

## ARTIKEL RISET

# Analisis Redaman pada Osilasi Balok Kayu

Risnanda Weda Manggala and Albertus Hariwangsa Panuluh\*

Received: July 19, 2020 | Accepted: August 31, 2020 | Published: Sept 17, 2021 | DOI: 10.22146/jfi.v25i1.57939

## Ringkasan

Telah dilakukan penelitian tentang bandul fisis untuk menentukan nilai faktor redaman dan nilai periode pada balok kayu. Sebuah balok kayu disimpangkan dengan pendekatan sudut kecil. Simpangan dari balok kayu lama-kelamaan akan semakin kecil hingga akhirnya berhenti berosilasi. Hal ini menunjukkan adanya redaman. Pada saat balok diayunkan kami merekam video menggunakan kamera. Video hasil rekaman kemudian dianalisis menggunakan *software LoggerPro*. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa Faktor redaman berbanding terbalik dengan momen inersia dan periode sebanding dengan akar dari panjang bandul.

**Kata Kunci** : bandul fisis, osilasi, osilasi teredam, analisis video.

## Abstract

A study on physical pendulum to determine the damping factor and period has been carried out. A wooden block is deviated with a small angle approach. The amplitude of a beam of wood will decrease until it finally stops oscillating. This shows a damping phenomenon has occurred. When the beam is swung we record video using a camera. The recorded video is then analyzed using the *LoggerPro* software. The results of this experiment indicate that the damping factor is inversely proportional to the moment of inertia and the period is proportional to the root of the pendulum length.

**Keywords**: physical pendulum; oscillation; damped oscillation; video analysis.

## 1 PENDAHULUAN

Osilasi pada pendulum sederhana sudah dilakukan sejak lama. Meskipun demikian, penelitian mengenai osilasi pada pendulum sederhana masih terus berkembang. Salah satu besaran yang dapat ditentukan dari eksperimen osilasi pada pendulum sederhana adalah percepatan gravitasi ( $g$ ). Salah satunya dilakukan oleh Nelson dan Olsson menentukan percepatan gravitasi hingga ketelitian empat angka signifikan [1].

Selain itu, persamaan diferensial orde dua dari osilasi pendulum sederhana biasanya diselesaikan untuk sudut kecil. Beberapa penelitian mencari solusi atau penyelesaian dari osilasi pendulum sederhana menggunakan pendekatan matematik. Salah satunya ref. [2] menyelesaikan menggunakan fungsi hipergeometrik dan ref. [3] menggunakan pendekatan energi. Apabila benda yang mengalami gerak osilasi berupa benda tegar sehingga tidak dapat

dianggap sebagai benda titik, maka disebut bandul fisis [4].

Pada saat ini teknologi telah berkembang sangat pesat. Berbagai penelitian sudah bergeser dari yang sebelumnya manual menjadi menggunakan bantuan teknologi. Ref. [5] menggunakan sensor pada smartphone untuk menganalisa osilasi pada pendulum fisis. Perhitungan momen inersia benda tegar dengan metode osilasi bandul fisis dapat dilakukan menggunakan bantuan mikrokontroler [6]. Demikian pula dalam ranah pembelajaran, *virtual lab* digunakan untuk mengukur keterampilan pemecahan masalah mahasiswa dalam pembelajaran bandul fisis [7].

Buku teks sekolah membahas gerak osilasi dengan asumsi tidak terjadi pengurangan simpangan. Padahal pada kenyataannya dalam praktikum atau eksperimen terjadi pengurangan simpangan dari osilasi. Bandul yang awalnya berosilasi lama kelamaan akan berhenti. Fakta semacam ini menandakan adanya redaman.

Pengukuran redaman pada bandul sederhana pernah dilakukan. Salah satu metode yang dilakukan adalah analisis video osilasi bandul sederhana menggunakan

\* Correspondence: [panuluh@usd.ac.id](mailto:panuluh@usd.ac.id)

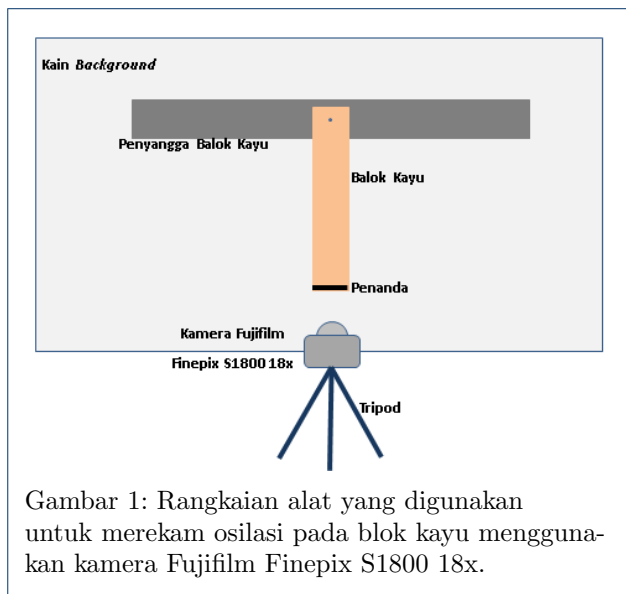
Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia  
Full list of author information is available at the end of the article

