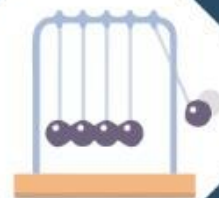
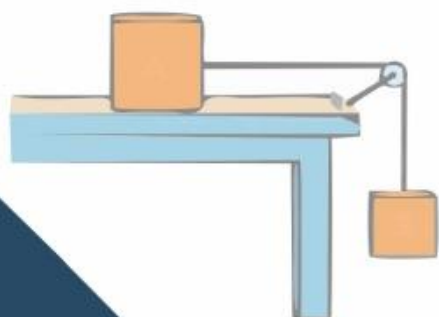




Buku Panduan Praktikum Fisika Dasar 1

Edisi Daring



Disusun Oleh :

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.
Prof. Dr. rer.nat. Wahyu Hardyanto, M.Si.
Prof. Dr. Hartono, M.Pd.
Dr. Agus Yulianto, M.Si.
Dr. Bambang Subali, M.Pd.
Dr. M. Aryono Adhi, M.Si.
Dr. Siti Wahyuni, M.Sc.
Dr. Budi Astuti, M.Sc.
Fianti, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Dr. Masturi, M.Si.

BUKU PANDUAN
PRAKTIKUM FISIKA DASAR 1
(Edisi Daring)

Tim Penyusun:

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.
Prof. Dr. rer.nat. Wahyu Hardyanto, M.Si.
Prof. Dr. Hartono, M.Pd.
Dr. Agus Yulianto, M.Si.
Dr. Bambang Subali, M.Pd.
Dr. M. Aryono Adhi, M.Si.
Dr. Siti Wahyuni, M.Sc.
Dr. Budi Astuti, M.Sc.
Fianti, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Dr. Masturi, M.Si.

JURUSAN FISIKA
FMIPA UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BUKU PANDUAN PRAKTIKUM FISIKA DASAR 1

Penulis : Prof. Dr. Wiyanto, M.Si., dkk.
Editor : Dr. Suharto Linuwih, M.Si.; Dr. Upik Nurbaiti, M.Si.
Lay Out : Natalia Erna S, S.Pd.; Agus Nu'man, A.Md
Cover : Alvin Fachrully S, S.Si

Diterbitkan oleh:

Jurusan Fisika FMIPA UNNES, Gedung D7 Lantai 2 Kampus Sekaran
Gunungpati, Semarang, 50229. Telp. (024) 8508034.
Email: fisika@mail.unnes.ac.id.

Hak Cipta pada Penerbit

ISBN : 9786025118661

Cetakan Pertama : 2020

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin penulis

KATA PENGANTAR

Segala puji kita haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan pertolongan-Nya sehingga penulisan modul praktikum ini bisa diselesaikan.

Buku Panduan **Praktikum Fisika Dasar 1 (Edisi Daring)** ini disusun oleh para dosen yang merupakan pakar fisika dan pendidikan fisika di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang (FMIPA UNNES). Harapan kami buku ini dapat dipergunakan oleh para mahasiswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum fisika dasar. Pelaksanaan praktikum, utamanya pada masa pandemi seperti ini memerlukan buku panduan yang memadai sehingga dapat digunakan sebagai panduan dan rujukan bagi mahasiswa dalam melaksanakan praktikum secara mandiri di rumah.

Demikian. Semoga buku ini bermanfaat.

Semarang, 5 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
Bab 1 Pendahuluan.....	1
Bab 2 Pengukuran Panjang, Massa, dan Waktu.....	11
Bab 3 Gerak Dua Dimensi dengan Akselerasi Tetap.....	18
Bab 4 Ayunan Matematis.....	25
Bab 5 Osilasi pada Sistem Pegas	31
Bab 6 Penerapan Hukum Kedua Newton pada Gaya Gesek.....	38
Bab 7 Pengukuran Intensitas Bunyi dengan Menggunakan Gawai	42
Daftar Pustaka	49

1

PENDAHULUAN

1. Umum

Tujuan percobaan-percobaan fisika di Laboratorium Fisika Dasar adalah untuk melihat secara visual beberapa peristiwa fisika dalam kejadian sebenarnya, menguji kebenaran hukum fisika misalnya : hukum Archimedes, hukum Ohm, hukum Lenz dsb., mencari tetapan-tetapan fisika secara kuantitatif, misalnya : koefisien viskositas zat cair, kalor jenis, percepatan gravitasi, dan lain sebagainya. Untuk itu diperlukan ketelitian dan metode pengamatan.

Mata kuliah praktikum Fisika Dasar ini diberikan agar mahasiswa :

- Memperoleh kecakapan dan ketrampilan dalam memakai dan memahami kegunaan peralatan laboratorium.
- Lebih menghayati materi yang diberikan di kuliah dan memahami hubungan antara teori dan pengamatan.
- Mampu menganalisis, membuat hipotesis, ataupun kesimpulan dari data yang diperoleh dari hasil percobaan.
- Mampu berkomunikasi secara lisan maupun tulisan (melalui diskusi dan pembuatan laporan), mengenal metodologi penelitian.

Penelitian dalam arti sebenarnya (mencari solusi baru, inovasi, dsb.) memang belum dilakukan pada taraf percobaan praktikum fisika dasar ini, tetapi kegiatan praktikum ini sudah mengarah kepada cara-cara untuk melakukan suatu penelitian.

2. Teori Ralat

Fisika mempelajari gejala alam secara kuantitatif, oleh karenanya pengukuran besaran fisis merupakan hal yang sangat penting. Mengukur adalah membandingkan suatu besaran fisis dengan besaran fisis sejenis sebagai standar yang telah diperjanjikan terlebih dahulu. Tujuan mengukur adalah untuk mengetahui nilai ukur besaran fisis dengan hasil yang akurat. Suatu benda yang diukur berulang, maka setiap pengukuran bolehjadi memberikan angka ukur yang berbeda, demikian juga jika besaran fisis yang sama diukur oleh orang lain. Jadi usaha untuk memperoleh hasil ukur yang tepat betul tidak pernah tercapai, dan yang bisa dicapai hanyalah memperoleh hasil terbolejadi betul, dan nilai kisaran hasil ukur.

Jika besaran fisis yang diukur (x) maka hasil ukur terboleh jadi betul adalah nilai rerata pengukuran (\bar{x}), dan kisaran hasil ukur dinamakan ralat pengukuran dinyatakan (Δx). Nilai kisaran hasil ukurnya ($\bar{x} \pm \Delta x$), mempunyai arti nilai itu berada dalam rentang antara x minimum yakni ($\bar{x} - \Delta x$) sampai dengan x maksimum yakni ($\bar{x} + \Delta x$). Suatu alat ukur dikatakan presisi apabila memberikan nilai Δx yang kecil. Setiap alat ukur mempunyai tingkat kepresisian sendiri-sendiri, misalnya alat ukur panjang : mikrometer sekrup 0,001 cm, jangka sorong 0,01 cm dan mistar 0,1 cm. Hasil ukur dikatakan baik apabila diperoleh ralat relatif ($\Delta x / \bar{x}$) yang bernilai kecil.

2.1 Sumber – Sumber Ralat

Setiap hasil pengukuran tidak pernah lepas dari suatu ralat. Sumber-sumber ralat dapat dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu : ralat sistematis (*systematic error*), ralat rambang (*random error*), dan ralat kekeliruan tindakan.

1. Ralat Sistematis

Ralat kelompok ini memberikan efek yang tetap nilainya terhadap hasil ukur, dan dapat dihilangkan apabila diketahui sumber-sumbernya, antara lain faktor-faktor berikut.

(a) Alat

Misalnya : kesalahan kalibrasi, meter arus tidak menunjukkan nol sebelum digunakan (*zero error*), ketidakelastisan benda / *fatigue*.

(b) Pengamat

Misalnya karena ketidakcermatan pengamat dalam membaca skala. Hal ini bisa disebabkan selama pembacaan mata pengamat terlalu ke bawah atau ke atas terhadap objek yang diamati sehingga nilai yang terbaca tergeser dari nilai sebenarnya (paralaks).

(c) Kondisi fisis pengamatan

Misalnya karena kondisi fisis saat pengamatan tidak sama dengan kondisi fisis saat peneraan alat, sehingga mempengaruhi penunjukan alat.

(d) Metode pengamatan

Ketidak tepatan dalam pemilihan metode akan mempengaruhi hasil pengamatan, misalnya sering terjadi kebocoran besaran fisis seperti panas, cahaya, dsb.

2. Ralat rambang

Setiap pengukuran yang dilakukan berulang atau pengamatan berulang untuk besaran fisis yang tetap, ternyata nilai setiap

pengukuran itu berbeda. Ralat yang terjadi pada pengukuran berulang ini disebut *ralat rambang*, atau *ralat kebetulan* atau *ralat random*.

Faktor- faktor penyebab ralat rambang antara lain sebagai berikut.

(a) **Ketepatan penaksiran**

Misalnya penaksiran terhadap penunjukkan skala oleh pengamat yang berbeda dari waktu ke waktu.

(b) **Kondisi fisis yang berubah (berfluktuasi)**

Misalnya karena suhu atau tegangan listrik yang digunakan tidak stabil (berfluktuasi).

(c) **Gangguan**

Misalnya adanya medan magnet yang kuat disekitar alat-alat ukur listrik sehingga dapat mempengaruhi penunjukkan meter-meter listrik.

(d) **Definisi**

Misalnya karena penampang pipa tidak berbentuk lingkaran sempurna maka penentuan diameternyapun akan menimbulkan ralat.

3. Ralat kekeliruan tindakan

Kekeliruan tindakan oleh pengamat atau pengukur dapat terjadi dalam bentuk sebagai berikut.

(a) **Salah berbuat**

Misalnya salah membaca, salah pengaturan situasi/kondisi, salah membilang (misalnya jumlah ayunan 11 kali terbilang 10 kali).

(b) **Salah hitung**

Terutama terjadi pada hitungan dengan pembulatan.

2.2 Perhitungan Ralat

Berdasarkan uraian di atas dapat dipahami bahwa ralat selalu muncul pada setiap pengukuran, dan ini disebabkan oleh keterbatasan alat ukur, usaha yang dapat dilakukan hanyalah bagaimana memperkecil ralat tersebut sekecil-kecilnya. Khusus dalam hal pengamatan pada praktikum Fisika Dasar, peralatan, situasi dan kondisi yang ada harus diterima apa adanya dalam arti praktikan tidak dapat meniadakan ralat sistematis secara baik. Yang dapat dilakukan praktikan adalah berusaha bekerja sebaik-baiknya untuk menghindari atau mengurangi ralat kekeliruan tindakan, ralat sistematis, dan ralat kebetulan.

Setiap pengukuran selalu muncul ralat kebetulan, oleh sebab itu untuk memperkecil ralat ini harus dilakukan pengukuran berulang, semakin banyak dilakukan pengukuran berulang semakin baik. Namun demikian tidak semua pengamatan dapat diulangi sehingga praktikan hanya dapat melakukan pengamatan sekali saja, untuk ini ralat terjadi pada penaksiran skala. Ralat ini penaksirannya dilakukan atas dasar *akal sehat* terkadang sampai 0,1 skala terkecilnya. Ralat kebetulan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu ralat dari pengamatan langsung dan ralat dari hasil perhitungan.

Pengukuran besaran secara langsung berarti benda tersebut diukur dan langsung dapat diperoleh hasil ukurnya. Misalnya mengukur diameter pensil dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran tak langsung berarti hasil ukur yang dikehendaki diperoleh melalui perhitungan. Sebagai contoh ingin mengetahui volume sebatang pensil berbentuk silinder, maka yang dilakukan adalah mengukur diameter pensil dengan jangka sorong misalnya dan mengukur panjang pensil dengan mistar.

Ralat pengukuran langsung terjadi karena pengamatan dan ini termasuk ralat rambang. Ralat pengukuran tak langsung disumbang oleh ralat rambang dari setiap pengukuran besaran secara langsung, dan ini menyebabkan ralat yang merambat. Semakin banyak parameter yang diukur langsung maka ralat hasil ukur semakin besar. Ini disebabkan adanya perambatan masing-masing ralat oleh setiap pengukuran langsung yang menyumbang ralat hasil pada pengukuran tak langsung. Berikut ini diperkenalkan penyebab ralat pada setiap pengukuran.

1. Ralat Pengamatan

Telah diuraikan di atas, bila pengukuran atau pengamatan dilakukan beberapa kali pada besaran yang diukur secara langsung, hasilnya berbeda-beda. Misalnya dilakukan pengukuran sebanyak n kali dengan hasil pengukuran yang ke i adalah x_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). Nilai terbaik terbole jadi betul adalah nilai rerata dari hasil ukur itu, dilambangkan \bar{x} , dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

Selisih atau penyimpangan antara nilai ukur ke i dengan nilai ukur rerata dinamakan *deviasi* (misal berlambang δ), maka :

$$\delta x_i = x_i - \bar{x} \quad (2)$$

Deviasi pada persamaan (2) merupakan penyimpangan terhadap nilai terbaik dari nilai terukur yang bersangkutan (x_i).

Dikenal istilah *deviasi standar*, yang didefinisikan sebagai akar rerata kuadrat deviasinya (Δx) atau :

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

sedangkan deviasi standar relatifnya ditulis :

$$\overline{\Delta x_r} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \quad \text{atau} \quad \overline{\Delta x_r} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\% \quad (4)$$

Selanjutnya harga atau nilai dari pengukuran (x) dapat ditulis :

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (5)$$

Nilai pengukuran, seringkali dinyatakan dengan kesaksamaan atau ketelitian, atau disebut pula kecermatan, yaitu : $1 - \overline{\Delta x_r}$ atau $100\% - \overline{\Delta x_r} \%$. Kesaksamaan dapat dianggap sebagai jaminan akan kebenaran hasil pengukuran. Perhatikan contoh berikut ini.

