

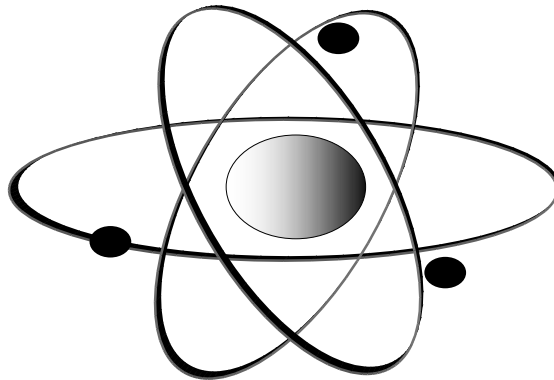
LAPORAN PERCOBAAN

Bandul Sederhana



OLEH :

KOMANG SUARDIKA (0913021034)



JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PENDIDIKAN GANESHA

TAHUN 2010

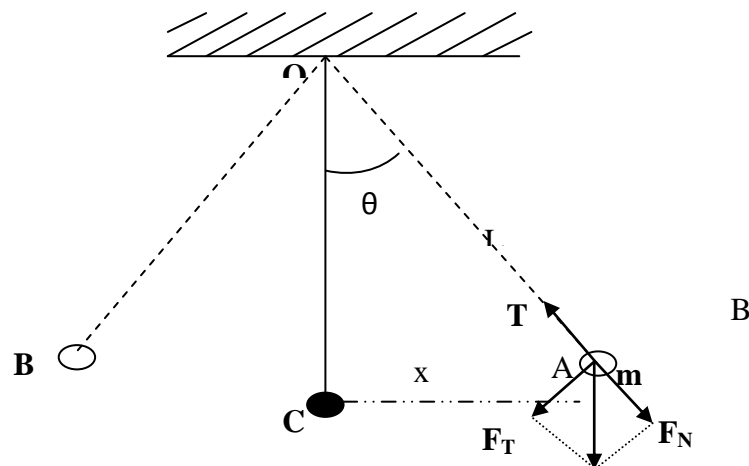
PERCOBAAN BANDUL SEDERHANA

I. Tujuan

Menghitung percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undiksha dengan menggunakan teknik bandul sederhana.

II. Landasan Teori

Contoh dari gerak osilasi adalah gerak osilasi pada bandul, dimana gerak bandul merupakan gerak harmonik sederhana yang memiliki amplitudo kecil. Bandul sederhana atau ayunan matematis merupakan sebuah partikel yang bermassa m yang tergantung pada suatu titik tetap dari seutas tali yang massanya diabaikan dan tali ini tidak dapat bertambah panjang. Pada gambar 1.1 merupakan bandul sederhana yang terdiri dari tali dengan panjang L dan beban bermassa m , gaya yang bekerja pada beban adalah beratnya mg dan tegangan T pada tali. Tegangan tali T disebabkan oleh komponen berat $F_n = mg \cos \theta$, sedangkan komponen $mg \sin \theta$ bekerja untuk melawan simpangan. $mg \sin \theta$ inilah yang dinamakan gaya pemulih (F_T), gaya pemulih adalah gaya yang bekerja pada gerak harmonik yang selalu mengarah pada titik keseimbangan dan besarnya sebanding dengan simpangannya. Jika bandul tersebut berayun secara kontinu pada titik tetap (0) dengan gerakan melewati titik ketimbangan C sampai ke berbalik ke B' (B dan B' simetris satu sama lain) dengan sudut simpangan θ_0 relatif kecil, maka terjadi ayunan harmonis sederhana.



Gambar 1.1 : osilasi gerak bandul sederhana

Untuk menentukan osilasi bandul sederhana, kita harus bertolak dari persamaan gerak suatu partikel. Tinjau partikel berada di A. Partikel tersebut berpindah pada suatu busur lingkaran berjari-jari $L = OA$. Gaya yang bekerja pada partikel itu adalah beratnya (mg) dan tegangan tali T . Berdasarkan gambar 1, maka pada k

$$F_t = -mg \sin \theta$$

terdapat gaya :

.....1)

Tanda minus (-) pada persamaan (1) di atas menyatakan bahwa arah F_T selalu melawan perpindahan yang dalam hal ini $x = CA$.

Berdasarkan hukum II Newton tentang gerak, maka persamaan gerak pada arah tangensial memenuhi persamaan:

$$F_T = ma_T$$

.....(2)

Dengan a_T adalah percepatan partikel pada arah tangensial. Selama partikel berpindah sepanjang lingkaran berjari-jari L , maka berlaku :

$$a_T = L\alpha = L(d\omega/dt) = L(d^2\theta/dt^2)$$

.....

Dengan mensubstitusi persamaan (3) ke (2) dan menyamakannya dengan persamaan (1), maka persamaan gerak partikel menjadi:

$$mL(d^2\theta/dt^2) = -mg \sin \theta$$

atau

$$mL(d^2\theta/dt^2) + mg \sin \theta = 0$$

$$\frac{mL(d^2\theta/dt^2)}{mL} + \frac{mg \sin \theta}{mL} = 0$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \left(\frac{g}{L}\right) \sin \theta = 0$$

Agar bandul berayun secara kontinu, maka sudut simpangan θ harus sangat kecil relatif terhadap panjang tali L . Untuk θ kecil, maka $\sin \theta \approx \theta$, sehingga persamaan (4b) menjadi :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \left(\frac{g}{L}\right) \theta = 0$$

.....5)

Persamaan diferensial (5) mewakili gerakan osilasi bandul harmonik sederhana (bandul otomatis) dengan frekuensi osilasi memenuhi persamaan:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad \text{.....(6)}$$

Dengan ω adalah kecepatan sudut bandul rad/s, L adalah panjang tali bandul (m), dan g adalah percepatan gravitasi bumi di tempat melakukan percobaan, yaitu di Laboratorium Fisika Undiksha (m/s^2).

