

Menghitung Kostanta Gravitasi dengan Menggunakan Bandul Sederhana

Tisar Dewi Pratiwi, Dewi Rakhmatia Nur, Yunita Widia Putri, Hana Ayu Masha, Fitri Novianti

Institut Teknologi dan Sains Nahdlatul Ulama Lampung

Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung

 tisardp@gmail.com, fitrinovianti132@gmail.com

Abstrak

Gravitasi bumi saat ini adalah gaya yang menyebabkan suatu benda jatuh ke bawah (ke bumi). Semua benda di sekitar kita mempunyai pengaruh terhadap gaya gravitasi sehingga dalam praktikum fisika dasar terdapat beberapa kasus yang disederhanakan untuk menunjang pemahaman konsep fisika, salah satunya di Laboratorium Fisika Dasar ITS NU LAMPUNG. Pada artikel ini dijelaskan modifikasi alat pendulum sederhana yang bertujuan untuk mengetahui nilai gravitasi bumi dan pengaruh gravitasi terhadap periode ayunan dengan memvariasikan massa benda, panjang tali dan simpangan sudut. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai gravitasi panjang tali adalah $g \pm \Delta g = 9,79 \pm 1,93 \text{ ms}^{-2}$, simpangan sudut $g \pm \Delta g = 9,76 \pm 0,42 \text{ ms}^{-2}$ dan massa benda adalah $g \pm \Delta g = 9,74 \pm 0,43 \text{ ms}^{-2}$. Hal ini menunjukkan bahwa panjang tali mempengaruhi nilai percepatan gravitasi dan nilai periode bandul. Sedangkan simpangan massa dan sudut tidak mempengaruhi nilai gravitasi bumi karena semakin panjang tali maka semakin besar nilai percepatan gravitasi bumi. Semakin besar simpangan sudut dan massa beban dapat mempengaruhi nilai periode karena panjang tali yang digunakan berbeda-beda.

Kata kunci : Bandul Sederhana, Gravitasi, Konstanta

Pendahuluan

Gerak ayunan bandul sederhana berkaitan terhadap panjang tali, massa benda, simpangan sudut, amplitudo dan priode ayunan. Oleh karena itu, gerak ayunan pendulum merupakan gerak secara periodik, dimana gerak tersebut bergerak secara berulang dan kembali diam pada saat posisi dalam keadaan setimbang atau diam pada saat posisi yang stabil. Sedangkan gerak periodik disebut sebagai gerak yang mengalami osilasi, jika suatu benda berosilasi dan diberikan gaya atau torsi maka benda tersebut akan menjauhi titik setimbangnya. Ketika berosilasi benda tersebut akan mengalami pergerakan secara bolak balik yang melewati titik setimbangnya dan gaya pemulih yang berkerja cenderung mengembalikan sistem pada keadaan kesetimbangannya.

Pada proses pengambilan data atau eksperimen cara untuk mengaplikasikan gerak harmonik sederhana yaitu pembuatan bandul matematis atau pendulum secara sederhana. Pendulum sederhana ini merupakan model sederhana yang terdiri dari sebuah massa titik yang ditahan dengan panjang tali yang bermassa. Apabila bandul dilepaskan dan diberikan simpangan dari posisi setimbangnya maka bandul tersebut akan berosilasi bergerak secara bolak balik atau disebut osilasi melewati setimbangnya. Selama terjadinya osilasi maka bandul akan mempunyai priode, frekuensi dan frekuensi sudut. Periode menyatakan banyaknya satu kali getaran penuh, sedangkan

frekuensi menyatakan banyaknya getaran yang terjadi tiap satuan detik dan frekuensi sudut menyatakan besarnya kecepatan saat rotasi. Adapun rumus periode bandul yang sering digunakan yaitu:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Pada persamaan diatas di dapatkan tiga hal yang dapat mempengaruhi besarnya periode yaitu besarnya nilai 2π secara konstan, terhadap panjang tali dan percepatan gravitasi.

Berdasarkan studi literatur maka dilakukan pengambilan data secara langsung dengan modifikasi alat peraga berupa bandul sederhana dengan tujuan untuk mengetahui nilai gravitasi bumi dengan menggunakan persamaan (1), sehingga didapatkan nilai ralat dari gravitasi bumi dengan menggunakan alat fisika sederhana dan mengetahui pengaruh gravitasi terhadap periode ayunan yang divariasikan massa benda, panjang tali dan simpangan sudut. Untuk mengetahui ralat gravitasi bumi menggunakan persamaan (4) dengan persamaan yang digunakan yaitu metode regresi linier pada grafik, serta mengetahui pengaruh panjang tali, massa, dan simpangan sudut terhadap nilai priode bandul seperti persamaan (5) dan (6).