† Equal contributor

software *LoggerPro* [8]. Dari penelitian tersebut diperoleh untuk berbagai beban dengan ukuran yang sama, besarnya penurunan amplitudo berbanding terbalik dengan massa beban. Sedangkan untuk beban yang massanya sama, redaman berbanding lurus dengan jari-jarinya. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan penentuan faktor redaman dan periode osilasi balok kayu.

## 2 METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah balok kayu. Balok kayu ini akan diayunkan dan berperan sebagai bandul fisis. Balok kayu yang digunakan memiliki ukuran awal lebar  $(0,07898 \pm 0,00001)$  meter, tebal  $(0,01388 \pm 0,00001)$  meter, dan panjang  $(0,960 \pm 0,002)$  meter. Kemudian dilakukan pemotongan panjang dari balok kayu sebanyak 4 kali. Sehingga untuk penelitian ini terdapat 5 variasi panjang. Rangkaian alat yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1: Rangkaian alat yang digunakan untuk merekam osilasi pada blok kayu menggunakan kamera Fujifilm Finepix S1800 18x.

Perekaman video mulai dilakukan ketika balok kayu hendak di ayunkan. Hasil perekaman video kemudian dianalisis menggunakan software *Logger Pro*. Data yang dihasilkan kemudian di fit menggunakan persamaan osilasi teredam yang ditunjukkan pada persamaan (1) di bawah ini [9]

$$x(t) = e^{\gamma t} (A \sin(\omega_D t + \phi_0)) \quad (1)$$

dengan  $\gamma, \omega_D$  dan  $\phi_0$  adalah faktor redaman, frekuensi sudut teredam dan fase awal berturut-turut.

Tabel 1: Hasil Pengukuran Panjang dan Massa Balok kayu

No	Panjang (m)	Massa (kg)
1	$0,960 \pm 0,002$	$0,81280 \pm 0,00005$
2	$0,892 \pm 0,002$	$0,72870 \pm 0,00005$
3	$0,790 \pm 0,002$	$0,64530 \pm 0,00005$
4	$0,720 \pm 0,002$	$0,56550 \pm 0,00005$
5	$0,619 \pm 0,003$	$0,48330 \pm 0,00005$

Kemudian persamaan fitting yang digunakan pada software *Logger Pro* adalah

$$X = Ae^{-Bt} \sin(Ct + D)_E \quad (2)$$

sehingga nilai  $B$  adalah faktor redaman dan  $C$  adalah frekuensi sudut teredam.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Perhitungan panjang, massa, dan momen inersia

Pada penelitian ini balok kayu diayunkan dengan pendekatan sudut kecil berkisar  $9,8^\circ$  hingga  $9,3^\circ$ . Hasil pengukuran panjang menggunakan analisis video *Logger Pro* dan massa balok kayu menggunakan neraca ohaus tiga lengan diperoleh pada tabel 1

Kemudian momen inersia dari balok kami hitung dengan asumsi balok merupakan batang tipis dengan poros berada salah satu ujungnya. Persamaan momen inersia balok kayu adalah [10]

$$I = \frac{1}{3} ml^2 \quad (3)$$

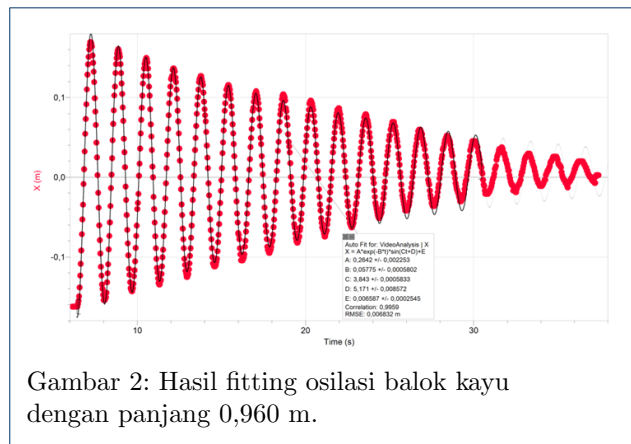
dengan  $I, m$  dan  $l$  adalah momen inersia, massa dan panjang balok berturut-turut. Hasil perhitungan momen inersia ditunjukkan pada tabel 2