Misal kita melakukan 10 kali pengukuran panjang sebuah batang, dimana nilai terukur pada setiap kali pengukuran seperti terdapat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data pengukuran panjang sebuah batang

Pengukuran ke	Nilai terukur (x_i) cm	Deviasi $\delta x_i = x_i - \bar{x}$ (cm)	Kuadrat deviasi $(\delta x_i)^2$	Pengukuran ke	Nilai terukur (x_i) cm	Deviasi $\delta x_i = x_i - \bar{x}$ (cm)	Kuadrat deviasi $(\delta x_i)^2$
1	5,62	+0,03	0,0009	6	5,58	-0,01	0,0001
2	5,59	0,00	0,0000	7	5,57	-0,02	0,0004
3	5,60	+0,01	0,0001	8	5,58	-0,01	0,0001
4	5,61	+0,02	0,0004	9	5,59	0,00	0,0000
5	5,56	-0,03	0,0009	10	5,60	+0,01	0,0001

Dari tabel diperoleh informasi bahwa :

$$n = 10 \quad \sum_i^n X_i = 55.90 \quad \sum_i^n (\delta x_i)^2 = 0,0030$$

Jadi nilai terbaiknya :

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n x_i}{n} = 5.90$$

sedangkan deviasi standarnya

$$\Delta x = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\delta x_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.0030}{90}} = 0.01$$

diperoleh simpulan, nilai ukur besaran x tersaji :

$$x = \bar{x} \pm \Delta x = (5.90 \pm 0.01) \text{ cm}$$

dengan kesaksamaan :

$$100\% - \frac{0.01}{5.90} \times 100\% = 99.83\%$$

Sejumlah kalkulator ilmiah (*scientific calculator*) biasanya terdapat fasilitas untuk menghitung deviasi standar, petunjuk penggunaannya sangat spesifik, bergantung pada merk dan tipe kalkulator tersebut.

2. Ralat Perambatan

Seringkali besaran fisis tidak diukur secara langsung, tetapi dihitung dari pengukuran unsur-unsurnya. Misal volume sebuah balok dihitung dari perkalian antara panjang, lebar dan tebal balok yang diukur, kelajuan dihitung dari jarak tempuh dengan waktu tempuhnya, dsb. Pada pengukuran panjang, lebar dan tebal balok masing-masing pengukurannya memberikan ralat, maka dalam perhitungan volume balokpun akan menimbulkan ralat sebagai hasil perpaduan ralat dari setiap sisi yang diukur langsung. Ralat yang timbul sebagai hasil perhitungan ini dinamakan **ralat perhitungan** atau **ralat rambatan**. Nilai terbaik sangat bergantung pada nilai terbaik variabel unsurnya.

Secara matematis bila besaran V gayut variabelnya adalah (x, y, z) , sehingga $V = V(x, y, z)$, maka nilai terbaiknya adalah $\bar{V} = V(\bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$, sedangkan deviasi standar reratanya dirumuskan :

$$\overline{\Delta V} = \sqrt{\left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{x}}\right)^2 \Delta x^2 + \left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{y}}\right)^2 \Delta y^2 + \left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{z}}\right)^2 \Delta z^2} \quad (6)$$

Penyajian hasil pengukuran langsung terhadap peubah x, y, z dinyatakan :

$$x = \overline{x} \pm \Delta x \qquad y = \overline{y} \pm \Delta y \qquad z = \overline{z} \pm \Delta z$$

dimana :

$\left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial x}\right)$ merupakan turunan parsial peubah \overline{V} terhadap peubah \overline{x} ,

$\left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial y}\right)$ merupakan turunan parsial peubah \overline{V} terhadap peubah \overline{y} ,

$\left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial z}\right)$ merupakan turunan parsial peubah \overline{V} terhadap peubah \overline{z} .

Perhatikan dua contoh berikut.

Contoh 1 :

Sebuah balok sisi-sisinya diukur langsung hasil pengukuran sbb. :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} & : p = (6,21 \pm 0,02)cm \\ \text{Lebar} & : l = (4,26 \pm 0,01)cm \\ \text{Tinggi} & : t = (3,43 \pm 0,01)cm \end{aligned}$$

Nilai terbaik volume balok :

$$\overline{V} = V(\overline{p}, \overline{l}, \overline{t}) = (\overline{p})(\overline{l})(\overline{t}) = 6,21 \times 4,26 \times 3,43 = 90,74 \text{ cm}^3$$

Standar deviasi dapat dihitung melalui turunan parsial \overline{V} terhadap $\overline{p}, \overline{l}, \overline{t}$ berikut ini :

$$\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{p}} = \overline{l}\overline{t} = (4,26)(3,43) = 14,6118$$

$$\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{l}} = \overline{p}\overline{t} = (6,21)(3,43) = 21,3003$$

$$\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{t}} = \overline{p}\overline{l} = (6,21)(4,26) = 26,4546$$

Berikutnya, deviasi standar reratanya adalah :

$$\overline{\Delta V} = \sqrt{\left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{p}}\right)^2 \Delta p^2 + \left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{l}}\right)^2 \Delta l^2 + \left(\frac{\partial \overline{V}}{\partial \overline{t}}\right)^2 \Delta t^2}$$

$$\Delta \bar{V} = \sqrt{[(14,6118)^2 (0,02)^2 + (21,3003)^2 (0,01)^2 + (26,4546)^2 (0,01)^2]}$$

$$= 0,4480$$

Diperoleh simpulan volume balok : $V = (90,7 \pm 0,4) \text{ cm}^3$

Contoh 2 :

Dalam menentukan jarak titik api (f) lensa cembung, besaran yang diukur secara langsung ialah jarak dari benda ke lensa atau jarak benda (s) dan jarak dari lensa ke layar atau jarak bayangan (s'). Misal dari hasil pengukuran langsung diperoleh : $s = (32,4 \pm 0,1) \text{ cm}$ dan $s' = (13,7 \pm 0,1) \text{ cm}$. Telah diketahui pada lensa tipis berlaku

hubungan antara f , s , dan s' yakni : $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$ atau :

$$f = \frac{s \cdot s'}{s + s'} = \frac{(32,4)(13,7)}{32,4 + 13,7} = \frac{443,88}{46,1} = 9,63 \text{ cm.}$$

Standar deviasi dapat dihitung melalui turunan parsial \bar{f} terhadap \bar{s} dan \bar{s}' berikut ini :

$$\frac{\partial \bar{f}}{\partial \bar{s}} = \frac{\bar{s}'^2}{(\bar{s} + \bar{s}')^2} = \frac{(13,7)^2}{(32,4 + 13,7)^2} = \frac{187,69}{2125,21} = 0,0883$$

$$\frac{\partial \bar{f}}{\partial \bar{s}'} = \frac{\bar{s}^2}{(\bar{s} + \bar{s}')^2} = \frac{(32,4)^2}{(32,4 + 13,7)^2} = \frac{1049,76}{2125,21} = 0,4940$$

Deviasi standar rerata dari f adalah :

$$\overline{\Delta f} = \sqrt{\left(\frac{\partial \bar{f}}{\partial \bar{s}}\right)^2 \Delta s^2 + \left(\frac{\partial \bar{f}}{\partial \bar{s}'}\right)^2 \Delta s'^2}$$

$$\overline{\Delta f} = \sqrt{(0,0883)^2 (0,1)^2 + (0,4940)^2 (0,1)^2} = 0,05$$

Diperoleh simpulan jarak fokus lensa : $f = (9,63 \pm 0,05) \text{ cm}$

3. Metode Grafik

Hasil percobaan apabila hanya disajikan dalam bentuk angka-angka saja mestinya kurang menarik selain menjemukan. Hasil percobaan akan menarik apabila angka-angka tersebut dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik atau kurva dari variabel yang dikehendaki.

Analisis data dengan metode grafik lebih praktis dan memudahkan pandangan. Meskipun demikian tidak semua percobaan hasilnya dapat dianalisis dengan metode grafik.

Kegunaan grafik.

- Grafik sangat menolong melalui pandangan (*visual aid*), maksudnya dengan mengamati bentuk grafik saja, pembaca bisa memperoleh banyak informasi. Misal dapat diketahui di tempat mana atau saat kapan mulai ada perbedaan antara hasil hitungan dan hasil pengamatan, dapat diketahui dengan mudah letak benar dan salahnya dalam menganalisis data, dan sebagainya.
- Grafik dapat digunakan untuk membandingkan eksperimen dengan teori.
- Grafik dapat digunakan untuk menunjukkan hubungan empiris antara dua besaran, meskipun pelaku percobaan belum pernah menyelidiki hubungan teoritis antara dua besaran tersebut.
- Grafik dapat digunakan untuk menentukan konstanta atau koefisien dari suatu rumus, membuktikan rumus.

Membuat grafik

Untuk mendapatkan grafik yang baik, maka perlu diperhatikan dasar-dasar pembuatan grafik sebagai berikut.

- Pilihlah sumbu mendatar atau sumbu x atau absis sebagai besaran sebab atau variabel bebas, dan sumbu tegak atau sumbu y atau ordinat sebagai besaran efek atau akibat atau variabel bergantung. Pemilihan besaran pada absis dan ordinat harus bersesuaian dengan keadaan yang paling menguntungkan, misalnya bisa menghapus ralat sistematis.

- Persamaan yang digunakan harus persamaan linier. Misal hukum Boyle

$$pV = k \text{ atau } p = k \frac{1}{V}, \text{ dengan } k = \text{konstan, agar persamaannya linier}$$

maka sumbu x adalah : $\frac{1}{V}$ sedangkan sumbu y adalah : p . Contoh lagi :

$$\frac{1}{t} = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_B - \rho_F)}{\eta s}, \text{ dimana } t : \text{waktu dan } r : \text{jari-jari, sebaiknya sumbu}$$

x diambil besaran : r^2 dan sumbu y : besaran : $\frac{1}{t}$. Contoh lagi misal

$I = I_0 e^{-\alpha d}$ sebaiknya diubah menjadi $\ln I = \ln I_0 - \alpha d$ dengan sumbu x : adalah d dan sumbu y : adalah $\ln I$.

- Nilai skala baik pada sumbu x maupun sumbu y harus dipilih bulat dan dapat memberikan kemiringan grafik (slope) pada kisaran antara 30° sampai 60° .
- Gunakan minimal 10 buah titik data, setiap titik data ditulis dengan jelas, serta nilai ralat di setiap titik data (biasanya berarah sumbu y), digambar sebagai garis ke atas dan ke bawah dari titik data itu.

- e. Ambillah skala yang sederhana, misal 1 cm di kertas grafik mewakili 1 satuan (atau 10,100,0,1 dst). Kalau pilihan ini mengakibatkan lukisan grafik menjadi terlalu besar atau terlalu kecil ambillah 1 cm mewakili 2 atau 5 unit (atau 10 pangkatnya).
- f. Jangan memasang titik-titik pengamatan terlalu dekat satu sama lain, dan juga jangan terlalu jauh.
- g. Penulisan angka pada sumbu-sumbunya hendaknya yang sederhana, misal jangan dituliskan angka 0,000005 tetapi 5×10^{-6} .
- h. Berilah tanda yang jelas pada titik-titik pengamatan, gunakan tanda berbeda bila melukiskan beberapa kurva di satu grafik.
- i. Tarik garis grafik secara halus dan merata (atau garis lurus) yang menerusi daerah titik-titik pengamatan, jangan melukis garis patah-patah yang menghubungkan tiap dua titik pengamatan yang berurutan.
- j. Grafik garis lurus jangan dipaksa ditarik melalui titik nol, tetapi hendaknya ditarik garis lurus yang paling cocok melalui daerah titik-titik pengamatan. Dengan cara ini mungkin satu atau lebih ralat sistematis akan terungkap.
- k. Garis ditarik melalui titik-titik data terbolejadi, artinya tidak setiap titik data harus dilalui. Slope ketidakpastian ditarik dari titik data paling menyimpang di kedua ujung data dan dihubungkan dengan titik tengah (pusat) data. Kedua garis itu memberi makna, bahwa siapapun yang menarik garis selalu antara garis terbolejadi dan garis ketakpastian.
- l. Garis yang melalui titik-titik data terbolejadi memberikan slope terbolejadi, sedangkan garis yang melalui ujung titik data grafik yang paling menyimpang memberikan slope ketidakpastian. Slope terbolejadi dan slope ketidakpastian digunakan untuk menentukan nilai ukur (yang dituju) terbolejadi dan ketidakpastiannya.

Acuan :

- Bambang Purwadi,dkk. 2002. **Panduan Fisika Dasar di Universitas Gadjah Mada**. Yogyakarta : Laboratorium Fisika Dasar.
- Bambang Purwadi,dkk. 2002. **Panduan Fisika Dasar di Universitas Gadjah Mada (untuk jurusan Fisika)**. Yogyakarta : Laboratorium Fisika Dasar.
- Muhammad Hikam,dkk. 2000. **Buku Pedoman Praktikum Fisika Dasar**. Depok : Laboratorium Fisika Dasar FMIPA Universitas Indonesia.
- Tim Laboratorium Fisika Dasar ITB.2001. **Modul Praktikum Fisika Dasar I**. Bandung : Penerbit ITB.

2

PENGUKURAN PANJANG, MASSA, DAN WAKTU

1. Tujuan Percobaan

- Mempelajari metode pengukuran panjang, massa dan waktu
- Mempelajari penggunaan teori ralat dalam pengukuran

2. Peralatan

- Alat ukur Panjang
- Jangka sorong
- Batang kayu / besi yang dilubangi tengahnya
- Paku untuk poros batang kayu / besi
- Kertas manila (BC)
- Benda-benda ukur

3. Teori

Mengukur adalah membandingkan besaran fisis dengan besaran fisis sejenis sebagai standar yang telah diperjanjikan terlebih dahulu. Tujuan mengukur adalah mengetahui nilai besaran fisis dengan hasil yang akurat. Satu benda diukur berulang maka setiap pengukuran bolehjadi memberikan angka ukur berbeda, demikian juga besaran fisis yang sama diukur oleh orang lain. Jadi usaha untuk memperoleh hasil ukur yang tepat betul tidak pernah tercapai, dan yang bisa dicapai hanyalah memperoleh hasil terbolejadi betul, dan nilai kisaran hasil ukur. Suatu pengukuran yang akurat dan presisi sangat bergantung pada metode dan alat ukur yang digunakan.

Hasil pengukuran yang baik akan tidak berarti jika pengolahan datanya dikerjakan dengan cara yang tidak tepat. Oleh karenanya pengetahuan tentang teori ralat dan statistik sangat dibutuhkan oleh seorang peneliti.

Percobaan ini diharapkan dapat melatih praktikan untuk melakukan pengukuran dengan metode yang baik, menggunakan alat ukur yang tepat, memahami dan menggunakan teori ralat dan statistik, dan membandingkan beberapa metode percobaan.

Hakikat Sains (*Nature of Science* = NoS)

Dorongan rasa ingin tahu telah membuat ilmuwan mempertanyakan fenomena alam yang terjadi di sekitarnya. Berdasarkan pengetahuan dan

imajinasinya, ilmuwan mencoba menjawab fenomena alam yang dipertanyakannya. Jawaban sementara ilmuwan terhadap pertanyaan atau permasalahan itu disebut hipotesis, yang dapat berupa model atau teori. Proses tersebut menunjukkan bahwa sains itu terkait dengan aktivitas kreatif. Hipotesis dapat diterima jika mendapat dukungan data. Untuk menguji hipotesis, percobaan dirancang dan dilaksanakan melalui serangkaian kegiatan pengukuran hingga diperoleh data. Jika mendapat dukungan data, maka hipotesis diterima menjadi hukum atau prinsip. Hukum atau prinsip bersifat *tentative* atau sementara, yaitu berlaku sepanjang belum ditemukan data baru yang menentangnya.

