

Simulasi Gerak Pendulum Teredam dengan Metode Euler Berbasis Javascript

Marisa Variastuti^{1,a)} Susilawati^{1,b)} Arip^{1,c)} Fahmi Ali^{1,d)} Sparisoma Viridi^{2,e)} Yudha Satya Perkasa^{3,f)}

¹Program Sarjana Fisika,
Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Komputasi,
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung,
Jl. A.H Nasution no. 105 Bandung, Indonesia, 40614

²Laboratorium Fisika Nuklir dan Biofisika,
Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir dan Biofisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

³Laboratorium Sistem Modeling,
Kelompok Keilmuan Fisika Nuklir Teori,
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung,
Jl. A.H Nasution 105, Bandung, Indonesia 40614

^{a)} marisavrstty@gmail.com

^{b)}alfauziyyah.susi@gmail.com

^{c)}arip.idn@gmail.com

^{d)}fahmialiputra@gmail.com

^{e)}dudung@fi.itb.ac.id

^{f)}yudha@uinsgd.ac.id

Abstrak

Dalam ilmu fisika dikenalkan gerak sitem pendulum yang mana pada kehidupan sehari hari itu merupakan dasar kerja dari sebuah jam dinding kuno yang memiliki ayunan. Pendulum merupakan suatu benda yang diikatkan pada seutas tali yang dapat berayun secara periodik. Agar diperoleh hasil yang realitis maka gaya gesekan udara tidak diabaikan. Akibat adanya gaya hambat atau gaya gesekan maka akan terjadi redaman. Pendulum yang berosilasi dapat berhenti akibat adanya redaman. Pada penelitian kali ini telah dibuat sebuah program simulasi dari pergerakan sitem pendulum pada javascript dengan tujuan agar mempermudah pembelajaran dalam melakukan percobaan sehingga dapat diakses melalui browser. Pengguna dapat mengatur sendiri nilai dari sudut kemiringan, panjang tali dan koefisien gesekan udara pada pendulum. Perhitungan yang dilakukan menggunakan metode euler yang disusun dalam bahasa pemrograman Javascript. Hasil akhir dari simulasi ini yaitu berupa data perubahan posisi terhadap waktu yang disajikan dalam bentuk animasi dan grafik. Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode euler, waktu yang dibutuhkan bandul berosilasi berbanding terbalik dengan konstanta redaman dan berbanding terbalik juga dengan panjang tali pada pendulum yang diberi konstanta redaman.

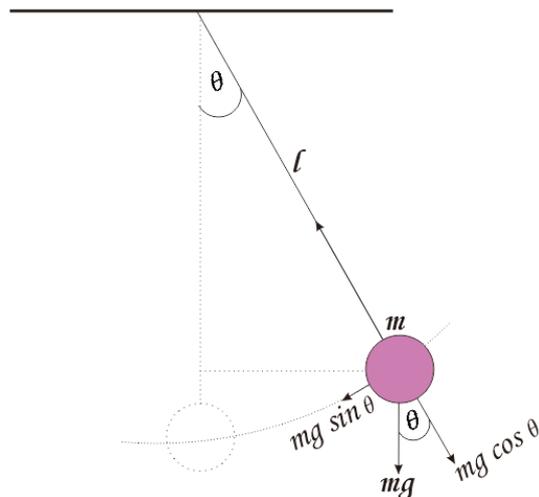
Kata-kata kunci: Euler, Javascript, Pendulum, Redaman, Simulasi

PENDAHULUAN

Pada kehidupan ini kita sering kali menemukan suatu sistem yang berosilasi. Senar gitar yang dipetik akan berosilasi dan menghasilkan suara, adapun piston didalam mesin mobil yang bergerak naik dan turun dan masih banyak contoh lainnya yang sering kita temui dalam kehidupan sehari-hari. Gerak Osilasi pada suatu sistem merupakan gerak bolak balik yang terjadi dikarenakan adanya gangguan pada suatu sistem yang berada pada posisi kesetimbangannya. Gerak osilasi secara periodik akan terus menerus bergerak, namun dalam kenyataannya osilasi yang terjadi disekitar kita yaitu osilasi teredam yang mana ketika adanya redaman atau hambatan maka gerakan osilasi semakin lama akan semakin menuju kembali ke posisi kesetimbangannya dan berhenti berosilasi. Kasus yang dapat kita temui pada kehidupan sehari-hari misalnya seorang anak yang berayun pada ayunan lama kelamaan dia akan berhenti dan kembali ke posisi semula namun dengan mengayunkan kaki itu dapat memberikan gaya sehingga ayunan akan terus berosilasi dan bahkan dapat memperbesar osilasi. Terdapat 3 jenis redaman yaitu redaman kuat, redaman kritis dan redaman lemah. Pada makalah kali ini akan dibahas mengenai suatu benda yang diikatkan pada seutas tali yang diganggu dari posisi setimbangnya yang akan berosilasi dimana benda ini dapat disebut sebagai pendulum. Untuk kasus osilasi teredam pada pendulum, pendulum dapat berosilasi dengan baik ketika berayun pada udara dimana redaman atau hambatannya yaitu gesekan udara sehingga terjadi osilasi teredam namun apabila pendulum diletakan pada air maka pendulum hampir tidak berayun sama sekali karena redaman atau hambatan air sangat besar sehingga air akan memberikan gaya pengereman pada pendulum sehingga pendulum akan segera berhenti. Oleh karena itu, pada makalah ini akan dibahas mengenai pendulum teredam dimana redamannya yaitu gesekan udara dengan memvariasikan nilai ketetapan gesekan udara yang disimulasikan menggunakan salah satu metode numerik yaitu metode euler dengan program berbasis javascript yang mana diharapkan dapat memudahkan pengguna karena dapat diakses pada browser.

