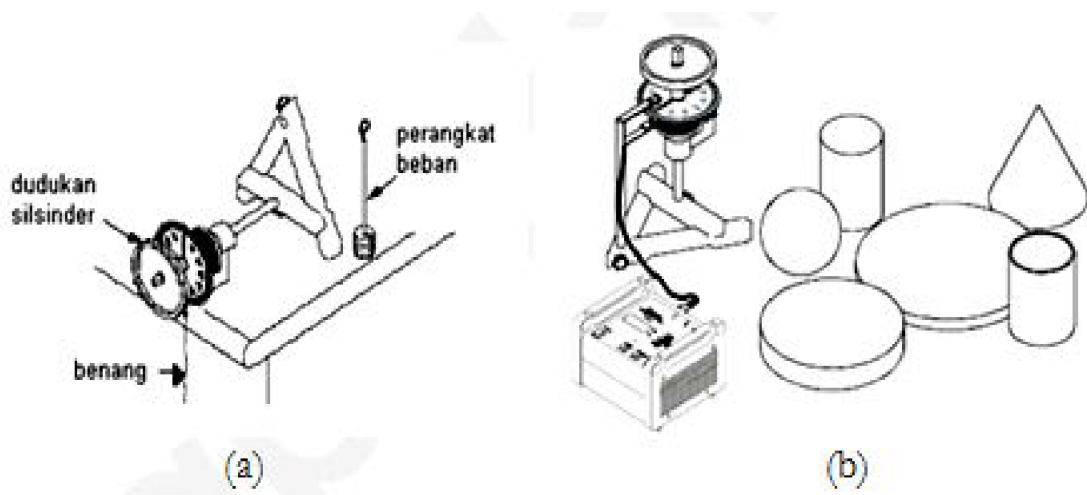
dengan I adalah momen inersia benda yang diukur.

Dari persamaan (9) dan (10), momen inersia benda yang terpasang pada alat ukur momen inersia dapat dihitung dengan:

$$I = \left(\frac{T^2}{T_o^2} - 1 \right) I_o \quad (11)$$

D. Prosedur Percobaan

Pasanglah alat momen inersia pada dasar statif. Ikatlah benang nilon pada salah satu baut yang ada di tepi dudukan silinder kemudian lilitkan benang tersebut seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Konfigurasi alat untuk percobaan

a) Menentukan simpangan alat momen inersia

1. Pastikan jarum penunjuk simpangan pada keadaan nol.
2. Gantungkan beban 50 gr dengan benang kemudian gantungkan pada alat momen inersia seperti pada **Gambar 2.a**. Amati simpangan yang terjadi. Catatlah sebagai θ_1 pada **Tabel 1**.
3. Tambahkan 1 buah beban 10 gr dan catatlah simpangannya pada Tabel 1 sebagai θ_2 .
4. Lakukan langkah 3 untuk simpangan θ_3 , θ_4 , dan seterusnya. Catat hasilnya pada **Tabel 1**.

b) Menentukan konstanta pegas spiral

1. Hitunglah gaya yang bekerja pada alat momen inersia akibat pemberian beban dan tuliskan pada **Tabel 2**.
2. Hitunglah torsi τ , gunakan nilai $R = 4,5$ cm (jari-jariudukan silinder).
3. Buatlah grafik simpangan θ (dalam radian) terhadap torsi τ .
4. Tentukan konstanta pegas spiral (κ) dari kemiringan grafik yang diperoleh.

c) Menentukan momen inersia diri

1. Tegakkan kembali alat momen inersia. Lepaskan benang dan beban yang terpasang pada dudukan silinder.
2. Pasang gerbang cahaya pada dasar statif bila belum terpasang. Atur posisinya sehingga jarum penunjuk pada alat momen inersia dapat melintasi gerbang cahaya.
3. Hubungkan gerbang cahaya dengan alat pencacah waktu AT-01. Hubungkan alat pencacah waktu dengan tegangan 220 V AC kemudian nyalakan. Pilih

fungsi “Cycle” dengan menekan tombol FUNCTION. Tekan tombol CH. OVER sebanyak 5 kali untuk membatasi lima getaran yang akan teramati.