Uraian tersebut menunjukkan betapa penting peranan pengukuran dalam sains, termasuk fisika. Untuk itu kita perlu belajar tentang pengukuran.

Pengukuran dan Ketidakpastian

Misal, seorang mahasiswa mengukur panjang sehelai tali menggunakan penggaris yang skala terkecilnya 1 mm, hasilnya menunjukkan 175 mm lebih. Jika ia ragu lebihannya 0,4 atau 0,5 atau 0,6 mm, tetapi ia yakin bahwa hasilnya lebih dari 175 mm dan kurang dari 176 mm, itu berarti pengukurannya menunjukkan antara 175,0 dan 176,0 mm, maka ia boleh menuliskan hasil pengukurannya sebagai

$$\text{Panjang tali} = (175,5 \pm 0,5) \text{ mm}$$

Berapakah panjang tali yang sebenarnya? Panjang yang sebenarnya atau nilai sebenarnya (*measurand*) tidak ada yang mengetahuinya dengan pasti. Yang dapat kita pastikan bahwa panjang sebenarnya tali tersebut terletak antara 175,0 dan 176,0 mm.



Hasil pengukuran ditulis **175,5** mm terdiri dari 4 angka penting (*significant figures*), angka 1, 7, dan 5 merupakan **angka pasti** sedangkan angka 5 yang terakhir itu tidak pasti, diragukan, atau disebut juga **angka taksiran**. Setiap hasil pengukuran terdiri dari **satu atau lebih** angka pasti dan **satu** angka taksiran.

Jadi, setiap hasil pengukuran mengandung ketidakpastian.

Jika ada hasil pengukuran suatu besaran benda A, B, C, dan D, masing-masing menunjukkan:

terbawah dan teratas, dan untuk **pengukuran berulang** adalah **nilai rata-rata** (tendensi sentral). Pengukuran tunggal biasanya untuk panjang benda satu dimensi atau peristiwa yang tidak terulang. Pengukuran berulang biasa dilakukan pada pengukuran panjang benda dua atau tiga dimensi untuk posisi yang berbeda-beda, serta pengukuran panjang benda satu dimensi yang digunakan untuk percobaan berulang, misal pada percobaan berulang ayunan sederhana dengan panjang tali tetap dan massa bandul divariasikan, pengukuran panjang tali tersebut dilakukan sebelum dan setelah setiap percobaan. Demikian juga pada percobaan berulang ayunan untuk massa bandul tetap dan panjang tali divariasikan, walaupun massa bandul tetap namun diukur/ditimbang berulang sebelum dan setelah setiap percobaan.

Secara umum, hasil pengukuran biasa ditulis sbb:

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

Dimana:

\bar{x} adalah nilai rata-rata atau nilai tengah

Δx adalah taksiran ketidakpastian

Pada pengukuran tunggal dengan skala terkecilnya cukup kecil, misal penggaris 1 mm, biasa digunakan $\Delta x = (1/2) \times$ skala terkecil, sedangkan untuk alat ukur yang skala terkecilnya cukup besar bisa $(1/3)$, $(1/4)$, $(1/5)$, \times skala terkecil.

Untuk **pengukuran berulang**, dengan pendekatan kasar dapat digunakan simpangan ($|x_n - \bar{x}|$) yang terbesar. Sedangkan, untuk pendekatan taksiran yang agak halus bisa menggunakan simpangan rata-rata, atau lebih halus memakai simpangan baku. Semakin kecil nilai Δx menunjukkan semakin teliti alat ukur dan pengukurannya. Oleh karena itu, Δx juga mencerminkan ketelitian pengukuran.

Ketelitian alat pengukuran menentukan penulisan hasil, misal 20,0 cm \neq 20,00 cm. Nilai 20,00 cm merupakan hasil pengukuran yang lebih teliti dari 20,0 cm

Contoh hasil pengukuran berulang massa suatu benda menggunakan timbangan dengan skala terkecil 1 g. Datanya sebagai berikut: 20,0 g; 20,3 g; 20,0 g; 20,1 g; 19,6 g; 19,8 g; 20,0 g.

Taksiran kasar tidak menggunakan alat hitung (kalkulator), hasilnya dapat ditulis sebagai berikut: massa = $(20,0 \pm 0,4)$ g, maknanya nilai yang sebenarnya (*measurand*) kemungkinan berada pada rentang 19,6 s.d. 20,4 cm.

Dalam hal ini, angka 20,20 adalah modus (tendensi sentral), dan angka 0,4 adalah simpangan terjauh dari modus ($20,0 - 19,6 = 0,4$).

Untuk menuliskan hasil pengukuran menggunakan pendekatan taksiran yang lebih halus, yaitu menggunakan nilai rata-rata dan simpangan rata-rata, data pengukuran disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Pengukuran	Massa X_i (g)	$ X_i - \bar{X} $ (g)
#1	20,0	0
#2	20,3	0,3
#3	20,0	0
#4	20,1	0,1
#5	19,6	0,4
#6	19,8	0,2
#7	20,0	0
Rata-rata	19,97 = 20,0	$0,14985 = 0,14 =$ 0,1

Berdasarkan data tabel di atas, massa = $(20,0 \pm 0,1)$ g
Dimana 20,0 g adalah nilai rata-rata, dan 0,1 g adalah simpangan rata-rata.
Berapa simpangan bakunya (deviasi standar)? (Coba pelajari)

Ketidakpastian tersebut bisa dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap nilai rata-ratanya, disebut juga sebagai ketidakpastian relative, yaitu:

$$\frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{0,1}{20,2} \times 100\% \approx 0,5\%$$

Ketidakpastian Hasil Perhitungan

Misal, hasil pengukuran panjang (p) dan lebar (l) suatu bidang persegi panjang masing-masing adalah $(11,3 \pm 0,1)$ cm dan $(6,8 \pm 0,1)$ cm. Panjang dan lebar masing-masing kemungkinan berada pada rentang 11,2 s.d. 11,4 cm dan 6,7 s.d. 6,9 cm, maka luas yang sebenarnya kemungkinan terletak pada rentang $(11,2 \times 6,7) \text{ cm}^2 = 75,04 \text{ cm}^2$ s.d. $(11,4 \times 6,9) \text{ cm}^2 = 78,66 \text{ cm}^2$. Berdasarkan hasil ini maka taksiran ketidakpastiannya (Δx) sekitar $(78,66 - 75,4)/2 = 3,62/2 \approx 2 \text{ cm}^2$, maka luas yang sebenarnya terletak pada rentang 75 s.d. 79 cm^2 dengan nilai tengahnya 77 cm^2 , sehingga dapat ditulis:

$$\text{Luas} = (77 \pm 2) \text{ cm}^2$$

Hasil tersebut dapat dihitung menggunakan rumus luas, $L = p \times l = 11,3 \text{ cm} \times 6,8 \text{ cm} = 76,84 \text{ cm}^2 \approx 77 \text{ cm}^2$. Perhatikan bahwa 11,3 memiliki tiga angka penting, 6,8 dua angka penting, dan 77 dua angka penting.

Jadi, hasil operasi perkalian atau pembagian memiliki jumlah angka penting tidak melebihi jumlah angka penting terkecil dari besaran yang dioperasikan.

Sedangkan, hasil penjumlahan atau pengurangan memiliki jumlah angka di belakang koma tidak melebihi jumlah angka di belakang koma terkecil dari besaran yang dioperasikan.

Misal, 0,57 dikurangi 3,6, hasilnya satu angka di belakang koma, yaitu 3,0.

Presisi dan Akurasi

Secara teknis ada perbedaan antara presisi dan akurasi. Presisi itu terkait dengan pengulangan pengukuran menggunakan instrumen tertentu. Misal, seorang mahasiswa mengukur lebar *handphone* secara berulang, hasilnya 8,81 cm, 8,85 cm, 8,78 cm, 8,82 cm. Perhatikan bahwa selisih antar data tersebut tidak lebih dari 0,1 cm, maka dapat dinyatakan pengukuran tersebut menghasilkan kepresisian sedikit lebih baik dari 0,1 cm. Jadi, makin kecil jarak antar data, pengukuran makin presisi.

Akurasi merujuk pada seberapa dekat suatu pengukuran terhadap nilai yang sebenarnya. Misal, penggaris yang digunakan untuk mengukur lebar *handphone* tersebut dibuat dengan kesalahan 2%, maka akurasi pengukuran lebar *handphone* sekitar 2% dari 8,8 cm atau sekitar $\pm 0,2$ cm. Jadi, makin kecil taksiran ketidakpastian, pengukuran makin akurat.

4. TUGAS

Tugas 1

Dengan menggunakan kertas karton, buatlah jangka sorong dengan 18 mm skala tetap dibagi menjadi 20 skala Vernier. Berapa ketelitian jangka sorong tersebut. Gunakan jangka sorong tersebut untuk mengukur:

- (a) Diameter dalam tutup botol
- (b) Diameter luar tutup botol
- (c) Kedalaman tutup botol.

Gambar letak tutup botol dan pembacaan skala pengukurannya pada setiap pengukuran (a), (b), dan (c).

Tugas 2

Ukurlah tebal *handphone* Sdr menggunakan jangka sorong buatan Sdr. Tuliskan hasilnya menggunakan taksiran kasar, agak halus, dan lebih halus.

Tugas 3

Ukurlah panjang *handphone* Sdr menggunakan penggaris dengan skala terkecil 1 mm. Tuliskan hasilnya menggunakan taksiran kasar, agak halus, dan lebih halus.

Tugas 4

Pada suatu kegiatan laboratorium, siswa secara berkelompok melakukan latihan pengukuran massa. Kelompok I melakukan pengukuran massa sebuah cincin milik Tuti, hasil pengukurannya, massa cincin Tuti = $(5,7 \pm 0,1)$ g. Usai praktikum, Tuti kehilangan cincinnya. Semua temannya berusaha mencari cincin tersebut, akhirnya ditemukan sebuah cincin di lantai. Untuk mengujinya dilakukan pengukuran massa cincin tersebut menggunakan timbangan yang sama, hasilnya menunjukkan $(5,4 \pm 0,1)$ g. Bagaimana kesimpulan Saudara?

Tugas 5

Sediakan 2 atau lebih lembar kertas cover (bc). Potonglah selembar kertas bc tersebut menjadi 10 bagian yang sama. Ambil 1 potongan tersebut dan potonglah menjadi 10 bagian yang sama. Ambil 1 potongan kecil tersebut dan potonglah menjadi 10 bagian yang sama. Jadikan potongan-potongan kertas tersebut sebagai anak timbangan. Berilah nama 1 lembar kertas yang utuh dengan nama “satuan massa”, misal q . Berapa q , anak timbangan yang terkecil? Buat timbangan sama lengan (pesawat sederhana dengan titik tumpu di tengah), dan gunakan anak timbangan yang Sdr miliki untuk mengukur kancing baju dan benda-benda lain di sekitar Sdr. Laporkan hasilnya.

Kini, Sdr telah berhasil membuat anak timbangan untuk satuan massa sistem metrik.

Tugas 6

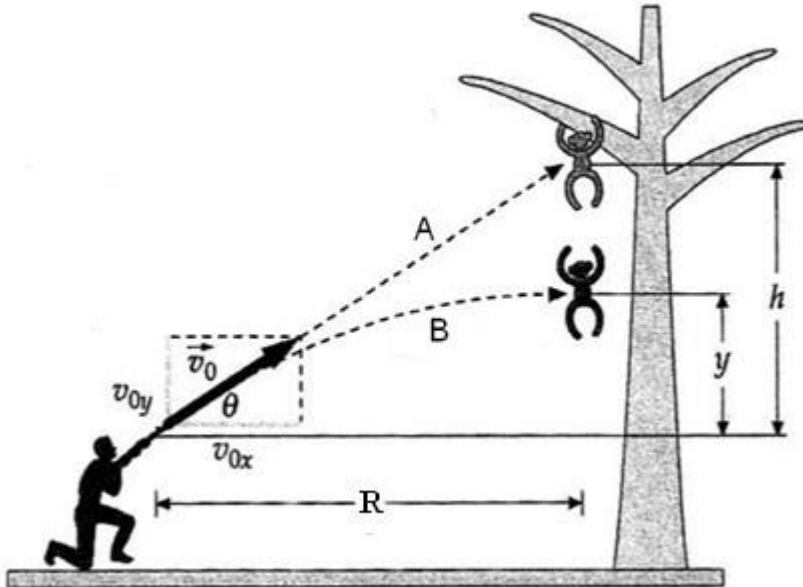
Buatlah ayunan sederhana yang terdiri dari sebuah bandul yang diikat dengan seutas benang dan ujung yang lain benang tersebut diikatkan ke suatu penyangga atau statip. Lakukan pengukuran waktu secara berulang untuk 10 kali ayunan. Buatlah tabel data pengamatan, dan hitunglah waktu untuk satu kali ayunan!

Selamat belajar!

3

GERAK 2D DENGAN AKSELERASI TETAP

Gerak 2D dengan akselerasi tetap (menembak monyet)



Seorang siswa menembakkan anak panah pada monyet 'boneka' yang dikaitkan secara elektromagnetik pada jarak secara vertikal h di atas pistol panah dan jarak R secara horizontal dari pistol panah. Siswa mengarahkan langsung ke monyet dan menembaknya, tetapi tepat saat siswa menembak, kaitan elektromagnetik dimatikan, sehingga menyebabkan monyet jatuh secara bersamaan. Apakah anak panah akan mengenai monyet?

Tugas 1

Anak panah dan monyet bergerak dalam 2D. Anak panah bergerak sebagaimana gerak peluru dan monyet bergerak jatuh bebas. Dengan demikian kita dapat menemukan posisi mereka kapan saja dan melihat apakah mereka akan berada di lokasi yang sama dan waktu yang sama. Hitung dan turunkan persamaannya? Berapakah waktu (t) yang dibutuhkan anak panah untuk bergerak horizontal sejauh R ?

Berapakah posisi anak panah (y_d) dan monyet (y_m) pada saat t ?

Jika $y_d = y_m$, maka anak panah akan mengenai monyet. Hitunglah berapakah $y_d - y_m$?