Tabel 2: Hasil Pengukuran Momen Inersia Balok Kayu

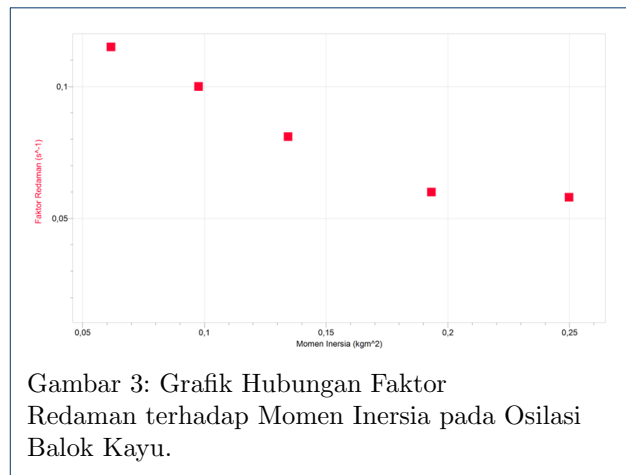
No	Panjang (m)	Massa (kg)	Momen Inersia ( $\text{kg m}^2$ )
1	0,960	0,81280	$0,250 \pm 0,001$
2	0,892	0,72870	$0,1933 \pm 0,0008$
3	0,790	0,64530	$0,1344 \pm 0,0005$
4	0,720	0,56550	$0,0976 \pm 0,0006$
5	0,619	0,48330	$0,0616 \pm 0,0006$

### 3.2 Analisis Faktor Redaman

Selanjutnya kami akan menganalisis nilai faktor redaman. Cara yang digunakan adalah *fitting* grafik yang diperoleh menggunakan persamaan (1) dan (2). Kami ambil contoh hasil fitting untuk osilasi balok kayu dengan panjang 0,960 m yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini



Gambar 2: Hasil fitting osilasi balok kayu dengan panjang 0,960 m.



Gambar 3: Grafik Hubungan Faktor Redaman terhadap Momen Inersia pada Osilasi Balok Kayu.

Dari hasil *fitting* yang ditunjukkan pada Gambar 2, nilai faktor redaman untuk osilasi balok dengan panjang 0,960 m adalah  $0,05775 \text{ s}^{-1}$ . Hal ini diperoleh berdasarkan relasi antara persamaan 1 dan 2 dimana

$$\gamma = B \tag{4}$$

Dengan cara yang sama untuk variasi panjang dari balok kayu, diperoleh nilai faktor redaman yang disajikan pada tabel 3

Tabel 3: Hasil Fitting Nilai Faktor Redaman pada Osilasi Balok kayu

No	Panjang (m)	Momen Inersia (kg m <sup>2</sup> )	Faktor Redaman (s <sup>-1</sup> )
1	0,96024	0,250 ± 0,001	0,0578 ± 0,0006
2	0,89204	0,1933 ± 0,0008	0,0603 ± 0,0005
3	0,79034	0,1344 ± 0,0005	0,0814 ± 0,0009
4	0,71972	0,0976 ± 0,0006	0,100 ± 0,001
5	0,61862	0,0616 ± 0,0006	0,115 ± 0,002

Kemudian dari tabel 3 dapat dibuat grafik hubungan antara faktor redaman terhadap momen inersia yang disajikan pada gambar 3

### 3.3 Analisis Periode Osilasi

Pada hasil *fitting* gambar 2, frekuensi sudut ditunjukkan oleh variabel C. Sehingga frekuensi sudut untuk osilasi balok dengan panjang 0,960 m adalah 3,843 rad/s. Periode bandul dapat ditentukan menggunakan persamaan (5)

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} \tag{5}$$

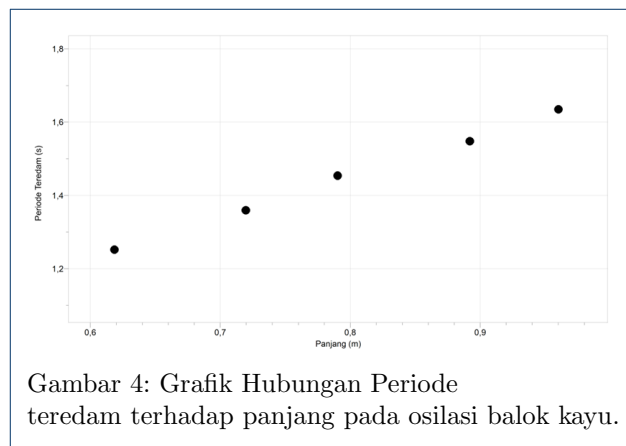
sehingga periode untuk osilasi balok dengan panjang 0,960 m adalah 1,635 s. Dengan cara yang sama untuk

Tabel 4: Hasil Fitting Periode pada Osilasi Balok kayu

No	Panjang (m)	Frekuensi Sudut Tereadam (rads <sup>-1</sup> )	Periode (s)
1	0,96	3843 ± 0,0006	16350 ± 0,0003
2	0,8961	4059 ± 0,0005	15480 ± 0,0002
3	0,7968	4321 ± 0,0009	14541 ± 0,0003
4	0,7175	4621 ± 0,001	13597 ± 0,0003
5	0,6201	5017 ± 0,002	12524 ± 0,0005

variasi panjang dari balok kayu, diperoleh periode osilasi balok kayu yang disajikan pada tabel 4.