Simulasi gerak pendulum teredam

Analisis Gerak Pendulum Teredam



Gambar 1. Gaya yang bekerja pada Pendulum

Pada gerak harmonik sederhana berlaku hukum II newton yang mana percepatan dari suatu bendanya akan sebanding dengan total gaya yang bekerja dan berbanding terbalik dengan massa dari benda dan secara matematis:

$$\sum F = ma \quad (1)$$

Dimana sigma f merupakan jumlah gaya dari semua gaya yang bekerja pada sistem tersebut, m merupakan massa benda dan a merupakan percepatan dari sistem tersebut. Pada pendulum teredam terdapat 2 buah gaya yang bekerja yaitu gaya pemulih dan gaya teredam. Gaya pemulih yang bekerja yaitu:

$$F_p = -mg \sin \theta \quad (2)$$

Disebut gaya pemulih karena berupaya untuk mengembalikan posisi menuju kesetimbangannya dengan bekerja dalam arah yang berlawanan dengan perpindahan partikel sehingga terdapat tanda minus pada persamaan gaya pemulih. Untuk simpangan yang sangat kecil maka :

$$\sin \theta \approx \theta \quad (3)$$

Karena apabila teta sangat kecil, pada deret :

$$\sin \theta = \theta - \frac{1}{3!}\theta^3 + \frac{1}{5!}\theta^5 - \dots \quad (4)$$

Suku 2 dan seterusnya akan sangat kecil dan nilainya menuju 0 sehingga dapat dianggap θ . Persamaan gerak menjadi :

$$-mg\theta = ma \quad (5)$$

Percepatan pada persamaan tersebut adalah percepatan tangensial dimana:

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

Sehingga,

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

Persamaan gerak menjadi

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

Pada pendulum teredam terdapat redaman berupa gaya gesek udara. Gaya gesek udara memenuhi

$$f_g = -bv = -bl \frac{d\theta}{dt} \quad (9)$$

Persamaan gerak pada pendulum teredam :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{l}\theta = -bl \frac{d\theta}{dt} \quad (10)$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l}\theta - bl\frac{d\theta}{dt} \quad (11)$$

dengan g merupakan gravitasi, l merupakan panjang tali dan b sebagai konstanta gesekan udara.

Metode Numerik

Metode numerik yang digunakan yaitu Metode Euler. Terdapat 2 jenis metode euler yaitu metode euler implisit dan metode euler eksplisit. Metode euler eksplisit lebih akurat dibandingkan implisit. Metode ini hanya membutuhkan satu titik nilai yang diketahui sehingga dapat disebut metode titik tunggal. Persamaan umum untuk metode euler eksplisit adalah:

$$y(t + \Delta t) = y(t) + \Delta t f(t) \quad (12)$$

dimana Δt merupakan selang waktu. Semakin kecil nilai Δt maka nilai akan semakin akurat. Persamaan gerak dari pendulum teredam disubstitusikan kedalam persamaan metode euler tersebut, menjadi

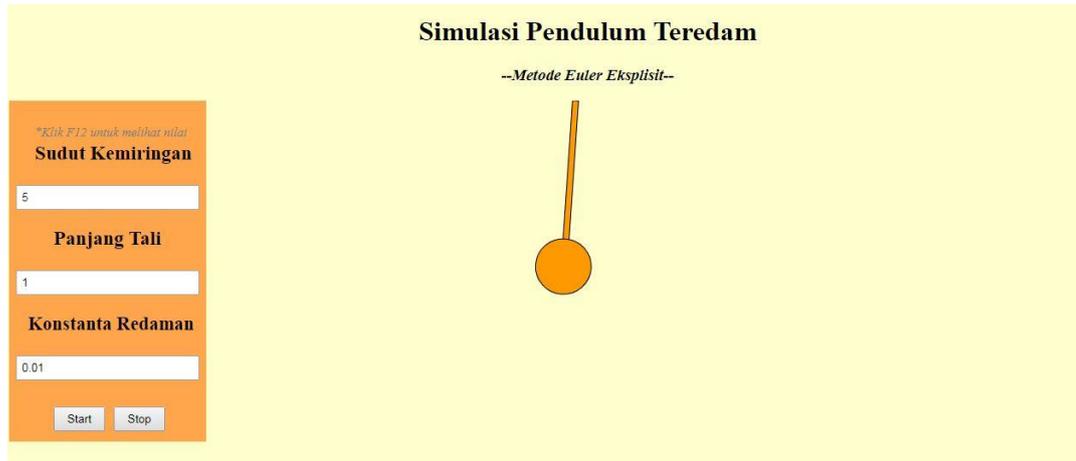
$$\theta(t + \Delta t) = \theta(t) + \Delta t(\omega(t)) \quad (13)$$