Tugas 2

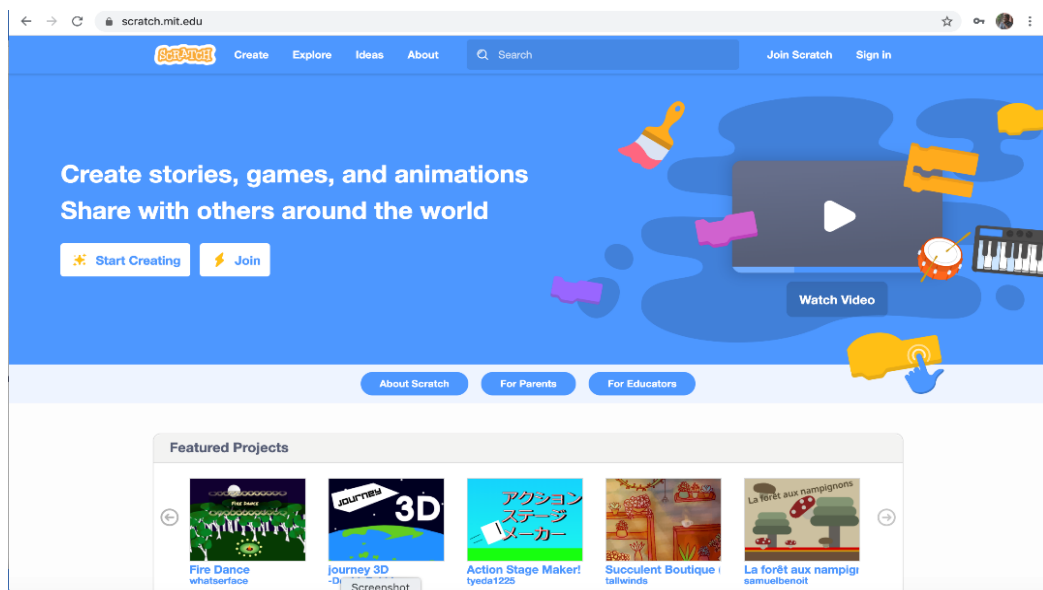
Buatlah program dengan Scratch untuk mensimulasikan gerakan anak panah atau bola dan monyet. Ikuti langkah demi langkah berikut

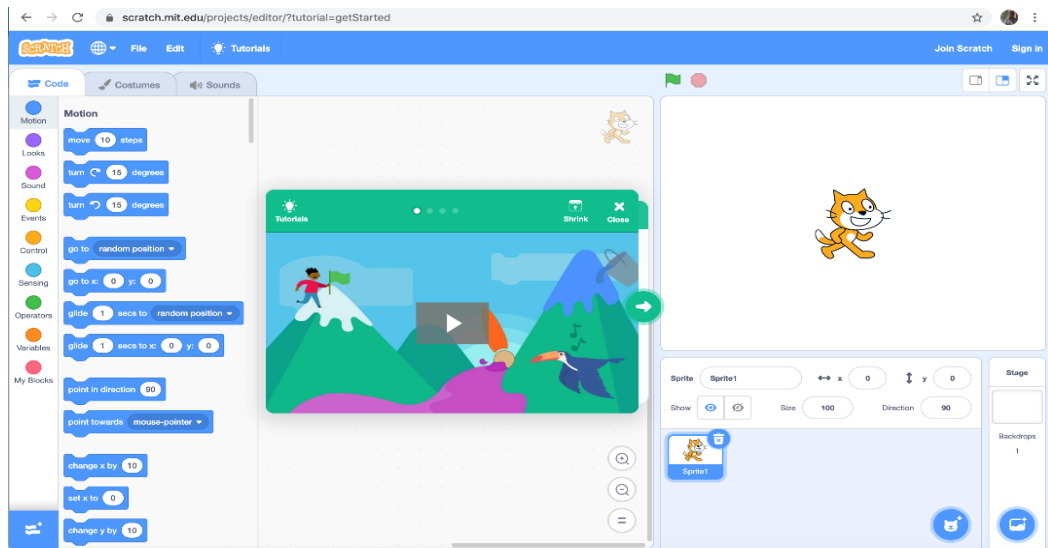
Langkah 1.

Bukalah <https://scratch.mit.edu/> (untuk membuat Project secara online) atau Download dan install program Scratch Desktop dari <https://scratch.mit.edu/download> pada laptop atau smartphone anda (untuk membuat Project secara offline).

Langkah 2.

Klik Create atau tombol Start Creating pada website (untuk koneksi internet yang tidak bagus, harus sedikit menunggu). Kemudian jalankan video tutorial singkat dengan menekan tombol play.

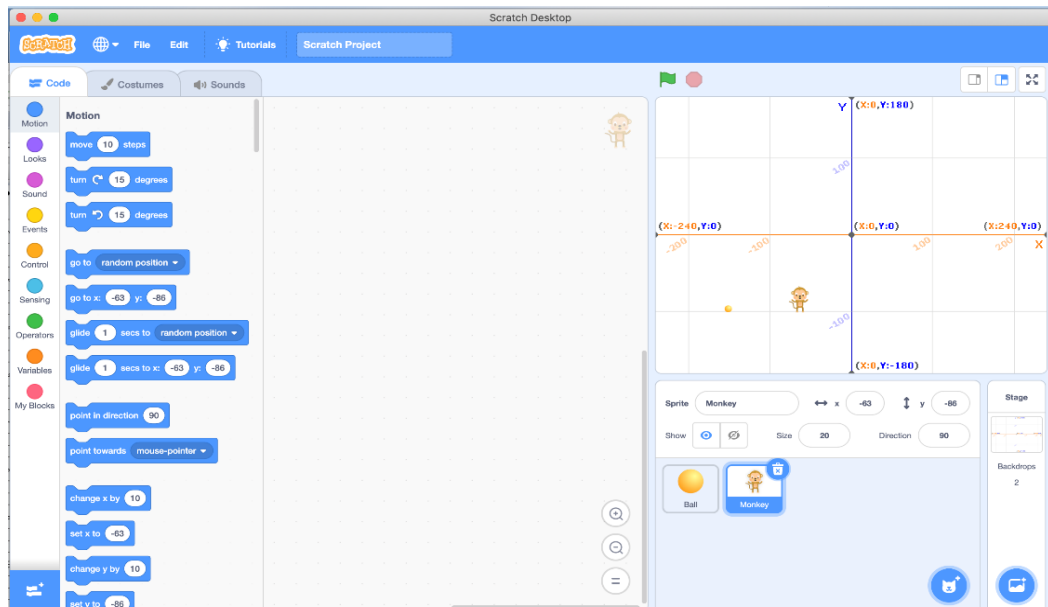




Untuk versi dekstop (atau offline), bila sudah selesai install maka akan nampak seperti gambar, bila anda pilih menu Tutorials dan pilih video Getting Started.

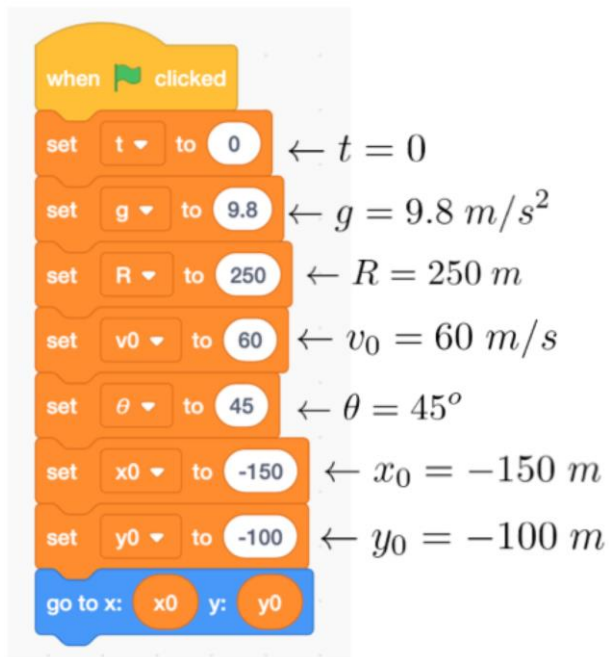
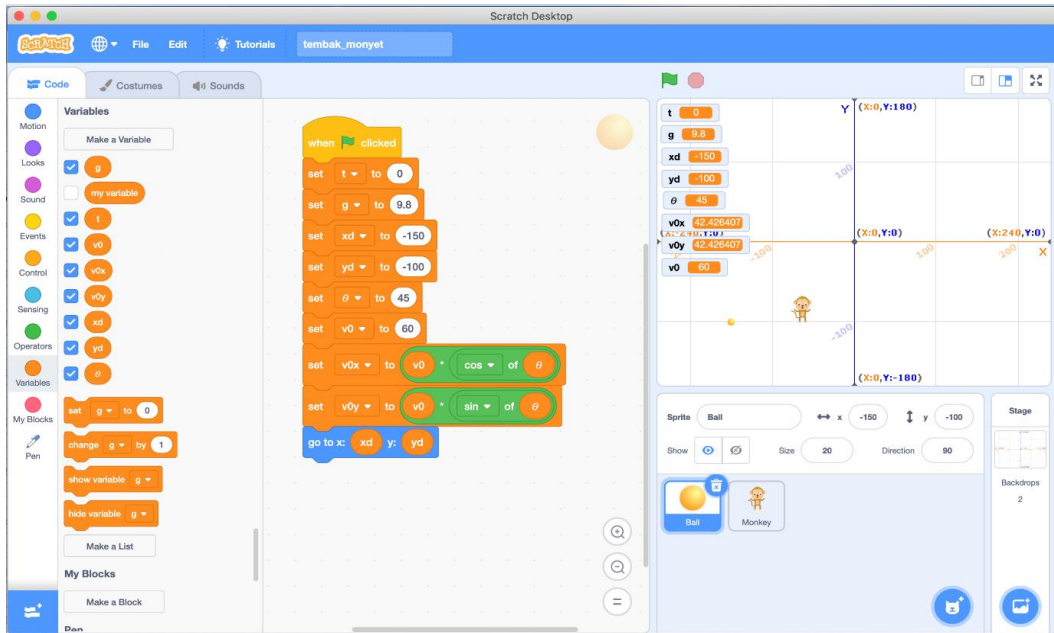
Langkah 3.

Pilihlah atau gantilah Sprite yang dengan dua Sprite, sprite bola (Ball) sebagai pengganti anak panah dan sprite monyet (Monkey). Kemudian pilih atau ganti Backdrop dengan Xy-grid (akan nampak ukuran bidang gambar dan koordinat kartesian) sebagaimana nampak pada gambar berikut.



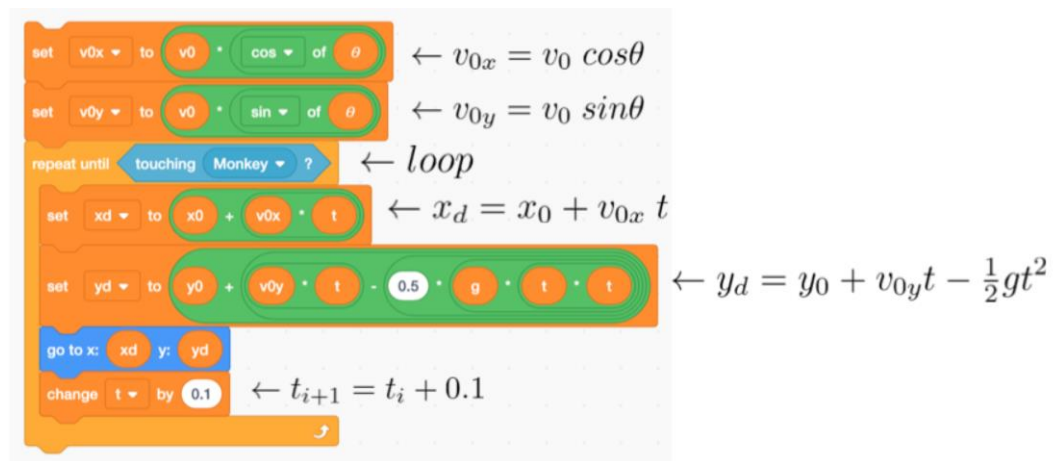
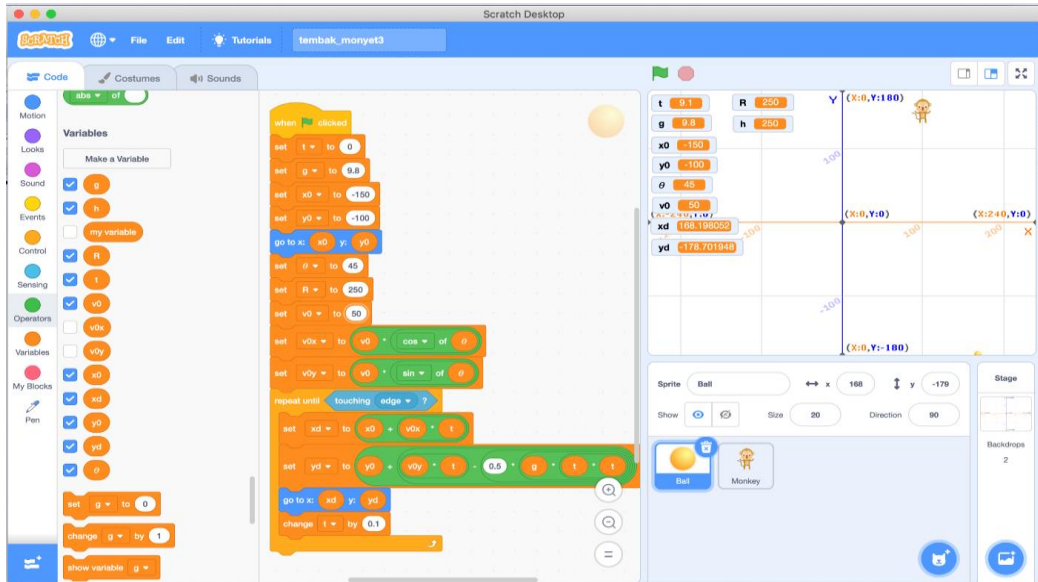
Langkah 4.

Ketika akan menggerakkan Sprite bola (Ball) tersebut berdasarkan persamaan gerak yang sudah kita peroleh dari Tugas 1, maka diperlukan variabel dan inisialisasi awal. Buatlah variabel dan sekaligus memberi nilai seperti pada gambar berikut. (agar sesuai dengan ukuran bidang gambar, satuan t dalam sekon, R dan h dalam m dan percepatan gravitasi g dalam ms^{-2}).



Langkah 5.