Sudut θ dari persamaan (5) dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \alpha) \quad \text{.....}$$

Yang merupakan penyelesaian diferensial (5).

Jika persamaan (6) dinyatakan dalam bentuk periode (T) osilasi bandul sederhana tersebut dengan $T = \frac{2\pi}{\omega}$, maka diperoleh:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad \text{.....(8)}$$

Persamaan (8) menyatakan bahwa periode ayunan bandul sederhana hanya bergantung pada panjang tali dan percepatan gravitasi bumi di suatu tempat dan tidak bergantung pada massa bandul dan sudut simpangannya.

Dengan suatu pendekatan bahwa sudut simpangan relatif kecil terhadap panjang tali, maka dengan mengubah bentuk persamaan (8) didapat suatu persamaan untuk menentukan nilai percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undhiksa melalui pengukuran periode ayunan (T) berdasarkan variasi (L), yaitu:

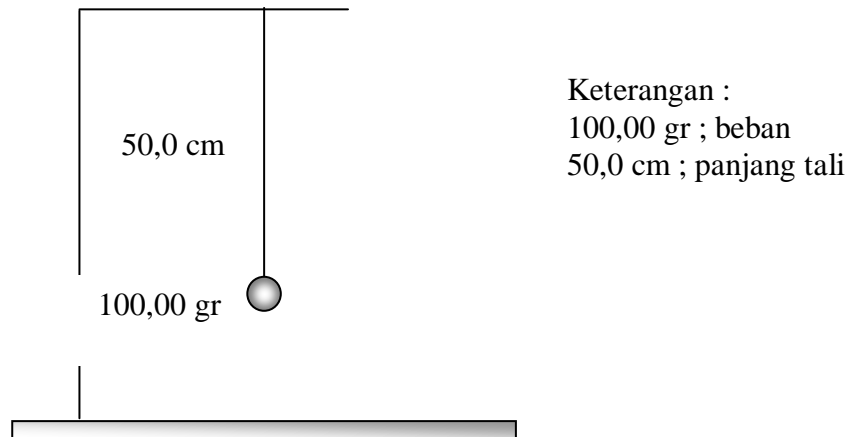
$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} L \quad \text{.....}$$

III. Alat dan bahan

1. Stopwatch (nst = 0,2 sekon)
2. busur derajat 1 buah (nst = 1⁰)
3. Benang sekucupnya.
4. Penggaris(mistar) dengan panjang 100 cm (nst = 0,5 cm)
5. Statif
6. Neraca Ohaus (nst = 0,01 gr)
7. Beban (10,47 gr , 50,00 gr , 100,00 gr)
8. Gunting.

IV. Langkah Kerja dalam melakukan percobaan

- 1) Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam praktikum serta mengecek keadaan alat apakah dalam keadaan baik, kemudian mengkalibrasi alat seperti neraca Ohaus dan stopwatch.
- 2) Menimbang massa masing-masing beban dengan menggunakan neraca Ohaus kemudian mencatat hasilnya.
- 3) Mengikat masing – masing beban dengan benang kemudian benang dipotong dengan menggunakan gunting sesuai dengan kebutuhan masing- masing beban.
- 4) Merangkai peralatan seperti gambar 1.2 di bawah ini:



Gambar 1.2 : bandul otomatis

- 5) Dari keadaan yang sudah setimbang(gambar 1.2), bandul ditarik sehingga menyimpang dengan sudut sejauh 20^0 terhadap titik kesetimbangan (dengan menjaga agar tali bandul tidak kendur saat ditarik) dan menyiapkan stop watch yang telah menunjukkan titik nol.
- 6) Bandul kemudian dilepaskan, secara bersamaan, stopwatch juga ditekan. Dan selanjutnya mengamati waktu yang diperlukan oleh bandul untuk melakukan 10 kali ayunan, Pada gambar 1.1 dapat diketahui bahwa 1 kali ayunan adalah gerak dari : B – A – B' – A – B. kemudian hasilnya dicatat pada jurnal praktikum.
- 7) Mengulangi langkah 5 dan 6 sebanyak 5 kali percobaan
- 8) Pengambilan data pertama adalah dengan melakukan variasi terhadap panjang tali L, dengan mengganti panjang tali (L) yang semula 50,0 cm diganti menjadi 65,0 cm, 80,0 cm, dan 100,0 cm, 105,0 cm. dengan massa beban (m) yang digunakan sama untuk berbagai variasi panjang tali yaitu $m = 100,00$ gram. Dan mengulangi langkah –langkah 5 , 6 , da 7 untuk masing – masing panjang tali. Hasilnya dicatat dalam tabel 1 pada jurnal pratikum yang telah dibuat.
- 9) Pada pengambilan data kedua, yang divariasikan adalah massa beban. Caranya adalah dengan mengulangi langkah –langkah 5 , 6 , da 7 untuk massa beban 10,47 gram, 50,00 gram, dan 100,00 gram. Hanya saja pada langkah 5 sudutnya diubah menjadi 15^0 ,Tetapi panjang tali yang

digunakan adalah sama untuk berbagai massa beban yaitu $L = 40,0$ cm. Hasilnya dicatat dalam tabel 2 pada jurnal pratikum yang telah dibuat.

- 10) Pada pengambilan data ketiga, yang divariasikan adalah sudut simpangan bandul. Caranya yaitu dengan mengulangi langkah 5, 6, dan 7 untuk $\theta = 30^\circ$ dan 60° . Panjang tali dan massa beban yang digunakan sama untuk berbagai sudut simpangan yaitu $L = 50,0$ cm dan $m = 100,00$ gram. Hasilnya dicatat dalam tabel 3 pada jurnal pratikum yang telah dibuat.