METODE:

Data yang diperoleh berdasarkan pengukuran langsung dengan modifikasi alat sederhana berupa bandul. Alat sederhana berupa bandul (Gambar 1) ini digunakan untuk mengetahui nilai gravitasi bumi dan pengaruh gravitasi bumi terhadap panjang tali, massa dan simpangan sudut. Pada proses pengambilan data dilakukan secara berulang dengan mencari nilai rata-rata standar deviasi dari hasil pengukuran dengan memvariasikan masa, panjang tali, dan sudut simpangannya sehingga didapatkan hasil gravitasi bumi dari hasil pengukuran dengan memvariasikan masa, panjang tali, dan sudut simpangannya sehingga didapatkan hasil gravitasi bumi dari percobaan bandul sederhana. percobaan bandul sederhana.

Data yang diperoleh berdasarkan pengukuran langsung dengan modifikasi alat sederhana berupa bandul. Alat sederhana berupa bandul (Gambar 1) ini digunakan untuk mengetahui nilai gravitasi bumi dan pengaruh gravitasi bumi terhadap panjang tali, massa dan simpangan sudut. Pada proses pengambilan data dilakukan secara berulang dengan mencari nilai rata-rata standar deviasi dari hasil pengukuran dengan memvariasikan masa, panjang tali, dan sudut simpangannya sehingga didapatkan hasil gravitasi bumi dari hasil pengukuran dengan memvariasikan masa, panjang tali, dan sudut simpangannya sehingga didapatkan hasil gravitasi bumi dari percobaan bandul sederhana. percobaan bandul sederhana.



Gambar 1. Susunan alat pengambilan data bandul matematis sederhana

Adapun proses pengambilan data digunakan beberapa jenis peralatan, seperti satu set penggantung statif, busur derajat, tali, stopwatch, mistar, bola sebagai massa beban bandul terdiri dari 8 massa bandul yaitu bandul matematis dengan berat massa sebesar (50, 100, 150 gram), timbangan dengan berat massa sebesar (50, 100, 200 gram) dan lato-lato (0,0004 gram), bola pingpong (5,25 gram), bola bekel sedang (31,9 gram) dan bola bekel kecil (3,13 gram). Pengumpulan data dilakukan sebanyak 10 kali, dimulai dari pengukuran massa pada bandul, mengukur panjang tali menggunakan mistar, menggantung tali dan beban massa pada batang statif, mengatur sudut simpangan dengan menggunakan busur derajat. Saat mengayuhkan massa beban pada bandul maka akan terjadi pergerakan osilasi, pergerakan inilah yang akan dilakukan sebanyak 10 kali.

Data yang akan diperoleh berupa massa bandul, panjang tali, dan waktu yang diperlukan pada saat beresilasi untuk 10 kali osilasi. Setelah itu data diolah untuk mendapatkan hasil dari nilai rata-rata, standar deviasi, priode eksperimen dan ralat. Rumus yang akan digunakan saat pengolahan data sebagai berikut:

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

$$\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{l} \tag{3}$$

Nilai gravitasi dapat diperoleh dengan prasamaan regresi linier garis lurus $y = Ax+B$ dimana $B = 0$

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

↓
y

↓ ↓
A x

Sehingga nilai gradien $A = 4\pi^2/g$, maka untuk persamaan gravitasi (g) dapat diperoleh yaitu $g = 4\pi^2/A$. Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai gradien A yaitu:

$$A = \frac{N \cdot \sum x_i \cdot y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \tag{5}$$

Sedangkan untuk mencari ralat gravitasi sebagai berikut:

$$\Delta g = 4\pi^2 / A^2 \cdot \Delta A \tag{6}$$

Berdasarkan persamaan diatas maka diperoleh besaran nilai dari gravitasi bumi dengan menggunakan bandul sederhana.