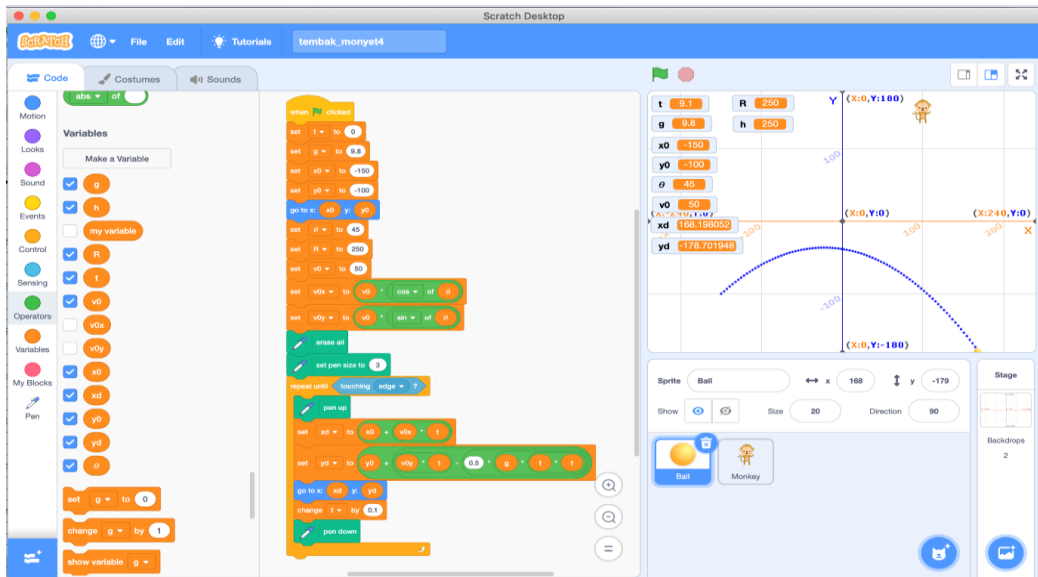
Tambahkan penulisan persamaan dengan setting variabel dengan memanfaatkan operator matematika dan kontrol perulangan yang telah tersedia hingga seperti pada gambar berikut.



Jika penulisan anda benar, maka sprite (ball) akan bergerak sesuai posisi saat t di increment sebesar 0.1 s dan berhenti saat menyentuh tepi bidang gambar.

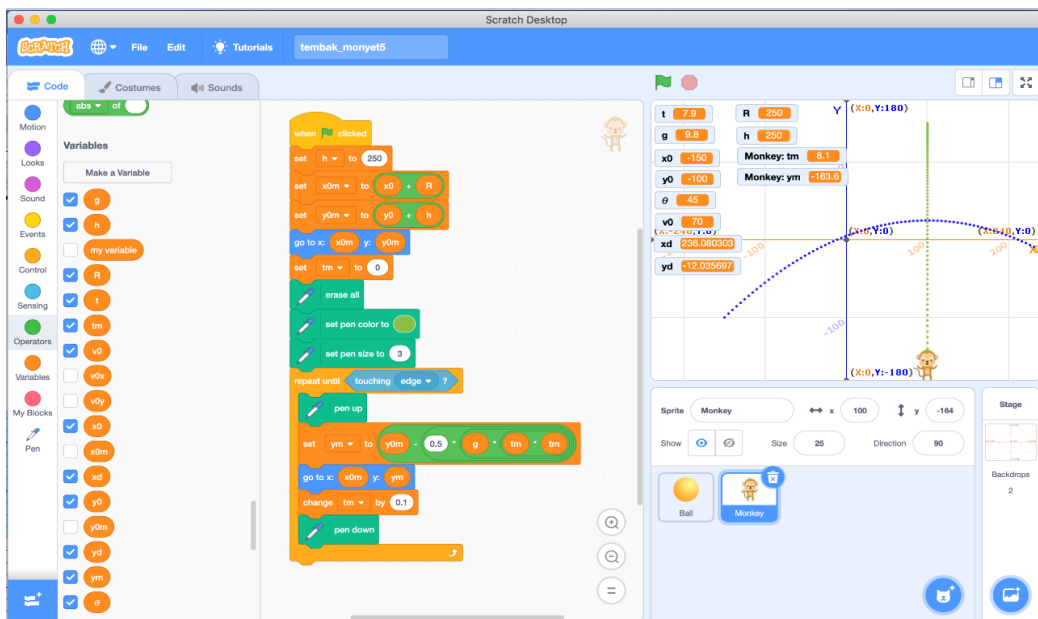
Langkah 6.

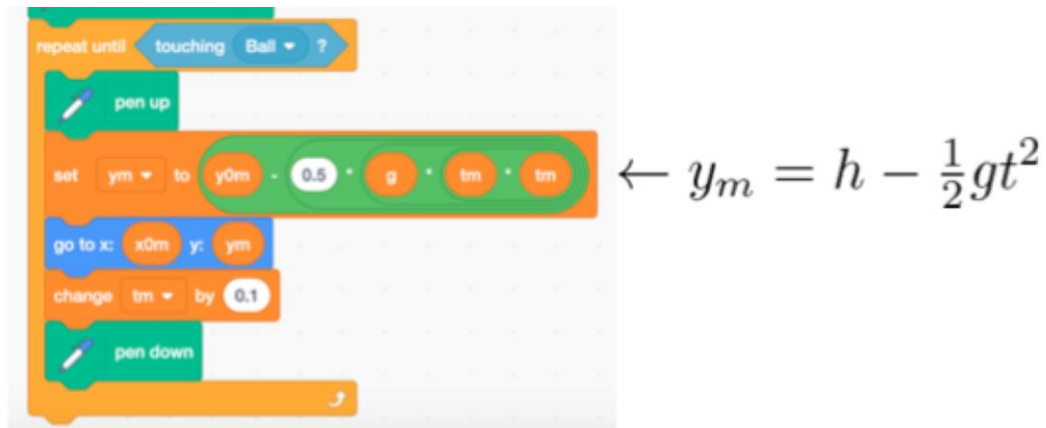
Tambahkan atau sisipkan perintah pena (pen) untuk menggambar ‘titik-titik’ sebagai lintasan sprite yang bergerak. Penyisipan perintah pena dapat dilihat pada gambar berikut.



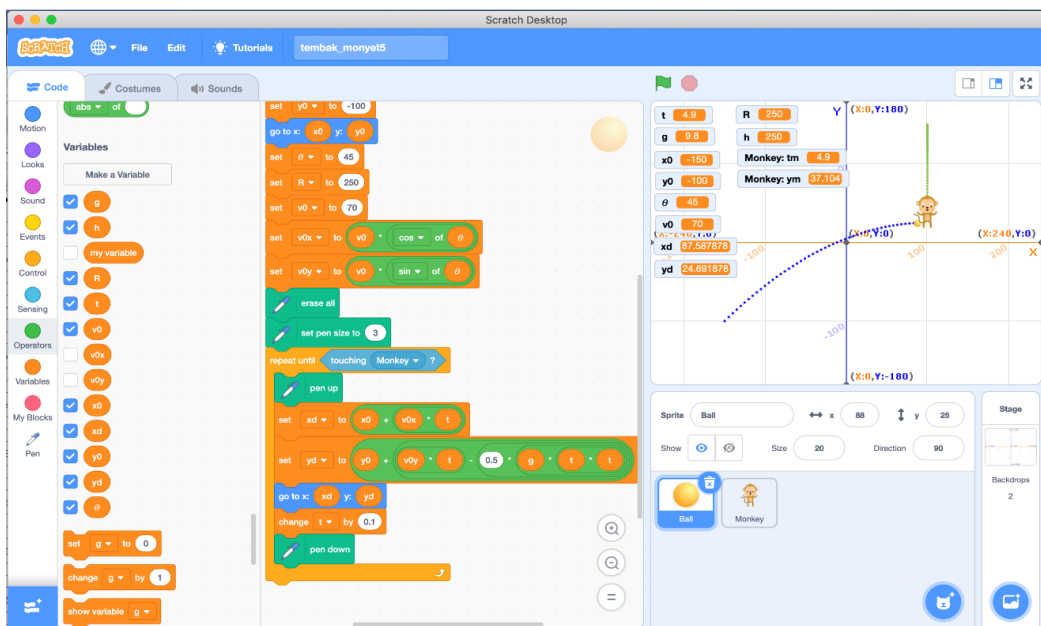
Langkah 7.

Ulangi Langkah 5 dan 6 untuk mengerjakan sprite monyet (Monkey) dengan persamaan gerakanya. Selengkapnya seperti pada gambar berikut.





Ubahlah batas perulangan pada tiap-tiap sprite hingga saat kedua sprite saling bersentuhan (touching monkey dan touching ball). Hasil simulasinya sebagai berikut.



Langkah 8.

Upload dan program anda ke scratch.mit.edu dan email linknya ke hardy@mail.unnes.ac.id.

4

AYUNAN MATEMATIS

1. Tujuan Percobaan

- Memahami gerak harmonis sederhana.
- Memahami ayunan matematis sebagai contoh gerak harmonis sederhana.
- Menentukan percepatan gravitasi bumi di tempat percobaan dilakukan.

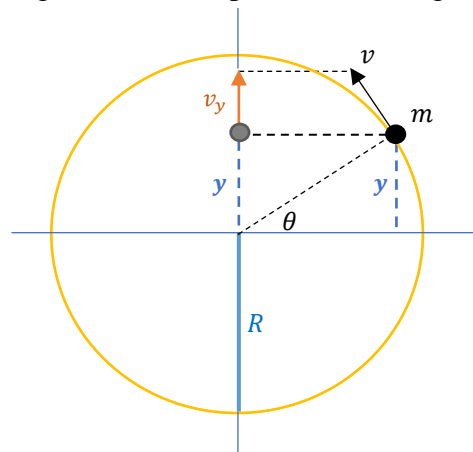
2. Peralatan

- 3 buah bandul (atau benda lain seperti bola bekel, kelereng, ataupun benda lain yang dapat ditali, usahakan berbentuk bulat)
- Tali yang tidak elastis (misal benang) dengan panjang minimal 1 meter.
- Alat pengukur waktu (dapat menggunakan aplikasi stop watch pada telepon genggam)
- Alat ukur panjang (mistar atau meteran)
- Alat ukur massa (jika ada). Penentuan massa dapat dilakukan secara kualitatif saja, tentukan bandul yang paling ringan sampai yang paling berat berturut-turut sebagai m_1, m_2 , dan m_3 .
- Busur derajat

3. Teori

a. Gerak Harmonik Sederhana (GHS)

Gerak harmonik sederhana dapat dipahami sebagai gerak bolak-balik melalui titik yang disebut sebagai kesetimbangan. Salah satu ciri GHS adalah adanya gaya pemulih yang arahnya selalu menuju titik kesetimbangan tersebut. GHS dapat dimodelkan sebagai proyeksi gerak melingkar beraturan pada salah satu garis tengahnya.



Gambar 1. Proyeksi gerak melingkar pada salah satu garis tengah

Perhatikan Gambar 1, yaitu sebuah partikel bermassa m yang sedang bergerak melingkar dengan jarak yang tetap R terhadap titik pusat. Posisinya setiap saat diproyeksikan pada garis tengah vertikal.

Persamaan simpangan partikel setiap saat adalah

$$y = A \sin \theta = R \sin \omega t$$

Kecepatan GHS diperoleh sebagai

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \omega R \cos \omega t$$

Percepatan GHS:

$$a_y = \frac{dv}{dt} = -\omega^2 R \sin \omega t$$

Persamaan terakhir ini memenuhi : $a_y = -\omega^2 y$

yang berarti bahwa arah percepatan pada GHS selalu berlawanan dengan arah simpangan.

Gaya pada GHS (gaya pemulih) didapatkan sebagai

$$F_y = ma_y = -m\omega^2 y$$

yang berarti bahwa arah gaya pemulih selalu berlawanan dengan arah simpangan GHS. Dengan mengingat kembali bahwa kecepatan sudut pada gerak melingkar beraturan (ω) bernilai konstan, maka kita dapatkan

$$F_y = -ky$$

dengan k adalah konstanta gaya pada GHS, yaitu

$$k = m\omega^2$$

Jika asumsi yang sama diterapkan pada GHS yang terjadi di sepanjang sumbu-X, maka persamaan geraknya ditentukan oleh

$$F_x = -kx$$

b. Ayunan Matematis

Gerak bandul pada suatu bidang merupakan contoh gerak harmonik sederhana (GHS). Gerak semacam ini memenuhi GHS dengan syarat sudut simpangan θ harus sangat kecil. Keadaan ini dicapai saat

$$s \approx x$$

Benda titik bermassa m digantung dengan seutas tali ringan (dianggap tak bermassa), disimpangkan dengan sudut θ (sangat kecil), kemudian dilepaskan. Benda akan berayun bolak-balik dengan arah selalu menuju ke

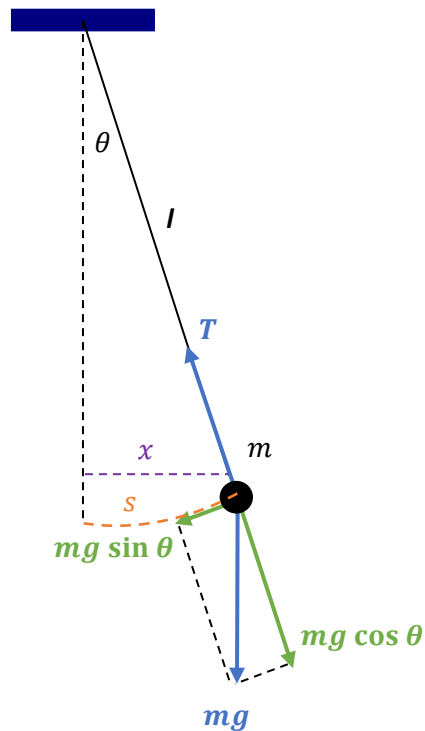
titik setimbangnya. Gaya pemulih merupakan salah satu komponen gaya berat:

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

Adapun komponen gaya berat yang lain, yaitu $mg \cos \theta$, ditiadakan oleh gaya tegang tali T .

Ingat bahwa pada GHS berlaku:

$$F = -kx$$



Gambar 2. Diagram gaya pada ayunan matematis

Dalam hal ini gaya pada GHS sama dengan gaya pemulih, sehingga diperoleh:

$$-kx = -mg \sin \theta$$

$$m\omega^2 x = mg \frac{x}{l}$$

$$\omega^2 = \frac{g}{l}$$

Ingat bahwa

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

dengan T adalah periode, yaitu waktu yang diperlukan bandul untuk melakukan satu kali ayunan. Pada akhirnya akan diperoleh hubungan:

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

dan

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

Dengan mengetahui periode pada ayunan matematis (T), dapat kita tentukan percepatan gravitasi (g) di tempat kita melakukan percobaan ini.