V. Data Hasil Percobaan

Tabel 1

Data hasil percobaan variasi L , dengan $m = 100,00$ gram dan $\theta = 20,0^\circ$

Panjang Tali (cm)	Nomor Percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)
50,0	1	15,5
	2	14,9
	3	15,0
	4	14,2
	5	15,8
65,0	1	16,5
	2	16,3
	3	16,3
	4	16,4
	5	16,3
80,0	1	18,2
	2	18,0
	3	17,8
	4	18,1
	5	18,2
100,0	1	20,3
	2	20,1
	3	20,2

	4	20,4
	5	20,1
105,0	1	21,0
	2	20,8
	3	20,9
	4	20,9
	5	20,7

Tabel 2

Data hasil percobaan variasi m, dengan $L = 40,0$ cm dan $\theta = 15,0^\circ$

Massa (gram)	Nomor Percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)
10,47	1	13,0
	2	13,1
	3	13,0
	4	12,8
	5	13,2
50,00	1	13,0
	2	13,2
	3	13,2
	4	13,0
	5	13,1
100,00	1	13,2
	2	13,1
	3	13,0
	4	13,2
	5	13,1

Tabel 3

Data hasil percobaan variasi θ , dengan $L = 50,0$ cm dan $m = 100,00$ gram

Sudut Simpangan (θ)	Nomor Percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)
30,0 ⁰	1	14,9
	2	14,9
	3	14,8
	4	14,7
	5	14,8
60,0 ⁰	1	15,0
	2	15,1
	3	15,0
	4	15,2
	5	15,1

VI. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam percobaan ini adalah dengan menganalisis data yang diperoleh dari hasil masing-masing variasi, yaitu data dari hasil variasi L , data dari hasil variasi m dan data dari hasil variasi θ .

A. Data dari hasil variasi L

Bentuk dari persamaan (9) : $g = \frac{4\pi^2}{T^2}L$ dapat dipergunakan sebagai dasar untuk menganalisis data yang diperoleh dari hasil variasi L , dengan mengubah persamaan ke bentuk lain, yaitu :

$$T^2 = \left(\frac{4\pi^2}{g} \right) L$$

.....(10)

Persamaan 10 di atas adalah identik dengan persamaan analisis regresi linier sederhana:

$$Y = a + bx$$

.....(11)

Dimana bila di kaitkan dengan persamaan 10 maka nilai dari konstanta a adalah sama dengan nol ($a = 0$). Sehingga untuk menganalisis data ini digunakan teknik

analisis regresi linier sederhana berdasarkan azas kuadrat terkecil. Dengan demikian persamaannya akan menjadi :

$$\boxed{Y_i = bX_i} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana Y_i dan X_i masing-masing menyatakan kuadrat periode dan panjang tali bandul pada pengukuran nomor ke-i. Sedangkan b sebagai konstanta memenuhi persamaan

$$\boxed{b = \left(4\pi^2 / g\right)} \dots\dots\dots(13)$$

Konstanta b dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\boxed{b = \frac{N \sum (X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}} \dots\dots\dots$$

Dalam hal ini N merupakan banyaknya variasi L dan T^2 . sedangkan Simpangan baku (Δb) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\boxed{\Delta b = S_y \sqrt{\frac{N}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}} \dots\dots\dots$$

dimana S_y adalah penduga terbaik untuk nilai Δb terhadap garis lurus $Y_i = bX_i$ yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$S_y^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum Y_i^2 - \frac{\sum X_i^2 (\sum Y_i)^2 - 2 \sum X_i \sum (X_i Y_i) \sum Y_i + N (\sum X_i Y_i)^2}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \right] \dots\dots\dots(16)$$

Agar lebih mudah dalam menghitung S_y , Δb , dan b maka dapat di bantu dengan membuat tabel kerja, seperti tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4

No	$X_i = L_i$	$Y_i = T_i^2$	$X_i Y_i$	X_i^2	Y_i^2
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
Σ					

Sedangkan besarnya percepatan gravitasi dapat dihitung dengan mengubah persamaan (13) ke bentuk yang lainnya, yaitu:

$$\bar{g} = \left(4\pi^2 / b\right) \dots\dots\dots$$

Dengan simpangan baku Δg memenuhi persamaan:

$$\Delta g = \left| -4\pi^2 / b^2 \right| \Delta b \dots\dots\dots$$

Maka hasil perhitungan besarnya percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika undiksha dari hasil eksperimen dapat diusulkan sebagai berikut:

$$g = (\bar{g} \pm \Delta g) \text{ (m/s}^2\text{)} \dots\dots\dots$$

Keterangan :

g = percepatan grafitasi bumi yang diusulkan.

\bar{g} = nilai rata-rata percepatan gravitasi bumi yang dihitung dari persamaan (17)

Δg = simpangan baku percepatan gravitasi bumi yang dipoleh dari perhitungan menggunakan persamaan (18)

Kita mengetahui bahwa setiap melakukan pengukuran pasti selalu ada kesalahan-kesalahan. kesalahan tersebut dinamakan kesalahan relatif, dimana presentasinya dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} .x100\%$$

.....(20)

Apabila KR besarnya lebih kecil dari 10 %, maka kesalahan tersebut masih dapat ditolelir

Keakuratan nilai \bar{g} yang diperoleh dapat dibandingkan dengan nilai g standar di permukaan bumi yaitu 9.8 m/s^2 . Keakuratan nilai g hasil percobaan dapat dihitung menggu

$$\text{Keakuratan} = \frac{|g_{\text{hasil}} - g_{\text{standar}}|}{g_{\text{standar}}} \times 100\%$$

.....(21)