4. Simpangkan kedudukan silinder sampai 180° atau lebih kemudian lepaskan sehingga terjadi gerakan bolak-balik atau isolasi.
5. Amati pencacah waktu. Pencacah waktu akan menghitung mundur jumlah getaran. Setelah 5 getaran, alat tersebut secara otomatis akan menampilkan waktu untuk 5 getaran. Catat waktu tersebut pada **Tabel 3** sebagai t_1 .
6. Tekan tombol FUNCTION satu kali untuk meng-nol-kan nilai yang tampil di layar.
7. Ulangi langkah 5-7, catat waktunya sebagai t_2 dan t_3 .
8. Hitung waktu rata-rata 5 getaran, kemudian hitung perioda osilasi tersebut. Catat pada **Tabel 3** sebagai T_o .
9. Hitunglah momen inersia diri (I_0).

d) Menentukan momen inersia benda

1. Timbanglah bola pejal dan kerucut pejal yang akan ditentukan momen inersianya. Catat hasilnya pada **Tabel 4**.
2. Ukurlah tinggi dan diameter masing-masing benda. Catat hasilnya pada **Tabel 4**.
3. Pasanglah bola pejal pada alat momen inersia.
4. Hubungkan gerbang cahaya dengan alat pencacah waktu AT-01.
5. Hubungkan alat pencacah waktu dengan tegangan 220 V AC kemudian nyalakan. Pilih fungsi CYCLE dengan menekan tombol FUNCTION. Tekan tombol CH. OVER sebanyak 5 kali untuk membatasi 5 getaran yang akan teramati.
6. Simpangkan bola tersebut sebesar 180° atau lebih, kemudian lepaskan sehingga berosilasi. Catat waktu 5 getaran yang ditunjukkan alat pencacah waktu pada **Tabel 5** sebagai t_1 .
7. Tekan tombol FUNCTION satu kali untuk meng-nol-kan nilai yang tampil di layar.

8. Ulangi langkah 6 dan 7 sebanyak 2 kali untuk dapat nilai t_2 dan t_3 . Catat hasil tersebut pada Tabel 5.
9. Hitung waktu rata-rata 5 getaran, kemudian hitung perioda getarannya. Catat hasilnya pada Tabel 5.
10. Lakukan langkah 6-9 untuk kerucut pejal. Catat hasil tersebut pada Tabel 5.
11. Hitung momen inersia masing-masing benda.

Tabel 1. Menentukan Simpangan Alat Momen Inersia

<i>Massa beban</i>	$m = 50$ gr	$m = 60$ gr	$m = 70$ gr	$m = 80$ gr	$m = 90$ gr	$m = 100$ gr
θ	θ_1 ($^\circ$)	θ_2 ($^\circ$)	θ_3 ($^\circ$)	θ_4 ($^\circ$)	θ_5 ($^\circ$)	θ_6 ($^\circ$)
Pengulangan 1						
Pengulangan 2						
Pengulangan 3						

Tabel 2. Menentukan Konstanta Pegas Spiral

m (gr)	F (N)	τ (N.m)	θ (radian)	Konstanta Pegas Spiral (κ)
50				
60				
70				
80				
90				
100				

Tabel 3. Menentukan Momen Inersia Diri

t_1	t_2	t_3	$\bar{t}$	Periode diri T_o (s)	Momen Inersia Diri (I_o)

Tabel 4. Dimensi Benda

No	Benda	Massa (kg)	Diameter (m)	Jari-jari (m)	Tinggi (m)
1	Bola pejal				
2	Kerucut pejal				
3	Silinder pejal				
4	Piringan pejal				
5	Silinder berongga				

Tabel 5. Menentukan Momen Inersia Benda

No	Benda	t_1	t_2	t_3	$t_{rata-rata}$	T_{benda} (s)	$I_{percobaan}$
1	Bola pejal						
2	Kerucut pejal						
3	Silinder pejal						
4	Piringan pejal						
5	Silinder berongga						

Tabel 6. Momen inersia benda hasil percobaan dan teori

No	Benda	I_{teori}	$I_{\text{percobaan}}$	C_{teori}	C_{perc}	KSR (%)	Ketelitian (%)
1	Bola pejal			2/5			
2	Kerucut pejal			3/10			
3	Silinder pejal						
4	Piringan pejal						
5	Silinder berongga						

E. Tugas Pendahuluan

1. Hitung momen inersia bola pejal dan kerucut pejal dari hasil teori!
2. Bandingkan hasil nilai momen inersia yang didapat dari hasil eksperimen dengan perhitungan secara teori!
3. Jelaskan perbandingan antara $C_{\text{percobaan}}$ dengan C_{teori} pada masing-masing benda yang diuji!
4. Jelaskan Kesalahan Relatif yang terjadi dalam data percobaan!
5. Dari percobaan yang telah dilakukan, apa yang dapat Anda disimpulkan?