Kita juga dapat memperoleh besar percepatan gravitasi menggunakan metode grafik. Dari persamaan

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

buatlah grafik hubungan kuadrat periode (T^2) terhadap panjang tali (l). Penentuan skala dengan memperhatikan satuan, misal pada sumbu-X skala 5 cm mewakili 1 m maka pada sumbu tegak dapat dibuat 5 cm mewakili 10 s. Plot data hasil percobaan ke dalam grafik, tarik garis lurus, dan tentukan kemiringan garis tersebut (α).

Kemiringan garis:

$$\tan \alpha = \frac{4\pi^2}{g}$$

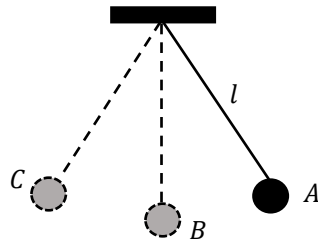
sehingga percepatan gravitasi dapat diperoleh dari

$$g = \frac{4\pi^2}{\tan \alpha}$$

4. Langkah Percobaan

- Ukur panjang tali ayunan, yakni dari ujung benang yang tertambat sampai titik pusat bandul.
- Beri simpangan kecil pada bandul, ukur menggunakan busur derajat sudut θ (lihat Gambar 2).
- Setelah bandul dilepaskan, biarkan berayun untuk beberapa saat, kemudian ukurlah waktu untuk 20 ayunan.

- d. Lihat gambar di bawah. Perhatikan bahwa yang dimaksud dengan satu ayunan adalah gerak dari A ke B , ke C , kembali ke B , dan lanjut ke A lagi.



- e. Dengan panjang tali yang sama, ganti beban dengan bandul yang lain. Lakukan kegiatan yang sama dengan percobaan sebelumnya.
- f. Variasi data berikutnya adalah panjang tali. Pilih salah satu bandul, lakukan percobaan dengan panjang tali yang berbeda.
- g. Catat hasil pengukuran pada tabel.

5. Tugas Pendahuluan

- Mengapa pada percobaan ayunan matematis harus menggunakan sudut simpangan kecil?
- Berapakah kira-kira batas maksimal sudut simpangan tersebut?
- Apa yang harus Anda lakukan agar dalam percobaan mudah memperoleh sudut simpangan yang kecil?

6. Tugas Akhir

- Berdasarkan data hasil percobaan, kesimpulan apa yang Anda peroleh jika panjang tali tetap sedangkan massa bandul diubah?
- Berdasarkan data hasil percobaan, kesimpulan apa yang Anda peroleh jika massa bandul tetap sedangkan panjang tali diubah?
- Bandingkan hasil percobaan variasi panjang tali dengan perhitungan menggunakan metode grafik!

Referensi:

David Halliday, Robert Resnick, dan Jearl Walker. 2011. Fundamentals of Physics 9th ed. USA: John Wiley & Sons.

Muhammad Farchani Rosyid, Eko Firmansyah, dan Yusuf Dian Prabowo. 2015. Fisika Dasar, Jilid 1: Mekanika. Yogyakarta: Periuk.

Mikrajuddin Abdullah. 2016. Fisika Dasar 1. Bandung: ITB.

Paul A. Tipler dan Gene Mosca. 2004. Physics for Scientist and Engineers 5th ed. USA: W. H. Freeman and Company.

Raymond A. Serway dan John W. Jewett, Jr. 2014. Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics 9th ed. USA: Brooks/Cole.

5

OSILASI PADA SISTEM PEGAS

1. Tujuan Percobaan

- a. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi gerak osilasi system pegas
- b. Menentukan besar periode dan juga frekuensi dari gerak osilasi system pegas massa
- c. Menentukan besarnya konstanta pegas

2. Peralatan

- a. Beberapa buah pegas usahakan dari bahan dan ukuran yang berbeda
- b. Beberapa beban dengan massa berbeda (untuk bahan boleh sama boleh berbeda)
- c. Neraca
- d. Stopwatch
- e. Statif
- f. Penggaris/mistar

3. Teori

Pernahkah anda melihat botol yang bergerak timbul tenggelam ketika anda berlibur dipantai? Pernahkah anda melihat bandul jam yang berayun dan akan berbunyi pada waktu-waktu tertentu? Pernahkah melihat balok yang digantungkan pada sebuah pegas kemudian bergerak turun naik? Pernahkah memperhatikan bagaimana gerakan senar pada gitar ketika dipetik? Atau mungkin pernah melihat grafik yang ditunjukkan oleh alat seismograf? Semua peristiwa tersebut merupakan fenomena osilasi atau getaran yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Gejala osilasi yang kita temui, terkadang dalam bentuk yang simetri ataupun tidak simetri. Namun kesemuanya bergerak secara periodik melalui titik seimbang. Fenomena osilasi secara analogis dapat kita jumpai pada rangkaian listrik tertutup yang melibatkan induktor dan kapasitor. Untuk osilasi yang seperti ini biasanya disebut sebagai osilasi system partikel. Dalam osilasi, sebuah benda melakukan gerak bolak-balik menurut lintasan tertentu melalui titik setimbangnya. Waktu yang diperlukan untuk melakukan satu gerakan bolak – balik dinamakan periode (T). Secara matematis periode dapat dituliskan sebagai berikut.

$$T = \frac{t}{n} \quad (1)$$

Sementara banyaknya gerakan bolak-balik yang ditempuh dalam satu satuan waktu dikenal dengan frekuensi (f), sehingga dapat dituliskan:

$$f = \frac{n}{t} \quad (2)$$

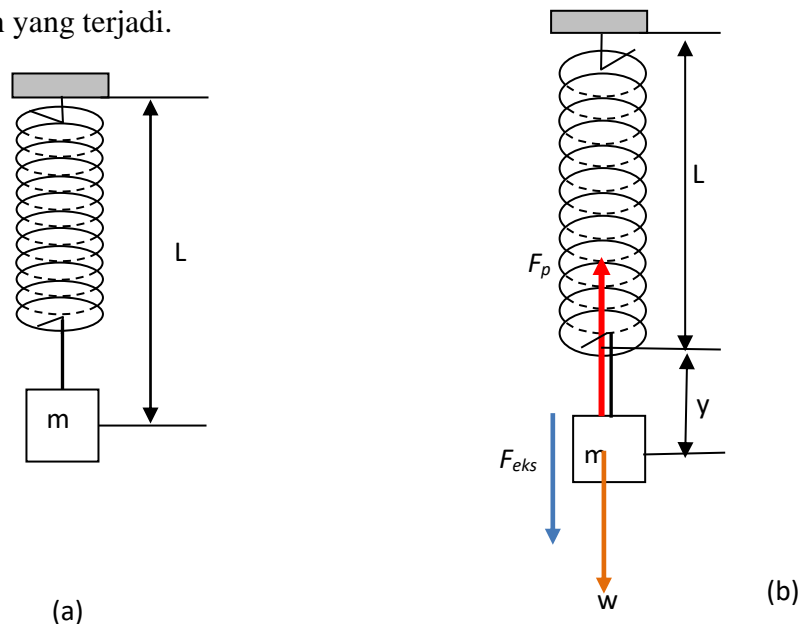
Dengan demikian, hubungan antara perioda dan frekuensi dapat dituliskan sebagai berikut.

$$f = \frac{1}{T} \quad (3)$$

Persamaan gerak osilasi dapat diturunkan dari dua buah hukum gerak, yaitu Hukum kedua Newton dan Hukum Hooke. Coba pandang sebuah benda yang dikaitkan dengan sebuah pegas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1a. Jika pegas tidak tertarik atau tertekan maka simpangan benda adalah nol (benda dalam titik keseimbangan). Jika pegas tertarik maka terdapat simpangan benda (misal bernilai positif) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b. Pada saat itu pegas memberikan gaya kepada benda yang besarnya sebanding dengan simpangannya namun berlawanan arah dengan pergeseran benda. Kenyataan ini diungkapkan oleh Hooke dalam hukumnya dengan formulasi sebagai berikut.

$$F = -k y \quad (4)$$

Dimana F adalah gaya pemulih (N), k adalah konstanta pegas (N/m) dan y adalah pertambahan panjang pegas (m). Gaya pemulih merupakan gaya yang mengembalikan benda ke bentuk semula. Untuk tanda minus pada hukum Hooke muncul karena gerakan pegas tersebut berlawanan arah dengan simpangan yang terjadi.



Gambar 1. Osilasi harmonis sederhana pada sistem pegas massa

Sistem pegas massa tersebut akan terus bergetar ketika tidak ada gaya luar yang menghentikannya. Kecepatan sesaat dari massa yang bergerak tersebut adalah

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (5)$$

Sedangkan percepatan sesaat dari massa tersebut adalah

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{dx}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (6)$$

Menurut hukum kedua Newton, persamaan gerak untuk massa m dengan mengabaikan gaya gesekan system pegas terhadap udara, maka

$$\begin{aligned} m a &= -k x \\ m \frac{d^2x}{dt^2} &= -k x \\ m \frac{d^2x}{dt^2} + k x &= 0 \\ \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m} x &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

persamaan (7) merupakan persamaan diferensial yang harus dipecahkan untuk mencari solusinya, cara pemecahannya tidak akan kita bahas di sini, langsung saja pada hasilnya

$$x = A \cos(\omega t + \theta) \quad (8)$$

dengan

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (9)$$

Untuk menentukan tetapan pegas, kita dapat menggunakan persamaan (8), jika θ sama dengan 0 maka pada saat $t = 2\pi/\omega$ maka akan menghasilkan

$$x = A \quad (10)$$

yang artinya benda mengalami satu getaran sempurna. Dengan demikian $t = 2\pi/\omega$ dinamakan perioda, T . Jadi kita dapat menuliskan bahwa $T = 2\pi/\omega$ atau

$$\omega = 2\pi/T \quad (11)$$

Dengan mensubstitusi persamaan (9) ke persamaan (11) maka dapat diperoleh:

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{k}\right) m \quad (12)$$

Dengan menggunakan persamaan (9) tersebut kita dapat menentukan nilai konstanta pegas, k dengan metode *least square* yaitu dengan mencari kemiringan/gradien dari grafiknya.

Selanjutnya untuk menentukan percepatan gravitasi ditempat masing-masing dapat dilakukan dengan skema praktikum pada Gambar 1. Yang perlu diperhatikan disini, sistem tidak terjadi getaran, pertambahan panjang pegas karena pengaruh gaya berat yang berasal dari beban yang digantungkan pada pegas. Sesuai Hukum kedua Newton maka.

$$\begin{aligned}\sum F_y &= m a_y \\ mg - kx &= m \cdot 0 = 0 \\ m &= (k/g)x\end{aligned}\tag{13}$$

dengan (13), kita bisa menentukan g , dengan metoda *least-square*, dengan harga k yang telah dihitung dari percobaan sebelumnya.

4. Metode

Setelah semua alat dan bahan tersedia, rangkailah pegas dengan posisi vertikal pada sebuah statif. Pasanglah beban pada pegas bagian bawah. Setelah terpasang, silahkan tarik beban kebawah sebesar 2 cm, kemudian lepaskan. Ketika sudah terjadi osilasi, ukurlah waktu yang diperlukan oleh beban untuk melakukan 10 kali getaran sempurna. Silahkan ulangi langkah-langkah tersebut untuk beban yang lain yang berbeda massanya. Catat semua data pengukuran pada table pengamatan. Selanjutnya dari data yang diperoleh, gambarlah grafik hubungan antara kudrat periode getaran pegas sebagai fungsi dari massa beban. Silahkan ukur gradient grafik untuk menghitung nilai konstanta pegas yang digunakan.

Tabel Pengamatan penentuan konstanta pegas untuk massa yang berbeda

Massa beban (kg)	Waktu, t (s)	T (s)	T² (s²)
1			
2			
3			
dst			

Tabel Pengamatan penentuan percepatan gravitasi untuk massa yang berbeda

Massa beban (kg)	Pertambahan panjang (m)
1	
2	
3	
Dst	

5. Tugas Pendahuluan

- Dalam eksperimen ini kita menggunakan model getaran harmonik. Apa yang dimaksud dengan getaran harmonik? Bagaimana caranya eksperimen getaran harmonik ini dapat terjadi?
- Apa yang dimaksud dengan konstanta gaya pegas? Tuliskan satuan dan dimensi konstanta gaya pegas !
- Buktikan bahwa persamaan (8) merupakan solusi dari persamaan (7) !
- Berdasarkan prosedur percobaan dan konsep osilasi harmonik pada pegas, prediksikan grafik $T = f(m)$, berdasarkan grafik ini dapatkah anda menentukan harga konstanta pegas? Bagaimana caranya?
- Jika anda menerapkan hukum hooke pada sistem pegas ini, dapatkah kita membuat grafik $m = f(x)$, berdasarkan grafik tersebut dapatkah kita menentukan harga konstanta gravitasi di tempat anda melakukan percobaan? Syarat apa yang harus diberikan dan bagaimana caranya?
- Prediksikan harga konstanta gravitasi ditempat saudara melakukan pengamatan! Mengapa demikian?

6. Tugas Akhir

Di bagian pengukuran telah disebutkan bahwa nilai hasil pengukuran diambil dari rata-rata nilai yang diukur misalnya waktu. Untuk itu nilai yang sebenarnya dari pengukuran dapat diberikan setelah dilakukan analisis data, termasuk didalamnya adalah kesalahan pengukuran. Nilai rata-rata sebaiknya diperoleh dari minimal 5 data, lebih banyak akan lebih baik. Sajian hasil pengukuran diwajibkan mengikuti kaidah saintifik dalam penulisan hasil pengukuran yaitu dengan mencantumkan unsur kesalahannya atau secara matematis ditulis: $x = \bar{x} + \Delta x$. Dalam ungkapan matematis tersebut x menyatakan nilai hasil pengukuran, \bar{x} menyatakan nilai rata-rata, dan Δx adalah simpangan pengukuran.

- Sajikan data-data hasil pengukuran yang tercantum di table dalam bentuk grafik, khususnya grafik garis, yakni grafik kuadrat periode sebagai fungsi dari massa. Berdasar grafik tersebut dapat dilakukan analisis sifat fisika dari gejala yang diteliti. Dari tampilan grafik juga dapat dilihat trend gejala bila suatu variabel diubah-ubah.
- Lakukan pembahasan terhadap hasil-hasil percobaan yang telah anda lakukan. Bahas dan berikomentar hasil-hasil tersebut. Tambahkan pula informasi dari hasil penelitian orang lain yang telah dipublikasi di jurnal atau di buku, terkait dengan percobaan anda.
- Buatlah kesimpulan hasil percobaan anda berdasar tujuan yang anda rumuskan. Jangan membuat simpulan yang melenceng dari tujuan.