A. Data dari hasil variasi m dan θ .

Data yang diperoleh dari dari hasil variasi m dan θ . dianalisis dengan menghitung harga dari variasi massa dan sudut dengan menggunakan

persamaan: $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$, untuk masing-masing variasi, dengan pertama-tama kita

cari nilai periode rata-rata (\bar{T}), dengan ΔT dapat dicari dengan menggunakan

rumus:

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - N\bar{T}^2}{N(N-1)}}$$

.....(22)

Sedangkan menghitung \bar{g} dengan menggunakan persamaan:

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

.....(23)

Menghitung standar deviasi percepatan gravitasi (Δg) dengan menggunakan tingkat kepercayaan 100 % menggunakan persamaan:

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right| \dots\dots\dots$$

.....(24)

Sehingga hasil perhitungan besarnya percepatan gravitasi bumi di laboratorium dari hasil eksperimen dapat diusulkan ,yaitu :

$$g = (\bar{g} \pm \Delta g) \text{ m/s}^2 \dots\dots\dots(25)$$

VII. Hasil Analisis Data

Dari analisis data yang telah dilakukan di atas, maka diperoleh hasilnya yang disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

NO	Variasi Data	$g = \bar{g} \pm \Delta g$ m/s ²	Kesalahan Relatif (KR)	Keakuratan
1	Variasi L	$g = (7,57 \pm 0,26)$	3,43%	22,76%
2	Variasi m			
	m ₁	$g = (9,31 \pm 0,15)$	1,61%	5,00%
	m ₂	$g = (9,19 \pm 0,12)$	1,31%	6,22%
	m ₃	$g = (9,19 \pm 0,12)$	1,31%	6,22%
3	Variasi θ			
	θ_1	$g = (8,98 \pm 0,09)$	1,00%	8,37%
	θ_2	$g = (8,67 \pm 0,09)$	1,04%	11,53%

VIII. Pembahasan

A. Penyimpangan-pnyimpangan dan kesalahan dalam praktikum

Dari tabel hasil analisis data yang telah disajikan diatas dapat dilihat bahwa variasi massa m₁ dan m₂ menghasilkan nilai percevatan gravitasi yang berbeda, dan untuk massa m₂ dan m₃ menghasilkan percepatan gravitasi yang

sama. Sedangkan untuk variasi sudut, antara θ_1 dan θ_2 juga menghasilkan nilai percepatan gravitasi yang berbeda. Apabila dilihat pada persamaan (9) yang ditulis :

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

Dapat disimpulkan bahwa percepatan gravitasi hanya dipengaruhi oleh panjang tali L dan periode(T). Sedangkan massa dan sudut (untuk sudut yang $\leq 15^\circ$) tidak berpengaruh. Dengan kata lain, berdasarkan dari percobaan yang dilakukan seharusnya nilai percepatan gravitasi untuk variasi massa(m_1 , m_2 , m_3) menghasilkan nilai yang sama, begitu pula untuk variasi sudut yang juga harus menghasilkan nilai yang sama. Disamping itu, nilai percepatan gravitasi yang telah diperoleh dari hasil percobaan tidak sesuai dengan nilai percepatan gravitasi standar, dimana percepatan gravitasi standar besarnya adalah $9,8 \text{ m/s}^2$.

Kita mengetahui bahwa setiap melakukan suatu pengukuran pasti terdapat kesalahan-kesalahan. Dimana ketidaksesuaian dan ketidaktepatan hasil yang diperoleh dari percobaan tersebut karena terjadi kesalahan-kesalahan tersebut. Kesalahan-kesalahan yang dimaksud adalah kesalahan umum, kesalahan sistematis dan kesalahan acak. Yang lebih rinci dijelaskan sebagai berikut.

1. Kesalahan Umum

Kesalahan umum merupakan suatu kesalahan yang disebabkan karena kekeliruan manusia/personal. Kesalahan umum yang terjadi pada saat melakukan kegiatan praktikum adalah kesalahan dalam pembacaan skala alat ukur yang digunakan, yaitu kesalahan pembacaan neraca ohaus, kesalahan pembacaan stopwatch, kesalahan pembacaan skala busur derajat, kesalahan pembacaan skala penggaris. Disamping itu, kesalahan umum lain yang dilakukan adalah ketidaktepatan saat melepaskan bandul dengan stopwatch yang akan ditekan, juga kesalahan saat menentukan besarnya sudut yang digunakan ketika melakukan percobaan untuk variasi sudut, dimana sudut yang kami gunakan adalah cukup besar yaitu 30° dan 60° . Seharusnya sudut yang digunakan adalah tidak lebih dari 20° . Sehingga menyebabkan nilai percepatan gravitasi yang diperoleh tidak sesuai dengan nilai standar.

2. Kesalahan Sistematis

Kesalahan sistematis yaitu kesalahan yang disebabkan oleh alat ukur atau instrumen dan disebabkan oleh pengaruh lingkungan pada saat melakukan praktikum. Pada praktikum ini terjadi kesalahan sistematis, diantaranya pada saat pembacaan stop watch yaitu ketika ada angin yang berhembus, sehingga dapat mengganggu gerakan bandul. Disamping itu, pada saat praktikum statif yang digunakan mudah bergerak-gerak, sehingga mempengaruhi gerakan bandul.

3. Kesalahan-kesalahan acak yaitu kesalahan yang disebabkan oleh hal-hal lain yang tidak diketahui penyebabnya, atau kesalahan-kesalahan yang terjadi terlalu cepat sehingga pengontrolannya di luar jangkauan pengamat.