MODUL V. BANDUL MATEMATIS

A. Tujuan Percobaan

1. Mengamati/menyelidiki gerak osilator harmonik pada bandul matematis
2. Menerapkan hukum Hooke untuk bandul matematis
3. Menentukan nilai tetapan percepatan gravitasi g dengan metode ayunan sederhana jika amplitudo sudut simpangannya besar

B. Alat dan Bahan

1. Statif
2. Bola pejal (logam) / Bandul sederhana
3. *Stopwatch*
4. Mistar 100 cm
5. Tali
6. Penggaris Busur

C. Teori Dasar

Pertambahan panjang sebuah benda yang mengalami tarikan / dorongan dihitung dari panjang awalnya sebanding dengan besar gaya yang meregangkannya. Ungkapan ini disebut hukum Hooke. Secara matematis ditulis:

$$F = k \cdot x \quad (1)$$

dengan:

F = gaya yang dikerjakan terhadap suatu benda (N)

k = konstanta pegas (N/M)

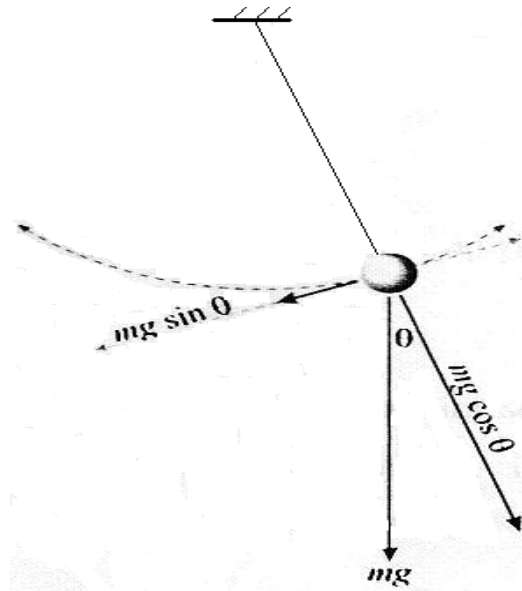
x = perpindahan (jarak) dari posisi keseimbangan

Suatu gaya dimana gaya elastis itu menarik kembali suatu benda yang terletak padanya disebut gaya pemulih

$$F = -k \cdot x \quad (2)$$

Bandul matematis didefinisikan sebagai sebuah partikel yang tergantung pada seutas tali yang tidak mempunyai berat dan tidak dapat bertambah panjang.

Jika bandul ditarik ke samping dari keseimbangannya dan dilepaskan, maka bandul akan berayun.



Gambar 1. Diagram gaya bandul sederhana

Gambar 1 menunjukkan komponen gaya yang bekerja pada sebuah bandul sederhana. Perlu diketahui bahwa lintasan bandul membentuk sebuah lingkaran dan sudut θ diukur dalam radian. Pertimbangkan hukum kedua Newton, $F = ma$, dimana F adalah jumlah gaya-gaya pada benda, m adalah massa, dan a adalah percepatan sesaat.

Karena hanya berkaitan dengan perubahan kecepatan dan karena massa beban dalam lintasan melingkar, maka diterapkan persamaan Newton untuk sumbu tangensial saja. Sehingga,

$$F = -mg \sin \theta = ma$$

$$a = -g \sin \theta \quad (3)$$

dimana g adalah percepatan gravitasi di dekat permukaan bumi. Tanda negatif pada sisi kanan menunjukkan bahwa θ dan a selalu dalam arah yang berlawanan. Ini masuk akal karena ketika bandul berayun lebih jauh ke kiri, diharapkan untuk kembali lebih cepat ke kanan. Posisi, kecepatan, dan percepatan dari bandul berayun tersebut dapat dituliskan dalam persamaan berikut

$$s = l\theta \quad (4)$$

$$v = \frac{ds}{dt} = l \frac{d\theta}{dt} \quad (5)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} = l \frac{d^2\theta}{dt^2}. \quad (6)$$

Dengan demikian diperoleh

$$l \frac{d^2\theta}{dt^2} = -g \sin \theta$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l} \sin \theta = 0 \quad (7)$$

Asumsi lebih lanjut bahwa bandul hanya mencapai amplitudo kecil, yakni $\theta \ll 1$, cukup memungkinkan untuk sistem agar dapat dihamperi. Dengan asumsi sudut kecil, memungkinkan pendekatan $\sin \theta \approx \theta$ harus dibuat.