Acuan

1. Halliday & Resnick, 1978, Fisika, Edisi ketiga, jilid 1 (Terjemahan Pantur Silaban Ph.D), hal 46, Erlangga, Jakarta.
2. M. Nelkon & P. Parker, 1975, Advanced Level Physics , pp 174 - 176, Thrid Edition, Heinemann Educational Books, London.
3. Abdullah, Mikrajuddin. 2016. Fisika Dasar 1. Institut Teknologi Bandung: Bandung.

6

PENERAPAN HUKUM NEWTON KEDUA PADA GAYA GESEK

1. Tujuan Percobaan

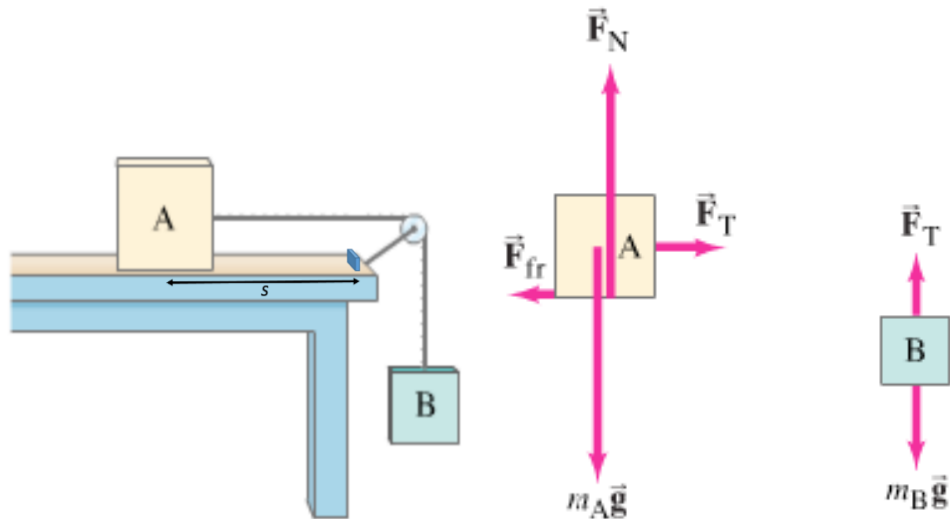
- a. Memahami dan menerapkan konsep hukum newton kedua pada gaya gesek yang bekerja pada gerak benda
- b. Mampu menentukan percepatan gerak benda dalam sistem yang saling terkendala
- c. Mampu menentukan koefisien gesek permukaan.

2. Peralatan

- a. Penggaris
- b. Tali ringan yang tidak elastis
- c. Kotak
- d. Timbangan (Neraca massa)
- e. 10 koin serupa
- f. Stopwatch
- g. Katrol

Eksperimen mandiri memungkinkan mahasiswa untuk membuat sendiri peralatan yang disebutkan di atas dengan ide dan ketrampilan mahasiswa. Misalkan Kotak adalah penghapus pensil sebagai kotak A di Gambar 1. Kemudian kotak B adalah kotak korek api dengan 10 variasi massa. Variasi ini dilakukan dengan memvariasi jumlah koin yang ditempatkan di dalam kotak korek api. Sedangkan katrol bisa dibuat sendiri dengan menggabungkan 2 tutup botol yang direkatkan dengan selotip/solasi sedemikian sehingga bagian tengah dari selotip menjadi lebih cekung sebagai tempat untuk meletakkan tali saat dirangkai seperti Gambar 1.

3. Teori



Gambar 1. Setting peralatan dan konsep gaya-gaya yang bekerja pada kotak A dan kotak B.

Dua kotak terhubung oleh seutas tali melintasi katrol. Koefisien gesek kinetis antara kotak A dan permukaan meja adalah μ_k . Massa tali jauh lebih kecil dari pada massa kotak A dan B sehingga bisa diabaikan terhadap keduanya. Koefisien gesekan permukaan tali juga diabaikan, sehingga gaya yang diaplikasikan pada salah satu ujung tali akan sama besarnya dengan gaya yang dirasakan pada ujung tali yang lain. Besarnya percepatan a pada kotak A adalah sama dengan a pada kotak B karena tali dianggap tidak elastik. Saat kotak B bergerak ke bawah, kotak A bergerak ke kanan.

Berdasar hukum Newton kedua, gaya-gaya pada kotak A adalah menarik tali F_T , gaya gravitasi $m_A g$, gaya normal oleh meja F_N , dan gaya gesek oleh meja F_{fr} . Sedangkan pada kotak B berlaku gaya gravitasi $m_B g$ dan gaya tarik tali ke atas F_T . Kotak A tidak bergerak vertikal, sehingga hukum Newton kedua menyatakan bahwa gaya normal seimbang dengan gaya gravitasinya.

$$F_N = m_A g \quad (1)$$

Secara horisontal, ada dua gaya yang bekerja pada kotak A, yaitu F_T (tegangan tali yang besarnya belum diketahui) dan gaya gesek

$$F_{fr} = \mu_k F_N \quad (2)$$

Percepatan horisontal dapat dihitung dengan menggunakan hukum Newton kedua yang searah sumbu x , $\sum F_{Ax} = m_A a_x$ (dengan $a_x = a$ dan arah ke kanan dianggap positif)

$$\Sigma F_{Ax} = F_T - F_{fr} = m_A a \quad \text{[kotak A]} \quad (3)$$

Pada kotak B, gaya gravitasi ($m_B g$) menarik ke bawah dan tali menarik ke atas dengan gaya F_T , sehingga gaya-gaya yang bekerja pada kotak B berdasar hukum Newton kedua adalah (arah kebawah dianggap sebagai nilai positif)

$$\Sigma F_{By} = m_B g - F_T = m_B a \quad \text{[kotak B]} \quad (4)$$

Perhatikan jika $a \neq 0$ maka F_T tidak sama dengan $m_B g$. Sekarang kita mempunyai a dan F_T yang nilainya belum diketahui dan mempunyai persamaan 3 dan 4 untuk menyelesaikannya. Persamaan untuk **kotak A** dapat diselesaikan dengan memindah posisi F_T menjadi sebagai berikut

$$F_T = F_{fr} + m_A a \quad (5)$$

Dan substitusi persamaan 5 untuk persamaan pada **kotak B**

$$m_B g - F_{fr} - m_A a = m_B a \quad (6)$$

Sehingga a bisa dihitung dengan

$$a = \frac{m_B g - F_{fr}}{m_A + m_B} \quad (7)$$

Kotak B tidak jatuh bebas, tetapi bergerak ke bawah dengan $a \neq g$ karena adanya gaya lain F_T yang berarah ke atas. Persamaan 7 dapat digunakan untuk menghitung F_{fr} dengan terlebih dulu mengetahui a sebagai percepatan gerak sistem (untuk mendapatkan data dan diisikan di Tabel 1. a dapat dihitung dengan pengandaian bahwa jarak lintasan s cukup kecil dan mula mula m_A diam ($v_{oA} = 0$)

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (8)$$

4. Metode

- Aturlah masing-masing peralatan seperti Gambar 1. Gunakan benda kaku di depan katrol agar kotak A tidak menumbuk katrol saat kotak B bergerak ke bawah.
- Ukur massa kotak A dan masing-masing koin.
- Ukur lintasan dari ujung kiri posisi kotak A sampai penumpu di depan katrol sebagai 's' (Gambar 1).
- Lepaskan kotak B untuk tiap jumlah koin yang berbeda dan ukur waktu yang diperlukan kotak A sampai di penumpu.
- Masukkan tiap data yang diperoleh ke dalam Tabel 1.

5. Tugas

- Hitung percepatan a untuk tiap variasi jumlah koin di kotak B.
- Buatlah grafik 'massa versus a ' untuk membuat kesimpulan eksperimen ini berdasar trend (kecenderungan data).
- Hitunglah koefisien gesek permukaan meja.

Tabel 1. Data eksperimen.

No.	m_B	$m_B g$	s	t	a

Acuan

- Rosyid MF, Firmansyah E, Probowo YD. 2015. Fisika Dasar: Mekanika. Yogyakarta: Penerbit Periuk.
- Giancoli DC. 2005. Physics: Principles with applications 6th ed. NJ: Pearson Education, Inc.

7

PENGUKURAN INTENSITAS BUNYI MENGGUNAKAN GAWAI

1. Tujuan Percobaan

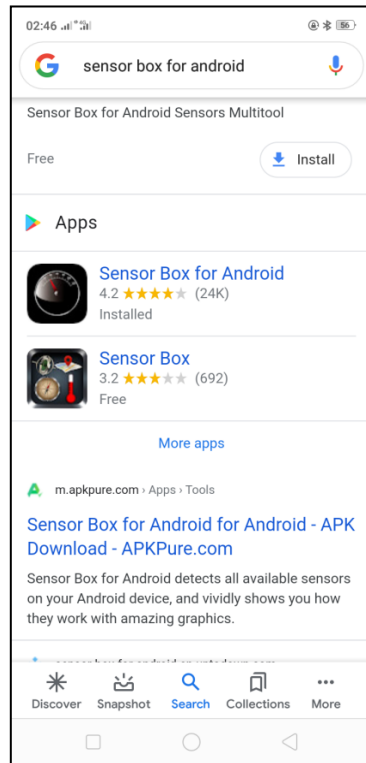
Praktikum kali ini akan mengembangkan kompetensi anda dalam melakukan pengukuran intensitas bunyi dengan menggunakan alat sejenis sound level meter yang tersedia sebagai salah satu fasilitas di hand phone (HP) atau gawai / gadget. Percobaan dilakukan di tempat tinggal masing-masing sehingga sumber bunyi yang tersedia juga berbeda-beda. Oleh karena itu tetapkanlah rumusan tujuan anda sendiri dalam melakukan pengukuran intensitas bunyi tersebut sesuai fasilitas dan kondisi masing-masing. Beberapa contoh rumusan tujuan percobaan ini adalah:

- a. Mengetahui distribusi intensitas bunyi di pasar Klampok Brebes di saat puncak aktifitas,
- b. Mengetahui fluktuasi intensitas bunyi di terminal Pedurungan di waktu pagi sampai sore hari,
- c. Mengetahui kebisingan knalpot sepeda motor tanpa filter dengan fasilitas gawai, dan lain-lain sesuai dengan fasilitas dan kondisi masing-masing.
- d. Rumusan tujuan percobaan boleh lebih dari satu .

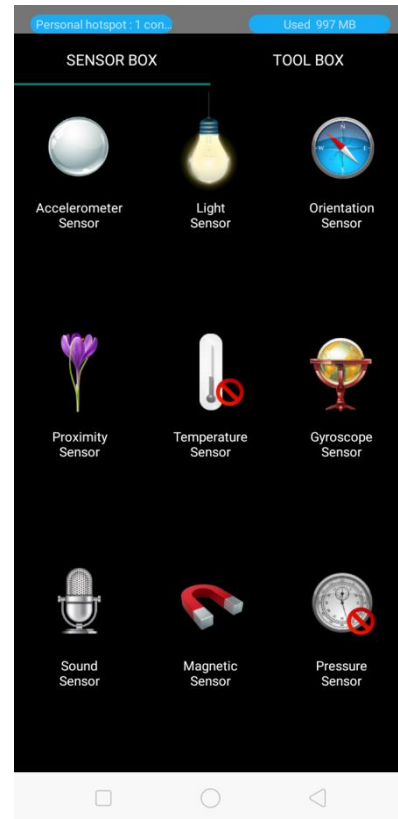
2. Peralatan

Gawai yang dijual di pasaran biasanya dilengkapi dengan fasilitas sensor. Jumlah dan jenis sensor bisa berbeda untuk masing-masing produk. Sebagai contoh, ada gawai yang memiliki fasilitas sensor untuk mengesan cahaya, temperatur, gerak benda, dan lain-lain. Untuk mengetahui jumlah dan jenis sensor yang ada di sebuah gawai diperlukan aplikasi software tertentu. Terdapat beberapa software untuk keperluan itu. Dalam panduan ini hanya akan dijelaskan satu software tertentu, yaitu Sensor Box. Karena sebagian besar gawai dioperasikan menggunakan operating system android, maka aplikasi yang akan kita gunakan juga Sensor Box for android milik google.

Untuk memperoleh fasilitas gawai yang dapat digunakan sebagai sound level meter, langkah pertama adalah download aplikasi Sensor Box for android. Aplikasi ini dapat diperoleh secara gratis melalui *play store* atau searching google secara langsung. Setelah didownload aplikasi tersebut langsung bisa diinstal. Sebagai contoh, berikut adalah sensor yang ada di gawai OPPO A7.



Gambar 2a. Screenshot searching aplikasi sensor box for android



Gambar 2b. Screenshot sensor box gawai OPPO A7

Pada gambar 2b terlihat banyak sensor yang dapat difungsikan, di antaranya adalah sensor bunyi (*sound sensor*) yang tampak di bagian bawah sebelah kiri. Tetapi pada gambar tersebut juga tampak bahwa OPPO A7 tidak menyediakan fasilitas sensor temperatur dan sensor tekanan (*pressure*), ditandai dengan simbol thermometer yang diberi tanda bundaran merah terbelah. Untuk gawai jenis / merk yang berbeda dimungkinkan memiliki fasilitas sensor yang berbeda. Oleh karena itu pastikan bahwa gawai yang anda gunakan memiliki fasilitas sensor bunyi. Bila gawai anda sendiri tidak menyediakan fasilitas tersebut, anda bisa meminjam gawai milik keluarga atau teman yang menyediakan fasilitas sensor bunyi.

Sensor bunyi yang terdapat pada gawai akan berfungsi bila menerima gelombang bunyi. Dengan demikian diperlukan sumber bunyi yang menghasilkan bunyi yang terdeteksi. Anda bisa memilih berbagai sumber bunyi yang ada di sekitar lingkungan anda; misal suara hiruk pikuk pasar atau terminal, suara kendaraan di jalan raya, suara knalpot sepeda motor produk fabrikasi dan

yang bolong, dentuman musik tetangga yang sedang punya hajat, suara jerit anak-anak, dan lain-lain sumber yang memungkinkan. Pilihlah sumber bunyi yang memungkinkan, efektif dan aman

3. Teori

Menurut WHO (*World Health Organization*) polusi suara atau kebisingan ditetapkan sebagai jenis pencemaran lingkungan yang paling serius urutan ketiga sesudah polusi udara dan polusi air. Kebisingan menimbulkan berbagai dampak gangguan kesehatan bagi masyarakat yang hidup di area kebisingan tersebut. Orang yang hidup dalam kebisingan cenderung memiliki tekanan darah tinggi dari pada orang yang hidup ditempat yang tenang^[1], mudah marah dan mudah lelah^[2], dan menderita bunyi dengung permanen di telinga^[3].