B. Kendala – kendala saat praktikum maupun dalam menganalisis data

1. Kendala saat melakukan percobaan, dimana statif yang ada dan digunakan mudah untuk bergerak, sehingga data yang diperoleh tidak bagus.
2. Kendala kurang tepatnya menekan stopwatch pada saat bandul itu dilepas maupun saat ayunan bandul berakhir.
3. Kendala saat mengukur panjang benang yang telah diisi massa bandul agar tepat sesuai dengan panjang yang telah ditentukan pada praktikum
4. kendala saat mengukur sudut simpangan tali dari posisi setimbangnya.
5. kendala pengaruh angin yang sangat mengganggu pada saat ayunan bandul tersebut berayun.
6. Kendala yang dialami saat menganalisis data ialah masalah pembulatan angka yang dilakukan untuk memenuhi aturan angka penting sehingga hasil akhir yang didapat kurang akurat.

IX. Pertanyaan dan Jawaban

pertanyaan

1. Apakah perubahan panjang tali bandul dapat mempengaruhi percepatan gravitasi bumi?, mengapa?
2. Apakah perubahan massa bandul dapat mempengaruhi percepatan gravitasi bumi?, mengapa?
3. Apakah perubahan sudut simpangan bandul dapat mempengaruhi percepatan gravitasi bumi?, mengapa?

Jawaban

1. Perubahan panjang tali bandul dapat mempengaruhi percepatan gravitasi bumi, hal ini dapat kita buktikan secara nyata dari persamaan 9), yaitu :

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

Dari persamaan tersebut terlihat jelas bahwa besarnya percepatan gravitasi hanya dipengaruhi oleh panjang tali(L) dan periode (T). dimana L dan T memiliki suatu hubungan yaitu apabila L yang digunakan dalam pratikum semakin panjang, maka waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu kali putaran(T) akan lama. Begitu juga sebaliknya, apabila L yang digunakan dalam pratikum semakin pendek, maka waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu kali putaran(T) akan lebih singkat.

2. Perubahan massa bandul tidak mempengaruhi percepatan gravitasi bumi saat melakukan pratikum, karena dari persamaan 9) kita dapat mengetahui bahwa tidak ada keterkaitan atau hubungan antara percepatan gravitasi bumi dengan massa beban yang digunakan saat pratikum. Sehingga dapat kita katakan bahwa berapapun massa beban yang digunakan tidak akan berpengaruh terhadap hasil percepatan gravitasi yang akan diperoleh.
3. Perubahan sudut simpangan bandul tidak mempengaruhi percepatan gravitasi bumi, hal ini juga dapat dibuktikan dengan persamaan 9), bahwa tidak ada keterkaitan atau hubungan antara percepatan gravitasi bumi dengan besarnya sudut simpangan yang digunakan saat pratikum.

X. Kesimpulan

Berdasarkan dari kegiatan praktikum dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa besarnya percepatan gravitasi yang diperoleh dengan teknik bandul sederhana melalui tiga variasi(variasi panjang tali, variasi massa beban, dan variasi sudut simpangan, adalah sebagai berikut.

1. Untuk variasi panjang tali(L) diperoleh : $g = (7,57 \pm 0,26) \text{ m/s}^2$, dengan kesalahan relatif 3,43% dan keakuratan 22,76%.
2. Untuk variasi massa, m_1 diperoleh : $g = (9,31 \pm 0,15) \text{ m/s}^2$, dengan kesalahan relatif 1,61% dan keakuratan 5,00%. m_2 diperoleh : $g = (9,19 \pm 0,12) \text{ m/s}^2$, dengan kesalahan relatif 1,31% dan keakuratan 6,22%. m_3 diperoleh : $g = (9,19 \pm 0,12) \text{ m/s}^2$, dengan kesalahan relatif 1,31% dan keakuratan 6,22%.
3. Untuk variasi sudut simpangan, θ_1 diperoleh : $g = (8,98 \pm 0,09) \text{ m/s}^2$, dengan kesalahan relatif 1,00% dan keakuratan 8,37% dan θ_2 diperoleh : $g = (8,67 \pm 0,09) \text{ m/s}^2$, dengan kesalahan relatif 1,04% dan keakuratan 11,53%.

LAMPIRAN

variasi L, dengan $m = 100,00 \text{ gram}$ dan $\theta = 20,0^\circ$

Panjang Tali (m)	Nomor Percobaan	Waktu(T) untuk 10 kali ayunan (detik)	Periode(T)	\bar{T}
0,500	1	15,5	1,55	1,51
	2	14,9	1,49	
	3	15,0	1,50	
	4	14,2	1,42	
	5	15,8	1,58	
0,650	1	16,5	1,65	1,64
	2	16,3	1,63	
	3	16,3	1,63	
	4	16,4	1,64	

	5	16,3	1,63	
0,800	1	18,2	1,82	1,81
	2	18,0	1,80	
	3	17,8	1,78	
	4	18,1	1,81	
	5	18,2	1,82	
1,000	1	20,3	2,03	2,02
	2	20,1	2,01	
	3	20,2	2,02	
	4	20,4	2,04	
	5	20,1	2,01	
1,050	1	21,0	2,10	2,09
	2	20,8	2,08	
	3	20,9	2,09	
	4	20,9	2,09	
	5	20,7	2,07	

Maka dibuatkan tabel seperti pada tabel 4.