Dari tabel 4 dapat dibuat grafik periode terhadap panjang yang ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini



Gambar 4: Grafik Hubungan Periode teredam terhadap panjang pada osilasi balok kayu.

### 3.4 Pembahasan

Pada tabel 3, nilai faktor redaman semakin besar nilainya ketika panjang atau momen inersia balok kayu diperkecil. Hal ini semakin diperjelas pada gambar 3.

Persamaan diferensial untuk bandul fisis yang teredam adalah sebagai berikut

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{3b}{ml^2} \frac{d\theta}{dt} + \frac{3g}{2l}\theta = 0 \quad (6)$$

Untuk menyelesaikan persamaan diferensial pada persamaan (6), maka dimisalkan

$$\gamma = \frac{b}{2l} \quad (7)$$

dengan  $I = \frac{1}{3}ml^2$  untuk bandul fisis dengan poros pada salah satu ujung tetap,  $\gamma$  adalah faktor redaman dan  $b$  adalah koefisien redaman. Dari persamaan 7 dapat dilihat bahwa faktor redaman berbanding terbalik dengan momen inersia seperti yang diperoleh pada penelitian ini.

Pada tabel 4, periode redaman semakin kecil nilainya ketika panjang balok diperkecil. Hal ini diperjelas pada gambar 4. Nilai periode pada bandul fisis adalah sebagai berikut [9]

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgl}} \quad (8)$$

dengan memasukkan  $I = \frac{1}{3}ml^2$  maka persamaan 8 dapat dituliskan

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{3g}} \quad (9)$$

dari persamaan 9 dapat dilihat bahwa periode sebanding dengan akar dari panjang bandul.

Osilasi yang dilakukan balok kayu ini mengalami suatu redaman dari gaya gesekan udara. Secara umum gaya gesekan udara ini dipengaruhi oleh luas penampang. Pada penelitian ini luas penampang balok kayu yang mengalami gaya gesek adalah hasil kali

panjang balok kayu dengan tebal balok kayu. Tebal dan lebar balok kayu dibuat tetap sehingga nilai luas penampang dipengaruhi oleh panjang balok kayu.

## 4 KESIMPULAN

Dari penelitian ini, nilai faktor redaman dan periode dari osilasi pada balok kayu dapat ditentukan menggunakan analisis video. Faktor redaman berbanding terbalik dengan momen inersia dan periode sebanding dengan akar dari panjang bandul.

## AUTHOR

- 1 Risnanda Weda Manggala

From :

(1) Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma

- 2 Albertus Hariwangsa Panuluh

Dari :

(1) Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Sanata Dharma

## Pustaka

1. Nelson RA, Olsson MG. The pendulum—Rich physics from a simple system. *American Journal of Physics*. 1986;54(2):112–121.
2. Qureshi MI, Rafat M, Azad SI. The exact equation of motion of a simple pendulum of arbitrary amplitude: a hypergeometric approach. *European journal of physics*. 2010;31(6):1485.
3. Lima FMS, Arun P. An accurate formula for the period of a simple pendulum oscillating beyond the small angle regime. *American Journal of Physics*. 2006;74(10):892–895.
4. Jewett JW, Serway R. *Physics for scientists and engineers with modern physics*. Vectors. 2008;1:2.
5. Vogt P, Kuhn J. Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor. *The Physics Teacher*. 2012;50(3):182–183.
6. Indriana P. Penentuan momen inersia benda tegar menggunakan metode osilasi bandul fisis berbasis mikrokontroler. *Inovasi Fisika Indonesia*. 2017;6(3).
7. Sutarno S, Setiawan A, Suhandi A, Kaniawati I, Putri DH. Keterampilan pemecahan masalah mahasiswa dalam pembelajaran bandul fisis menggunakan model problem solving virtual laboratory. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2017;3(2):164–172.
8. Limiansih K, Santosa IE. Redaman pada Pendulum Sederhana (Halaman 17 sd 20). *Jurnal Fisika Indonesia*. 2013;17(51).
9. Fowles GR, Cassiday GL. *Analytical mechanics 7th Ed* (Belmont: Thomson Brooks/Cole). 2005;.
10. Giancoli DC. *Physics: Principles with Applications*.(global-ed.). Boston: Pearson Education Limited; 2016.