Kebisingan sendiri dapat dipahami sebagai suara atau bunyi yang tidak dikehendaki dan dapat mengganggu kenyamanan serta kesehatan, bahkan dapat menimbulkan ketulian. Kebisingan dapat dideskripsikan dalam tiga variable, yaitu amplitudo, frekuensi, dan pola waktu.

a. Amplitudo.

Keras atau lemah suatu bunyi ditentukan oleh amplitudo gelombang bunyinya. Bunyi dengan amplitudo yang sangat besar biasanya dirasa sangat mengganggu. Bunyi knalpot sepeda motor yang dibuka filter serta peredamnya adalah contoh nyata bunyi yang keras serta menimbulkan kebisingan.

b. Frekuensi

Bunyi termasuk gelombang mekanik. Gelombang jenis ini dapat merambat bila ada medium, termasuk udara. Fenomena rambatan bunyi di udara adalah dalam bentuk fluktuasi tekanan dari satu titik posisi ke titik lainnya. Jumlah fluktuasi tiap satuan waktu disebut frekuensi. Fungsi gelombang bunyi dapat dinyatakan secara matematis dalam bentuk:

$$P(t) = P_0 \sin (kx - 2\pi f t)$$

di mana $P(t)$: tekanan udara di titik tertentu pada waktu t

P_0 : Tekanan maksimum atau disebut amplitude

k : bilangan gelombang ($2\pi/\lambda$)

x : sumbu x sebagai arah rambatan

f : frekuensi getaran, dinyatakan dalam hertz (Hz).

t : waktu

Bunyi dengan frekuensi yang terlalu tinggi (*super trible*) sering dirasa mengganggu pendengaran serta membuat tidak nyaman.

c. Pola waktu.

Bunyi dengan pola waktu atau irama tertentu dirasa sangat mengganggu dan dianggap menimbulkan kebisingan. Bagi golongan tua pada umumnya, bunyi musik irama hardrock dipandang sebagai bunyi yang berisik dan mengganggu ketentraman.

Pada dasarnya gelombang bunyi adalah rambatan energi yang berasal dari sumber bunyi yang merambat ke segala arah. Muka gelombangnya dianggap berbentuk sferis (bola) dan pada posisi yang jauh dianggap sebagai gelombang datar. Besarnya energi gelombang bunyi yang menembus permukaan bidang tiap satu satuan luas tiap detiknya disebut intensitas bunyi. Kemampuan telinga manusia untuk mendengar intensitas bunyi memiliki batas ambang. Batas bawahnya disebut intensitas ambang pendengaran (nilainya sekitar 10^{-12} W/m^2), sedangkan batas atasnya adalah intensitas ambang perasaan (nilainya sekitar 1 W/m^2). Perbandingan nilai logaritma antara intensitas bunyi terhadap intensitas ambang pendengaran (I_0) disebut taraf intensitas bunyi, satuannya adalah decibell (dB).

Pengukuran Intesitas bunyi

Alat-alat yang terkait dengan pengukuran intensitas bunyi biasanya tidak mengukur nilai intensitas bunyi secara langsung. Contohnya adalah Soud level meter, baik yang analog maupun digital. Bersaran yang ditunjukkan oleh Sound level meter adalah taraf intensitas, dengan satuan decibel (dB).



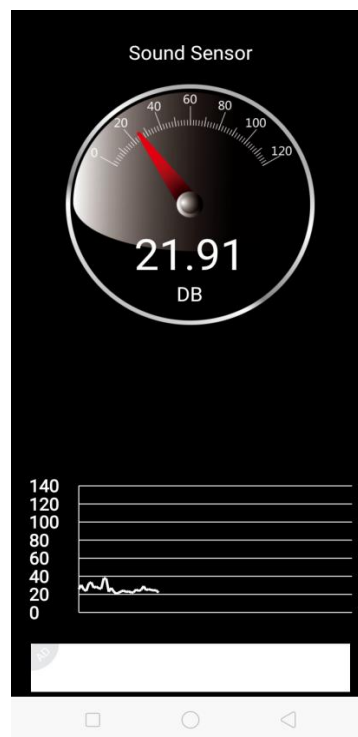
Gambar 1a. Sound level meter analog



Gambar 1b. Sound level meter digital

4. Metode

- a. Setelah tersedia sumber bunyi hidupkan gawai dalam modus seperti gambar 2b, dengan cara menyentuh (klik) gambar sensor bunyi tersebut. Gawai akan berubah fungsi menjadi alat pendeteksi sekaligus pengukur gelombang bunyi. Gawai akan menunjukkan tampilan *sound level meter* analog dan digital secara simultan, terdapat jarum penunjuk serta angka hasil pengukuran. Selain itu hasil pengukuran taraf intensitas oleh alat tersebut akan ditampilkan dalam bentuk grafik yang dinamis dari waktu ke waktu, seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan *Sound level meter* oleh gawai

- b. Lakukanlah pengukuran obyek percobaan yang ditetapkan sebagai sumber bunyi. Misalkan tujuan percobaan adalah mengetahui kebisingan knalpot sepeda motor tanpa filter, maka pengukuran dapat dilakukan sebagai fungsi jarak. Secara teori intensitas bunyi suatu sumber akan berkurang dengan bertambahnya jarak. Oleh karena itu, pengukuran dapat dilakukan dengan memosisikan gawai pada jarak yang berbeda-beda, misal 1 m, 2 m, 3 m, ... dan seterusnya hingga diperoleh nilai taraf intensitas yang tidak lagi digolongkan sebagai bising. Nilai pengukuran diambil dari nilai rata-rata yang bergerak dinamis.

- c. Sajikan data-data hasil pengukuran dalam sebuah tabel. Misal tujuan percobaan adalah mengetahui kebisingan seperti tersebut di atas, maka dapat dibuat tabel sebagai berikut.

No.	Jarak Sumber – alat ukur (m)	Taraf Intensitas (dB)
1.	1	
2.	2	
3.	3	
.	.	
dst	.	

- d. Untuk memperoleh data yang lebih lengkap tentang kebisingan tersebut, pengukuran dapat dilakukan dari beberapa posisi / orientasi, yakni di belakang knalpot, di samping kanan atau kiri knalpot dan di depan knalpot. Pengukuran masing-masing juga dilakukan pada jarak yang berbeda-beda serta hasilnya disajikan pada tabel.
- e. Untuk tujuan percobaan yang lain, maka setting pengukurannya juga lain. Misal untuk mengetahui distribusi intensitas bunyi di pasar tertentu pada saat puncak aktif. Untuk tujuan ini pengukuran tidak perlu dilakukan pada jarak yang berbeda-beda, tetapi dilakukan pada titik-titik posisi yang berbeda-beda. Pengukuran dilakukan di bagian tengah pasar, di pinggir, di kanan, di kiri dan di beberapa posisi lain yang menghasilkan gambaran distribusi lengkap. Kuncinya, diperlukan setting pengukuran yang sesuai dengan tujuan percobaan. Jangan lupa hasil pengukuran disajikan dalam bentuk tabel.

5. Tugas Pendahuluan

- Lakukanlah penelusuran informasi tentang kebisingan, kemudian jelaskanlah berbagai cara untuk mengatasi kebisingan tersebut!
- Coba hitunglah nilai intensitas bunyi yang sebenarnya bila nilai yang ditunjukkan oleh soundlevelmeter adalah 40 dB !

6. Tugas Akhir

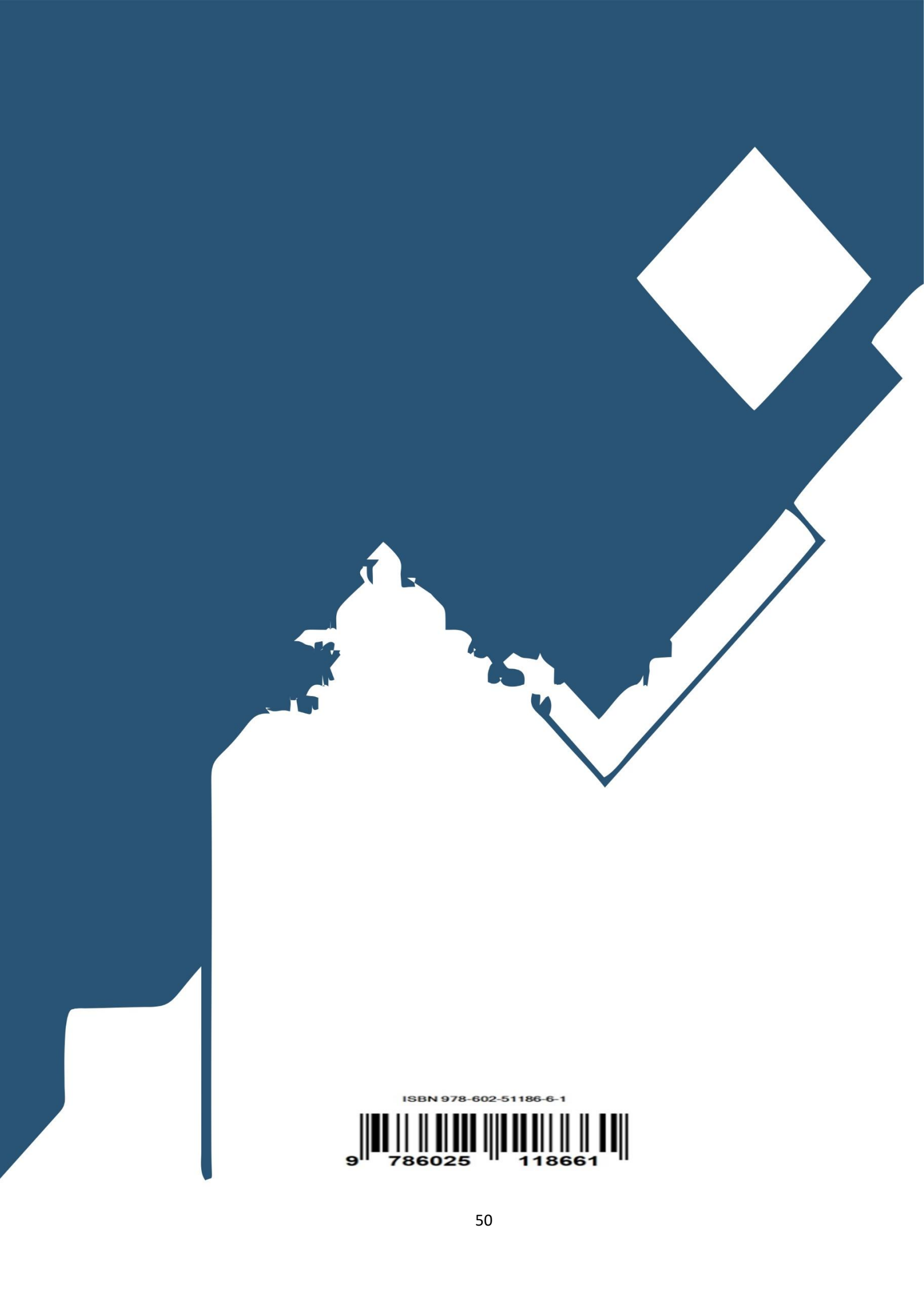
- Di bagian pengukuran telah disebutkan bahwa nilai hasil pengukuran diambil dari rata-rata nilai yang ditunjukkan oleh gawai secara dinamis. Untuk itu nilai yang sebenarnya dari pengukuran dapat diberikan

setelah dilakukan analisis data, termasuk di dalamnya adalah kesalahan pengukuran. Nilai rata-rata sebaiknya diperoleh dari minimal 3 data, lebih banyak akan lebih baik. Sajian hasil pengukuran diwajibkan mengikuti kaidah saintifik dalam penulisan hasil pengukuran yaitu dengan mencantumkan unsur kesalahannya; atau secara matematis ditulis: $x = \bar{x} + \Delta x$. Dalam ungkapan matematis tersebut x menyatakan nilai hasil pengukuran, \bar{x} menyatakan nilai rata-rata, dan Δx adalah simpangan pengukuran.

- b. Sajikan data-data hasil pengukuran yang tercantum di tabel dalam bentuk grafik, khususnya grafik garis, yakni grafik taraf intensitas bunyi sebagai fungsi dari jarak. Berdasar grafik tersebut dapat dilakukan analisis sifat fisika dari gejala yang diteliti atau dijadikan percobaan, misalnya hubungan jarak dengan intensitas. Dari tampilan grafik juga dapat dilihat trend gejala bila suatu variable diubah-ubah.
- c. Lakukan pembahasan terhadap hasil-hasil percobaan yang telah anda lakukan. Bahas dan beri komentar hasil-hasil tersebut. Tambahkan pula informasi dari hasil penelitian orang lain yang telah dipublikasi di jurnal atau di buku, terkait dengan percobaan anda.
- d. Buatlah kesimpulan hasil percobaan anda berdasar tujuan yang anda rumuskan. Jangan membuat simpulan yang melenceng dari tujuan.
- e. Kalau ada hal-hal penting dari hasil penelitian anda, tetapi tidak dirumuskan di tujuan, maka tambahkan point implikasi sesudah simpulan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdullah, Mikrajuddin. 2016. Fisika Dasar 1. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
2. Bambang Purwadi, dkk. 2002. **Panduan Fisika Dasar di Universitas Gadjah Mada**. Yogyakarta : Laboratorium Fisika Dasar.
3. David Halliday, Robert Resnick, dan Jearl Walker. 2011. Fundamentals of Physics 9th ed. USA: John Wiley & Sons.
4. Giancoli DC. 2005. Physics: Principles with applications 6th ed. NJ: Pearson Education, Inc.
5. Halliday & Resnick, 1978, Fisika, Edisi ketiga, jilid 1 (Terjemahan Pantur Silaban Ph.D), hal 46, Erlangga, Jakarta.
6. Hikam M, dkk. 2000. **Buku Pedoman Praktikum Fisika Dasar**. Depok : Laboratorium Fisika Dasar FMIPA Universitas Indonesia.
7. Nelkon M. & Parker P., 1975, Advanced Level Physics , pp 174 - 176, Thrid Edition, Heinemann Educational Books, London.
8. Paul A. Tipler dan Gene Mosca. 2004. Physics for Scientist and Engineers 5th ed. USA: W. H. Freeman and Company.
9. Raymond A. Serway dan John W. Jewett, Jr. 2014. Physics for Scientist and Engineers with Modern Physics 9th ed. USA: Brooks/Cole.
10. Rosyid MF, Firmansyah E, Probowo YD. 2015. Fisika Dasar: Mekanika. Yogyakarta: Penerbit Periuk.
11. Tim Laboratorium Fisika Dasar ITB. 2001. **Modul Praktikum Fisika Dasar I**. Bandung : Penerbit ITB.



ISBN 978-602-51186-6-1



9 786025 118661