No	$X_i = L_i$	$Y_i = T_i^2$	$X_i Y_i$	X_i^2	Y_i^2
1.	0,500	2,2801	1,44005	0,250	5,19885601
2.	0,650	2,6896	1,74824	0,4225	7,23394816
3.	0,800	3,2761	2,62088	0,640	10,73283121
4.	1,000	4,0804	4,08040	1,000	16,64966416
5.	1,050	4,3681	4,586505	1,1025	19,08029761
jumlah	4,000	16,6943	14,476075	3,415	58,89559715

1. Mengitung nilai konstanta b

$$b = \frac{N \sum (X_i Y_i) - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 14,476075) - 4,000 \times 16,6943}{5 \times 3,415 - 4,000^2}$$

$$b = \frac{72,380375 - 66,7772}{1,075}$$

$$b = \frac{5,603175}{1,075} = 5,212255814 = 5,21$$

2. Menentukan simpangan baku (Δb) dengan persamaan 15, dengan terlebih dahulu menghitung S_y (penduga terbaik) dengan persamaan 16.

$$S_y^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum Y_i^2 - \frac{\sum X_i^2 (\sum Y_i)^2 - 2 \sum X_i \sum (X_i Y_i) \sum Y_i + N (\sum X_i Y_i)^2}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \right]$$

$$S_y^2 = \frac{1}{5-2} \left[58,89559715 - \frac{(3,415)(16,6943)^2 - 2(4,000)(14,476075)(16,6943) + 5(14,476075)^2}{5(3,415) - (4,000)^2} \right]$$

$$S_y^2 = \frac{1}{3} [58,89559715 - 58,8747654]$$

$$S_y^2 = \frac{1}{3} [0,02083175]$$

$$S_y^2 = 0,0069439167$$

$$S_y = \sqrt{0,0069439167}$$

$$S_y = 0,083330166$$

$$S_y = 0,08$$

$$\Delta b = S_y \sqrt{\frac{N}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}$$

$$\Delta b = 0,083330166 \sqrt{\frac{5}{5 \times 3,415 - 4,000^2}}$$

$$\Delta b = 0,083330166 \sqrt{4,6511627907}$$

$$\Delta b = 0,179714457825 = 0,18$$

3. Menghitung besarnya percepatan gravitasi

$$\bar{g} = \left(\frac{4\pi^2}{b} \right)$$

$$\bar{g} = \frac{4 \times 3,14^2}{5,212255814}$$

$$\bar{g} = 7,5664743649 = 7,57$$

4. Mengitung nilai Δg , yaitu ;

$$\Delta g = \left| \frac{-4\pi^2}{b^2} \right| \Delta b$$

$$\Delta g = \left| \frac{-4 \times 3,14^2}{5,212255814^2} \right| 0,179714457825$$

$$\Delta g = 0,2608860514$$

$$\Delta g = 0,26$$

Jadi :

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

$$g = (7,57 \pm 0,26) \text{ m/s}^2$$

Ini berarti bahwa nilai percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undhiksa yang diperoleh dari hasil percobaan adalah antara $7,31 \text{ m/s}^2$ sampai $7,83 \text{ m/s}^2$

5. Mengitung kesalahan relatif (KR) pengukuran ;

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,26}{7,57} \times 100\% = 3,43\%$$

6. Menghitung keakuratan nilai percepatan gravitasi bumi yang telah diperoleh:

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{\text{nilai pratikum} - \text{nilai standar}}{\text{nilai standar}} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{7,57 - 9,8}{9,8} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = 22,76\%$$

variasi m

untuk $m_1 = 10,47$ gram dengan $L = 40,0$ cm = 0,400 m dan $\theta = 15,0^\circ$

Nomor Percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)	Periode(T_i) detik	T_i^2
1	13,0	1,30	1,6900
2	13,1	1,31	1,7161
3	13,0	1,30	1,6900
4	12,8	1,28	1,6384
5	13,2	1,32	1,7424
		$\sum T_i = 6,51$	$\sum T_i^2 = 8,4769$

7. Menghitung \bar{T}

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{N}$$

$$\bar{T} = \frac{6,51}{5} = 1,302 \text{ sekon}$$

8. Menghitung standar deviasi periode ayunan (ΔT) :

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - N\bar{T}^2}{N(N-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{8,4769 - 5 \times (1,302)^2}{5(5-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{8,4769 - 8,47602}{20}}$$

$$\Delta T = \sqrt{0,000044} = 0,0066 \text{ sekon}$$

Jadi, nilai ;

$$T = (\bar{T} \pm \Delta T)$$

$$T = (1,302 \pm 0,0066) \text{ sekon}$$

9. Menghitung \bar{g} dengan menggunakan persamaan:

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

$$g = \frac{4 \times 3,14^2}{1,302^2} \cdot 0,400$$

$$g = \frac{15,77536}{1,695204} = 9,3058770508 = 9,31 \text{ m/s}^2$$

10. Menghitung standar deviasi percepatan gravitasi (Δg) dengan menggunakan tingkat kepercayaan 100 %. Sebelum menghitung Δg , kita cari terlebih dahulu hasil pengukuran panjang tali L yang digunakan, yaitu ;

$$L = \bar{L} \pm \Delta L \Rightarrow L = (40,0 \pm \frac{1}{2} \cdot 0,5) \text{ cm}$$

$$L = (40,0 \pm 0,25) \text{ cm}$$

$$L = (40,00 \pm 0,25) \text{ cm}$$

$$L = (0,4000 \pm 0,00250) \text{ m}$$

Maka :

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{0,0066}{1,302} \right| + \left| \frac{0,00250}{0,4000} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,0101382488 + 0,00625$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,0163882488$$

$$\Delta g = 0,0163882488 \cdot g$$

$$\Delta g = 0,0163882488 \times 9,31 = 0,1525745963 = 0,15 \text{ m/s}^2$$

Jadi g adalah sebagai berikut;

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

$$g = (9,31 \pm 0,15) \text{ m/s}^2$$

Ini berarti bahwa nilai percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undhiksa yang diperoleh dari hasil percobaan adalah antara $9,16 \text{ m/s}^2$ sampai $9,46 \text{ m/s}^2$

11. Mengitung kesalahan relatif (KR) pengukuran ;

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,15}{9,31} \times 100\% = 1,61\%$$