Kesalahan dalam pendekatan ini sebanding dengan θ^3 (dari deret Maclaurin untuk $\sin \theta$). Substitusi pendekatan ini ke dalam persamaan (1), akan menghasilkan persamaan untuk sebuah osilator harmonik:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta = 0. \quad (8)$$

Persamaan di atas adalah gerak harmonik sederhana dengan nilai frekuensi sudut sebesar

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (9)$$

Sehingga diperoleh nilai periode gerak, yaitu waktu untuk osilasi lengkap (bolak-balik) sebagai berikut

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (10)$$

Persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai

$$l = \frac{g}{\pi^2} \times \frac{T_0^2}{4}. \quad (11)$$

Jika satuan SI digunakan (yaitu ukuran dalam meter dan detik) dan dengan asumsi pengukuran adalah mengambil tempat dipermukaan bumi, maka $g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$, dan $g/\pi^2 \approx 1$ (nilainya yang pasti 0,994 sampai 3 desimal belakang koma). Jadi

$$l \approx \frac{T_0^2}{4} \quad (12)$$

atau dengan kata lain, panjang bandul (dalam meter) di permukaan bumi adalah sekitar seperempat dari kuadrat periode waktu (dalam detik).

Prinsip Percobaan

Tinjau persamaan (10) berikut:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Dengan mengukur panjang tali l dan periode T untuk beberapa ayunan, kita dapat menentukan percepatan gravitasi g . Jika panjang bandul kita ubah-ubah untuk jumlah ayunan yang sama tentu periode bandul akan berubah pula. Sehingga dapat dibuat grafik T^2 sebagai fungsi dari l .

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

$$g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}. \quad (13)$$

Jika sudut simpangan cukup besar, gerak bandul tidak lagi harmonik sederhana dan periodenya merupakan suatu deret yang tergantung pada sudut simpangan. Penguraian sampai suku ke 3 diperoleh perioda osilasi T :

$$T = T_0 \left[1 + \frac{1}{4} \sin^2 \left(\frac{\theta_{\max}}{2} \right) + \frac{9}{64} \sin^2 \left(\frac{\theta_{\max}}{2} \right) \right] \quad (14)$$

dimana $\theta_{\max}$ adalah amplitudo sudut simpangan maksimum dari arah vertikal T_0 perioda ayunan sederhana.

D. Prosedur Percobaan

1. Pelajari *stopwatch* yang digunakan.
2. Pasanglah bandul pada tali dengan panjang tertentu.

3. Gantungkan bandul melalui tali pada statif, dengan panjang tali 20, 40, 60, 80, dan 100 cm. Berikan simpangan kecil 5° pada bandul dan biarkan berayun beberapa saat. Sesudah itu baru mulai mencatat waktu yang diperlukan untuk 20 ayunan!
4. Ulangi langkah di atas untuk panjang tali yang berbeda dengan simpangan $20^\circ - 45^\circ$ (usahakan sebanyak 5 kali).
5. Buatlah tabel datanya.

Tabel 1. Data percobaan bandul matematis panjang tali divariasikan dengan sudut simpangan 5°

No.	Panjang tali (m)	n	t(s)	T(s)	T ² (s)	g(m/s ²)	KSR(%)
1	0,2	50					
2	0,4	50					
3	0,6	50					
4	0,8	50					
5	1	50					

Tabel 2. Data percobaan bandul matematis panjang tali divariasikan dengan sudut simpangan 20°

No.	Panjang tali (m)	n	t(s)	T(s)	T ² (s)	g(m/s ²)	KSR(%)
1	0,2	50					
2	0,4	50					
3	0,6	50					
4	0,8	50					
5	1	50					

Tabel 3. Data percobaan bandul matematis panjang tali divariasikan dengan sudut simpangan 45°

No.	Panjang tali (m)	n	t(s)	T(s)	T ² (s)	g(m/s ²)	KSR(%)
1	0,2	50					
2	0,4	50					
3	0,6	50					
4	0,8	50					
5	1	50					