Analisis Literatur:

Gravitasi merupakan gaya tarik antara semua objek yang memiliki massa di alam semesta. Setiap objek yang berada di bumi dipengaruhi oleh gravitasi bumi. Kekuatan gravitasi bumi yang kuat menyebabkan objek di sekitar bumi tertarik ke arah pusat bumi karena adanya percepatan gravitasi. (Muhammad et al., 2017)

Gerak Harmonik Sederhana (GHS) adalah jenis gerakan berulang yang ditandai dengan getaran sistem yang memiliki amplitudo relatif kecil, di mana simpangannya biasanya kurang dari 15 derajat. Salah satu eksperimen yang dapat dilakukan untuk mempelajari gerak harmonik sederhana adalah dengan membuat bandul matematis atau melakukan osilasi dengan bandul sederhana. Sebuah bandul terdiri dari sebuah benda yang terikat pada tali yang dapat berayun secara bebas dan berulang. Model yang lebih sederhana dari bandul ini adalah ayunan pendulum sederhana, yang terdiri dari sebuah massa titik yang terikat pada kawat kaku yang bebas dari massa (massa kawat diabaikan). (Sinaga, 2022)

HASIL PENELITIAN:

Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa panjang tali, massa beban, dan simpangan sudut memiliki pengaruh terhadap nilai rata-rata periode pada bandul matematis. Panjang tali berbanding lurus dengan periode ayunan, massa beban mempengaruhi nilai periode terutama terkait dengan gesekan udara, dan simpangan sudut awal juga mempengaruhi periode ayunan. Meskipun demikian, nilai gravitasi bumi yang diperoleh relatif stabil, dengan nilai yang mendekati standar gravitasi bumi yang umumnya diterima.

PEMBAHASAN:

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan menggunakan empat parameter yang akan di uji, diantaranya mengamati pengaruh anjang tali terhadap nilai rata-rata periode bandul, pengaruh massa beban terhadap nilai rata-rata periode bandul dan pengaruh simpangan sudut terhadap nilai rata-rata periode bandul dengan mencari waktu saat terjadinya osilasi (t).

Bandul matematis yang digunakan untuk menghitung nilai gravitasi bumi dengan variasi panjang tali memiliki massa sebesar 50 gram dan simpangan sudut tetapnya adalah 200 dengan variasi panjang tali yang digunakan adalah 10 cm hingga 50 cm. Penelitian ini dilakukan dengan mengayukan bandul matematis sehingga terjadinya osilasi. Osilasi dilakukan sebanyak 10 kali. Berdasarkan pengambilan data dan pengolahan data maka diperoleh hasil seperti tabel berikut:

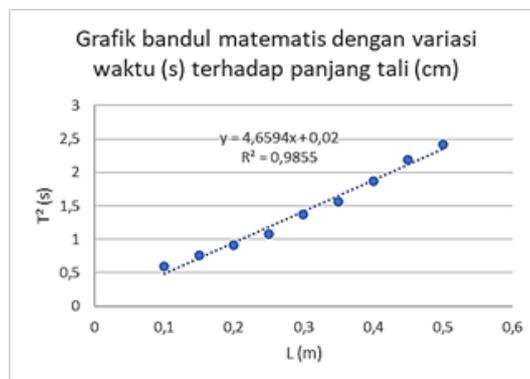
Tabel 1. Pengaruh panjang tali terhadap nilai rata-rata periode pada bandul

Jenis massa	Panjang tali (cm)	Osilasi (n)	Teksperimen	T teori
Bandul matematis kecil	10	10	0,773	0,6343758
	15	10	0,8714	0,7769485
	20	10	0,9562	0,8971429
	25	10	1,0366	1,0030362
	30	10	1,1726	1,0987711
	35	10	1,2486	1,1868084
	40	10	1,369	1,2687516
	45	10	1,4782	1,3457143
	50	10	1,5562	1,4185074

Pada

Table 1

menunjukkan bahwa adanya pengaruh terhadap besarnya nilai rata-rata periode pada panjang tali. Sedangkan secara grafis hasil dari analisa data pada bandul matematis dapat dilihat pada Grafik 1. Grafik ini diperoleh berdasarkan perhitungan regresi linier yang ditunjukkan pada persamaan (4), (5) dan (6).



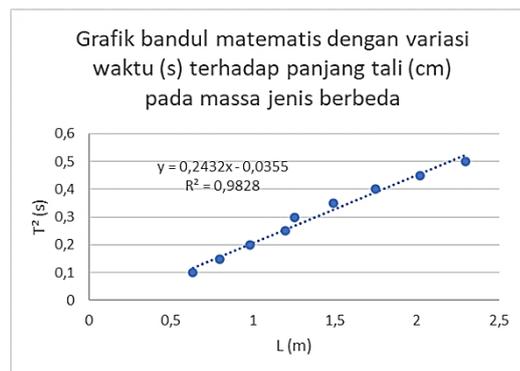
Grafik 1. Hasil pengolahan data variasi panjang tali