12. Menghitung keakuratan nilai percepatan gravitasi bumi yang telah diperoleh:

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{\text{nilai pratikum} - \text{nilai standar}}{\text{nilai standar}} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{9,31 - 9,8}{9,8} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = 5,00\%$$

untuk $m_2 = 50,00 \text{ gram}$ dengan $L = 40,0 \text{ cm} = 0,400 \text{ m}$ dan $\theta = 15,0^\circ$

Nomor percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)	Periode(T_i) detik	T_i^2
1	13,0	1,30	1,6900
2	13,2	1,32	1,7424
3	13,2	1,32	1,7424
4	13,0	1,30	1,6900
5	13,1	1,31	1,7161
		$\sum T_i = 6,55$	$\sum T_i^2 = 8,5809$

1. Menghitung \bar{T}

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{N}$$

$$\bar{T} = \frac{6,55}{5} = 1,31 \text{ sekon}$$

2. Menghitung standar deviasi periode ayunan (ΔT) :

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - N\bar{T}^2}{N(N-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{8,5809 - 5 \times (1,31)^2}{5(5-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{8,5809 - 8,5805}{20}}$$

$$\Delta T = \sqrt{0,00002} = 0,0045 \text{ sekon}$$

Jadi, nilai ;

$$T = (\bar{T} \pm \Delta T)$$

$$T = (1,31 \pm 0,0045) \text{ sekon}$$

3. Menghitung \bar{g} dengan menggunakan persamaan:

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

$$g = \frac{4 \times 3,14^2}{1,31^2} \cdot 0,400$$

$$g = \frac{15,77536}{1,7161} = 9,1925645359 = 9,19 \text{ m/s}^2$$

4. Menghitung standar deviasi percepatan gravitasi (Δg) dengan menggunakan tingkat kepercayaan 100 % ;

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{0,0045}{1,31} \right| + \left| \frac{0,00250}{0,4000} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,006870229 + 0,00625$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,013120229$$

$$\Delta g = 0,013120229 \cdot g$$

$$\Delta g = 0,013120229 \times 9,19 = 0,1205749045 = 0,12 \text{ m/s}^2$$

Jadi g adalah sebagai berikut;

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

$$g = (9,19 \pm 0,12) \text{ m/s}^2$$

Ini berarti bahwa nilai percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undhiksa yang diperoleh dari hasil percobaan adalah antara $9,07 \text{ m/s}^2$ sampai $9,31 \text{ m/s}^2$

5. Mengitung kesalahan relatif (KR) pengukuran ;

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,12}{9,19} \times 100\% = 1,31\%$$

6. Menghitung keakuratan nilai percepatan gravitasi bumi yang telah diperoleh:

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{\text{nilai pratikum} - \text{nilai standar}}{\text{nilai standar}} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{9,19 - 9,8}{9,8} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = 6,22\%$$

untuk $m_3 = 100,00$ gram dengan $L = 40,0$ cm = 0,400 m dan $\theta = 15,0^\circ$

Nomor percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)	Periode(T_i) detik	T_i^2
1	13,2	1,32	1,7424
2	13,1	1,31	1,7161
3	13,0	1,30	1,6900
4	13,2	1,32	1,7424
5	13,1	1,31	1,7161
		$\sum T_i = 6,57$	$\sum T_i^2 = 8,607$

1. Menghitung \bar{T}

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{N}$$

$$\bar{T} = \frac{6,57}{5} = 1,31 \text{ sekon}$$

2. Menghitung standar deviasi periode ayunan (ΔT) :

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - N\bar{T}^2}{N(N-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{8,607 - 5 \times (1,31)^2}{5(5-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{8,607 - 8,5805}{20}}$$

$$\Delta T = \sqrt{0,00001325} = 0,0036 \text{ sekon}$$

Jadi, nilai ;

$$T = (\bar{T} \pm \Delta T)$$

$$T = (1,31 \pm 0,0036) \text{ sekon}$$

3. Menghitung \bar{g} dengan menggunakan persamaan:

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

$$g = \frac{4 \times 3,14^2}{1,31^2} \cdot 0,400$$

$$g = \frac{15,77536}{1,7161} = 9,1925645359 = 9,19 \text{ m/s}^2$$

4. Menghitung standar deviasi percepatan gravitasi (Δg) dengan menggunakan tingkat kepercayaan 100 % ;

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{0,0036}{1,31} \right| + \left| \frac{0,00250}{0,4000} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,0054961832 + 0,00625$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,0117461832$$

$$\Delta g = 0,0117461832 \cdot g$$

$$\Delta g = 0,0117461832 \times 9,19 = 0,1079474236 = 0,12 \text{ m/s}^2$$

Jadi g adalah sebagai berikut;

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

$$g = (9,19 \pm 0,12) \text{ m/s}^2$$

Ini berarti bahwa nilai percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undhiksa yang diperoleh dari hasil percobaan adalah antara $9,07 \text{ m/s}^2$ sampai $9,31 \text{ m/s}^2$

5. Mengitung kesalahan relatif (KR) pengukuran ;

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,12}{9,19} \times 100\% = 1,31\%$$

6. Menghitung keakuratan nilai percepatan gravitasi bumi yang telah diperoleh:

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{\text{nilai pratikum} - \text{nilai standar}}{\text{nilai standar}} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{9,19 - 9,8}{9,8} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = 6,22\%$$

variasi θ

untuk $\theta_1 = 30^\circ$ dengan, $L = 50,0 \text{ cm} = 0,500 \text{ m}$ dan $m = 100,00 \text{ gram}$

Nomor Percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)	Periode(T_i) detik	T_i^2
1	14,9	1,49	2,2201
2	14,9	1,49	2,2201
3	14,8	1,48	2,1904
4	14,7	1,47	2,1609
5	14,8	1,48	2,1904
		$\sum T_i = 7,41$	$\sum T_i^2 = 10,9819$