Tabel 4. Data percobaan bandul matematis panjang tali 20 cm dengan sudut simpangan divariasikan

No.	Panjang tali (m)	Sudut (°)	n	t(s)	T(s)	T ² (s)	g (m/s ²)	KSR (%)
1	0,2	5	50					
2	0,2	10	50					
3	0,2	15	50					
4	0,2	20	50					
5	0,2	25	50					

Tabel 5. Data percobaan bandul matematis panjang tali 100 cm dengan sudut simpangan divariasikan

No.	Panjang tali (m)	Sudut (°)	n	t(s)	T(s)	T ² (s)	g (m/s ²)	KSR (%)
1	1	5	50					
2	1	10	50					
3	1	15	50					
4	1	20	50					
5	1	25	50					

E. Tugas Pendahuluan

1. Apa yang dimaksud dengan gerak osilator harmonik?
2. Apakah massa bandul dalam praktikum bandul matematis diperhatikan? Jelaskan!
3. Apa yang anda ketahui tentang periode dan frekuensi?
4. Apakah periode osilasi adalah fungsi dari massa beban!
5. Apakah fungsi sudut simpangan dalam percobaan kali ini?

MODUL IV. KECEPATAN BUNYI DI UDARA

A. Tujuan Percobaan

Dapat menentukan kecepatan bunyi diudara menggunakan alat tabung resonansi.

B. Teori Dasar

Kecepatan perjalaran bunyi atau biasa disebut laju bunyi-bergantung pada parameter fisis medium, laju bunyi pada suatu medium dapat diketahui jika frekuensi dan panjang gelombang bunyi diketahui. Hubungan antara parameter fisis tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$v = f \cdot \lambda \quad (1)$$

Dimana v adalah laju penjalaran bunyi, f adalah frekuensi bunyi, dan λ adalah panjang gelombang bunyi.

Pada percobaan ini, frekuensi bunyi dapat diperoleh dari pengeras suara yang dihubungkan dengan pembangkit frekuensi audio. Panjang gelombang bunyi diukur pada tabung resonansi pada keadaan resonansi. Resonansi ditandai oleh intensitas bunyi yang terdengar lebih keras dibandingkan pada keadaan lainnya pada panjang tabung tertentu. Resonansi adalah fenomena gelombang berdiri pada kolom dan terjai ketika panjang kolom adalah:

$$\frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4} \quad (2)$$

Dimana λ adalah panjang gelombang bunyi. Permukaan piston merupakan posisi perut gelombang simpangan karena udara tidak bebas untuk

bergerak longitudinal. Pada bagian tabung yang terbuka tirade simpul, tetapi yang sebenarnya berada sedikit diluar tabung pada jarak sekitar $0.6r$ dari ujung tabung, dimana r adalah jari-jari tabung. Koreksi ujung tabung ini dapat ditambahkan untuk memperoleh nilai yang lebih baik jika hanya satu keadaan resonansi yang dapat diukur, tetapi hal ini biasanya lebih sesuai untuk mengurangi kesalahan pada resonansi pertama $\frac{\lambda}{4}$ dibandingkan pada kedua $\frac{3\lambda}{4}$, ketiga $\frac{5\lambda}{4}$ dst.

Pada percobaan ini, anda akan mengukur laju bunyi. Anda akan mengatur frekuensi bunyi dan Panjang tabung L untuk resonansi tabung, selanjutnya pada keadaan resonansi, anda akan mengukur jarak antara simpul gelombang berdiri. Jarak ini memberikan informasi tentang Panjang gelombang bunyi λ yang berikan. Frekuensi dapat diketahui dari pembangkit frekuensi audio, dan laju bunyi dapat dihitung menggunakan persamaan $v = f \cdot \lambda$

C.Alat Dan Bahan

- 1.Tabung resonansi
- 2.Signal generator
- 3.Sound Level meter
- 4.Sensor Mikrofon

D. Prosedur Percobaan

1. Rangkaian tabung resonansi , signal generator, sound level meter dan sensor mikrofon seperti gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Percobaan

Mencari nilai frekuensi dengan Panjang tabung tetap

2. Mengatur posisi piston sehingga panjang tabung menjadi 50 cm.
3. Mengatur posisi sensor mikrofon pada titik paling ujung piston pada tabung.
4. Mengatur perubahan frekuensi pada signal generator, temukanlah nilai frekuensi pertama f_1 , frekuensi atas pertama f_2 , frekuensi atas pertama f_3 . Ulangi percobaan langkah 2 sampai 4 untuk panjang tabung 70 dan 90 cm.