Pengamatan diatas menunjukkan bahwa panjang tali mempengaruhi pertambahan periode ayunan karena besarnya periode berbanding lurus terhadap panjang tali. Hal ini sesuai dengan teori perumusan pada periode bandul seperti rumus (1). Dari rumus tersebut dapat mengetahui nilai dari gravitasi pada bandul matematis, besarnya nilai gravitasi yang diperoleh yaitu $9,79 \text{ ms}^{-2}$ dengan nilai ralatnya $1,93 \text{ ms}^{-2}$. Nilai gravitasi yang diperoleh mendekati nilai standar gravitasi yang sering digunakan yaitu $9,8 \text{ ms}^{-2}$. Percepatan gravitasi bumi berbanding lurus terhadap panjang tali, maka semakin panjang tali yang digunakan semakin besar pula nilai percepatan gravitasi yang diperoleh.

Tabel 2. Pengaruh massa benda terhadap nilai rata-rata periode pada bandul.

Jenis massa	Massa (g)	Osilasi (n)	Teksperimen	Tteori
bola bekel sedang	31,9	10	0,7958	0,634375798
Lato-lato	0,004	10	0,8936	0,776948505
Bola pimpong	5,25	10	0,9922	0,897142857
Bola bekel kecil	3,13	10	1,0938	1,003036207
bandul matematis besar	150	10	1,12	1,098771113
bandul matematis sedang	100	10	1,2212	1,186808445
timbangan kecil	50	10	1,321	1,268751596
timbangan besar	200	10	1,4212	1,345714286
timbangan sedang	100	10	1,5148	1,418507408

Pada **Table 2** menunjukkan bahwa massa jenis yang digunakan berbeda beda massa jenis terbesar bernilai 150 gram dan massa jenis terkecil adalah 0,004 gram dengan simpang sudut 20° , osilasi sebanyak 10 kali. Saat terjadi osilasi massa yang digunakan mengalami pergerakan ayunan sesuai dengan massa jenis benda tersebut. Jika semakin besar massa benda maka akan semakin cepat pula periode ayunan dibandingkan massa benda terkecil.



Grafik 2. Hasil pengolahan data pada variasi massa benda

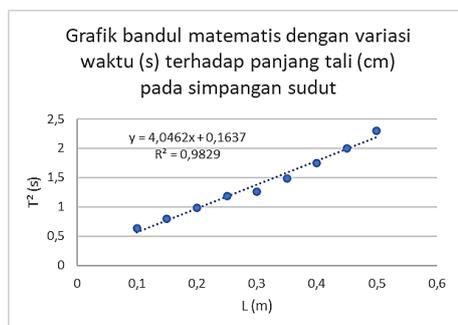
Berdasarkan analisis grafik nilai T (s) terjadi perbedaan hasil periode bandul disebabkan oleh adanya gesekan antara beban dengan udara pada saat beban beresilasi sehingga dapat mempengaruhi lamanya waktu yang tercatat. Oleh sebab itu massa beban mempengaruhi nilai periode pada bandul. Beda halnya dengan massa beban dengan panjang tali yang sama, dengan panjang tali yang sama tidak dapat mempengaruhi nilai periode bandul karena massa beban diabaikan. Ketika dua benda dengan massa benda yang berbeda dengan jarak yang sama, maka dalam waktu yang sama kedua benda tersebut akan menempuh jarak yang sama.

Adapun nilai gravitasi yang diperoleh sebesar $9,76 \text{ ms}^{-2}$ dengan nilai ralat yang diperoleh $0,42 \text{ ms}^{-2}$. Hal ini menunjukkan bahwa beberapun besar massa yang digunakan tidak berpengaruh terhadap hasil perhitungan gravitasi. Karena massa beban yang digunakan dengan panjang tali yang sama akan diperoleh nilai gravitasi yang sama atau tidak jauh berbeda, sehingga tidak berpengaruh terhadap tingkat ketelitian pada proses perhitungan percepatan gravitasi bumi.

Tabel 3. Pengaruh simpangan sudut terhadap nilai rata-rata periode pada bandul.

jenis massa	Sudut (tetha)	osilasi (n)	Teksperimen	Tteori
bandul matematis kecil	10	10	0,7932	0,634375798
	15	10	0,8932	0,776948505
	20	10	0,99192	0,897142857
	25	10	1,0898	1,003036207
	30	10	1,1226	1,098771113
	35	10	1,2186	1,186808445
	40	10	1,323	1,268751596
	45	10	1,4138	1,345714286
	50	10	1,5184	1,418507408

Berdasarkan table 3 yang memberikan data berupa simpangan sudut terhadap periode ayunan sederhana. Waktu yang dibutuhkan saat osilasi sebanyak 10 kali ayunan. Simpang sudut yang digunakan yaitu 10^0 hingga 50^0 dengan panjang tali 10 cm hingga 50 cm. Pada table 2 menunjukkan bahwa simpangan sudut awal mempengaruhi pertambahan periode ayunan apabila sudut yang disimpangkan relatif lebih kecil maka besarnya simpangan sudut pada nilai periode rata-rata ayunan (T) bertambah dengan semakin besar nilai sudut simpangan awal.