1. Menghitung \bar{T}

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{N}$$

$$\bar{T} = \frac{7,41}{5} = 1,482 \text{ sekon}$$

2. Menghitung standar deviasi periode ayunan (ΔT) :

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - N\bar{T}^2}{N(N-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{10,9819 - 5 \times (1,482)^2}{5(5-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{10,9819 - 10,98162}{20}}$$

$$\Delta T = \sqrt{0,000014} = 0,0037 \text{ sekon}$$

Jadi, nilai ;

$$T = (\bar{T} \pm \Delta T)$$

$$T = (1,482 \pm 0,0037) \text{ sekon}$$

3. Menghitung \bar{g} dengan menggunakan persamaan:

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

$$g = \frac{4 \times 3,14^2}{1,482^2} \cdot 0,500$$

$$g = \frac{19,7192}{2,196324} = 8,9782746079 = 8,98 \text{ m/s}^2$$

4. Menghitung standar deviasi percepatan gravitasi (Δg) dengan menggunakan tingkat kepercayaan 100 % ; namun sebelum menghitung Δg , kita cari terlebih dahulu hasil pengukuran panjang tali L yang digunakan, yaitu ;

$$L = \bar{L} \pm \Delta L \Rightarrow L = (50,0 \pm \frac{1}{2} \cdot 0,5) \text{ cm}$$

$$L = (50,0 \pm 0,25) \text{ cm}$$

$$L = (50,00 \pm 0,25) \text{ cm}$$

$$L = (0,5000 \pm 0,00250) \text{ m}$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{0,0037}{1,482} \right| + \left| \frac{0,00250}{0,5000} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,0049932524 + 0,005$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,099932524$$

$$\Delta g = 0,099932524 \cdot g$$

$$\Delta g = 0,099932524 \times 8,98 = 0,897394066 = 0,09 \text{ m/s}^2$$

Jadi g adalah sebagai berikut;

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

$$g = (8,98 \pm 0,09) \text{ m/s}^2$$

Ini berarti bahwa nilai percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undhiksa yang diperoleh dari hasil percobaan adalah antara $8,98 \text{ m/s}^2$ sampai $9,07 \text{ m/s}^2$

5. Mengitung kesalahan relatif (KR) pengukuran ;

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,09}{8,98} \times 100\% = 1,00\%$$

6. Menghitung keakuratan nilai percepatan gravitasi bumi yang telah diperoleh:

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{\text{nilai pratikum} - \text{nilai standar}}{\text{nilai standar}} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{8,98 - 9,8}{9,8} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = 8,37\%$$

untuk $\theta_2 = 60^\circ$ dengan, $L = 50,0 \text{ cm} = 0,500 \text{ m}$ dan $m = 100,00 \text{ gram}$

Nomor Percobaan	Waktu untuk 10 kali ayunan (detik)	Periode(T_i) detik	T_i^2
1	15,0	1,50	2,2500
2	15,1	1,51	2,2801
3	15,0	1,50	2,2500
4	15,2	1,52	2,3104
5	15,1	1,51	2,2801
		$\sum T_i = 7,54$	$\sum T_i^2 = 11,3706$

1. Menghitung \bar{T}

$$\bar{T} = \frac{\sum T_i}{N}$$

$$\bar{T} = \frac{7,54}{5} = 1,508 \text{ sekon}$$

2. Menghitung standar deviasi periode ayunan (ΔT) :

$$\Delta T = \sqrt{\frac{\sum T_i^2 - N\bar{T}^2}{N(N-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{11,3706 - 5 \times (1,508)^2}{5(5-1)}}$$

$$\Delta T = \sqrt{\frac{11,3706 - 11,37032}{20}}$$

$$\Delta T = \sqrt{0,000014} = 0,0037 \text{ sekon}$$

Jadi, nilai ;

$$T = (\bar{T} \pm \Delta T)$$

$$T = (1,508 \pm 0,0037) \text{ sekon}$$

3. Menghitung \bar{g} dengan menggunakan persamaan:

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

$$g = \frac{4 \times 3,14^2}{1,508^2} \cdot 0,500$$

$$g = \frac{19,7192}{2,274064} = 8,67134786 = 8,67 \text{ m/s}^2$$

4. Menghitung standar deviasi percepatan gravitasi (Δg) dengan menggunakan tingkat kepercayaan 100 % ;

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{\Delta T}{T} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 2 \left| \frac{0,0037}{1,508} \right| + \left| \frac{0,00250}{0,5000} \right|$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,0049071618 + 0,005$$

$$\frac{\Delta g}{g} = 0,099071618$$

$$\Delta g = 0,099071618 \cdot g$$

$$\Delta g = 0,099071618 \times 8,67 = 0,0897394066 = 0,09 \text{ m/s}^2$$

Jadi g adalah sebagai berikut;

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

$$g = (8,67 \pm 0,09) \text{ m/s}^2$$

Ini berarti bahwa nilai percepatan gravitasi bumi di laboratorium fisika Undhiksa yang diperoleh dari hasil percobaan adalah antara $8,58 \text{ m/s}^2$ sampai $8,76 \text{ m/s}^2$

5. Mengitung kesalahan relatif (KR) pengukuran ;

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100\%$$

$$KR = \frac{0,09}{8,67} \times 100\% = 1,04\%$$

6. Menghitung keakuratan nilai percepatan gravitasi bumi yang telah diperoleh:

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{\text{nilai pratikum} - \text{nilai standar}}{\text{nilai standar}} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = \left| \frac{8,67 - 9,8}{9,8} \right| 100\%$$

$$\text{keakuratan} = 11,53\%$$

DAFTAR PUSTAKA

Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid Satu Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga

Pujani, Ni Made dan rafi. 2006. Petunjuk praktikum *Fis lab*

II.Singaraja:Universitas Pendidikan Ganesha.