Tabel 1. Pengaruh Panjang tabung dengan frekuensi resonansi

No.	Panjang tabung (m)	f_1	f_2	f_3
1.				
2.				
3.				

Mencari nilai frekuensi dengan tabung tetap.

5. Mengatur panjang tabung pada jarak 90 cm.
6. Mengatur frekuensi pada 300 Hz.
7. Kemudian gerakan sensor mikrofon untuk mendapatkan nilai terbesar pada L_1 , L_2 , dan L_3 .

Tabel 2. Mencari kecepatan suara di udara

No.	Panjang tabung (m)	L_1 (m)	L_2 (m)	L_3 (m)	v_1 (m/s)	v_2 (m/s)	v_3 (m/s)
1.	300						
2.	500						
3.	700						

8. Kemudian catat hasil yang didapat, kemudian ulangi langkah 6 sampai dengan 7 untuk frekuensi 500 Hz, 700 Hz.

E. Tugas Pendahuluan

1. Jelaskan hubungan antara frekuensi bunyi dengan cepat rambat bunyi!
2. Apakah yang dimaksud dengan cepat rambat bunyi?
3. Apakah yang anda ketahui tentang resonansi bunyi?
4. Sebutkan contoh peristiwa resonansi bunyi dalam kehidupan?
5. Seorang mahasiswi melakukan percobaan resonansi untuk menentukan kecepatan merambatnya bunyi. Mahasiswi tersebut menggunakan frekuensi 600 Hz. Resonansi kedua terjadi saat kolom udaranya 65 cm. Berapakah kecepatan merambat gelombang bunyi menurut percobaan tersebut?

DAFTAR PUSTAKA

- Benson, H. 1995. *University Physics*, John Wilye & Sons, Inc. p. 19
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. 1997. *Fundamentals of Physics*, John Wiley Sons.
- LFD ITB. 2013. *Modul Praktikum Fisika Dasar 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- PHYWE. 2016. *Manual Percobaan Magnetic Field of Single Coil/Biot Savart's Law (LEP 4.3.02)*. <http://www.phywe-systeme.com/>. Diakses pada tanggal 28 Januari 2022 pukul 10.50 WIB.
- Tim Penyusun. 2014. *Modul praktikum Laboratorium Fisika Dasar*. Riau. Jurusan Fisika FMIPA UIN Suska Riau.
- Tim Penyusun. 1980. *Penuntun Praktikum Fisika*. Bandung. Armico.
- Tim Penyusun. 2004. *Modul praktikum Fisika Dasar*. Bandung : Laboratorium Fisika Dasar – ITENAS
- Tim Penyusun. 2014. *Modul praktikum Laboratorium Fisika Dasar*. Bandung. Jurusan Fisika Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung.
- Tyler, Frank. 1967. *A Laboratory Manual of Physics*. Sydney. Edward Arnold.

KONTRIBUTOR

1. M. Samsul Anrokhi, S.Si., M. Si
2. Dr. Ikah Ning Prasetyowati Pernamasari, S.Si., M. Si
3. Ajeng Eliyana, S.Si., M.Si
4. Agustina Widiyani, S.Si., M. Si
5. Azrul Sulaiman Karim Pohan, S.Si., M.Si
6. Tri Siswandi Syahputra, S.Si., M.Si
7. Dr. Abdul Rajak, M.Si
8. Mahardika Yoga Darmawan, S.T., M.Si
9. Muhammad Ragil Setiawan, S.Pd., M.Si
10. Vico L Ipmawan, S.Pd., M.Si
11. Rahmat Nawi Siregar, S.Pd., M.Si
12. Harlina Ardiyanti, S.Si., M.Si
13. Deska Lismawenning, S.Si., M. Si
14. Okky Fajar Tri Maryana, M.Sc.
15. Dr. Indra Pardede, M. Si
16. Dr. Eko Satria, M.Si
17. Dr. Melany Febrina, M.Si.
18. Muhammad Anshory, S.Pd., M.Sc
19. Yusron Darajat, S.Pd., M.Sc.
20. Aptridio Syawaludin Yusuf, S.Si
21. Vera Prawestiana, S.Si
22. Ma'sum Anshori, S.Si.