Grafik 3. Hasil simpangan.

pengolahan data variasi

Nilai percepatan gravitasi bumi pada variasi simpang sudut sebesar $9,74 \text{ ms}^{-2}$ dengan ralat sebesar $0,43 \text{ ms}^{-2}$. Besar kecilnya nilai gravitasi bumi bergantung dengan panjang tali dan periode ayunan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai gravitasi bumi yang diperoleh pada variasi simpang sudut tidak jauh berbeda dibandingkan dengan variasi massa beban pada bandul, karena panjang tali yang digunakan sama yaitu 10 cm hingga 50 cm. Terjadinya perbedaan hasil percepatan gravitasi bumi pada variasi simpang sudut karena sudut yang lebih besar, maka nilai *sinus* sudut tidak mendekati besar sudut yang diberikan yang mengakibatkan keakurasi pengukuran berkurang

KESIMPULAN:

Dari analisis dan pembahasan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa panjang tali yang digunakan untuk mengukur nilai percepatan gravitasi mempengaruhi tingkat

ketelitian saat pengamatan. Semakin pendek tali yang digunakan, maka periode ayunan akan semakin kecil sehingga berpengaruh saat pengambilan data. Sedangkan untuk massa beban dan simpangan sudut tidak mempengaruhi nilai dari percepatan gravitasi karena panjang tali yang digunakan sama sehingga nilai yang diperoleh relatif konstan.

Sedangkan untuk nilai periode bandul dipengaruhi beberapa faktor seperti panjang tali yang digunakan, simpangan sudut dan massa benda. Panjang tali mempengaruhi periode karena panjang tali berbanding lurus, karena semakin panjang tali maka periode bandul semakin besar dan semakin pendek panjang tali maka periode bandul semakin kecil. Simpangan sudut mempengaruhi besarnya nilai periode bandul karena simpangan sudut yang relatif kecil tergolong ke dalam getaran harmonik sederhana dan sebaliknya simpangan sudut besar memakai persamaan deret tak hingga. Sedangkan massa beban mempengaruhi nilai periode pada bandul karena dengan panjang tali yang berbeda maka terdapat gesekan antara benda dengan udara.

Daftar Pustaka

- Dewi, Iqlima, Noor Akmla dan Prabowo., "Pengembangan Alat Peraga Bandul Matematis Untuk Melatihkan Keterampilan Proses Siswa Pada Materi Gerak Harmonik Sederhana Di Kelas XI SMAN 3 Tuban". *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF)* 3 (2014).
- Dandan, Yanti, Yuli, and Neng Nenden Mulyaningsih. "Pengaruh panjang tali, massa dan diameter bandul terhadap periode dengan variasi sudut." *STRING (SATuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)* 5.1 (2020): 6-10.
- Khotimah, Khusnul, Sparisoma Viridi, and N. Khotimah. "Ayunan Sederhana: Pengaruh Panjang Tali, Sudut Awal, dan Massa Bandul terhadap Periode serta Menentukan Konstanta Redaman." *Conference Proceedings in Science*. 2011.
- Muhammad, A., Rahmatullah, A., Majid, A. A., & Darajat, H. K. (2017). *Percepatan Gravitasi Acceleration of Gravity*. 1–37.
- Novianarenti, Eky, Yerri Susatio, and Ridho Hantoro. "Penentuan Parameter Bandul Matematis untuk Memperoleh Energi Maksimum dengan Gelombang dalam Tangki." *Jurnal Teknik ITS* 2.1 (2013): B122-127.
- H, Widya. "Variasi Bentuk Bandul untuk Meningkatkan Pemahaman Peserta Didik Dalam Penentuan Nilai Gravitasi Bumi pada Ayunan Sederhana," vol. 3, no. 1, pp. 42–46, 2019.
- Robert A, Nelson., and M. G. Olsson. "The pendulum – Rich physics from a

simple system." *American Journal of Physics* 54.2 (1986): 112-121.

Sinaga, I. H. (2022). *Rancang Bangun Alat Percobaan Ayunan Bandul Sederhana Berbasis Arduino*. Universitas Medan Area.