$$\omega(t + \Delta t) = \omega(t) + \Delta t\left(-\frac{g}{l}\theta(t) - bl\omega(t)\right) \quad (14)$$

Persamaan (13) dan (14) akan digunakan untuk menggerakkan pendulum yang telah digambarkan pada program yang mana pada program dibantu dengan menggunakan perulangan yaitu `setInterval()` dan juga `clearInterval` untuk memberhentikan pergerakan pendulum pada simulasi. Nilai dari sudut kemiringan, panjang tali dari pendulum dan nilai koefisien gesekan dapat diisikan sesuai dengan keinginan pengguna. Pada simulasi telah disediakan kolom untuk memasukan nilai yang diinginkan pengguna dan button untuk memulai dan memberhentikan simulasi serta nilai dari sudut dan kecepatan pendulum setiap waktunya ditampilkan pada console.

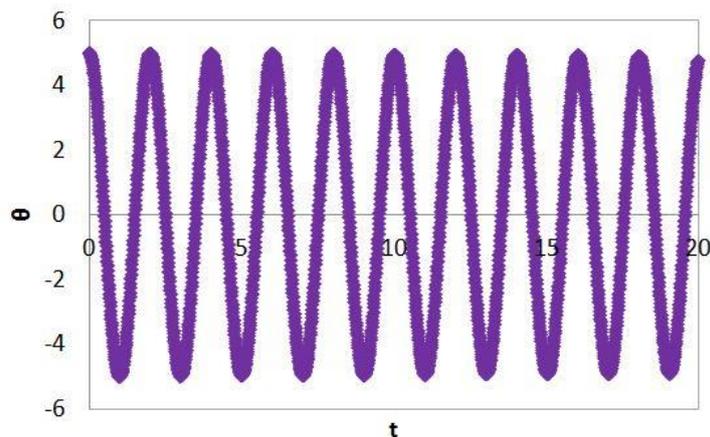
HASIL DAN ANALISIS

Simulasi gerak pendulum teredam pada penelitian kali ini dilakukan untuk mempelajari gerak dari pendulum teredam dimana divariasikan nilai dari koefisien gesekan. Pada simulasi ini tali dianggap tak bermassa karena pada simulasi ini dengan tujuan untuk memudahkan pembelajaran mengenai pendulum teredam sehingga pengguna dapat mempelajari gerak dari pendulum teredam dengan mudah karena dapat diakses melalui browser. Berikut merupakan tampilan dari simulasi pendulum teredam.



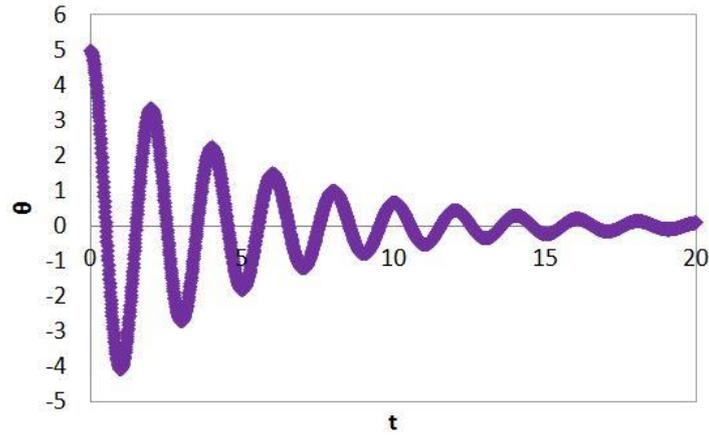
Gambar 2. Tampilan Simulasi Pendulum Teredam pada Browser

Pada simulasi ini akan dibahas mengenai gerak dari pendulum teredam dari berbagai nilai koefisien gesekan. Penulis menentukan nilai kecepatan awal yaitu 0 m/s, sudut kemiringan 5° , panjang tali 1 meter dan variasi koefisien gesekan yaitu 0,01 kg/s, 0,5 kg/s, 2 kg/s, dan 5,1kg/s. Untuk menggerakkan simulasi ini menggunakan salah satu metode numerik yaitu metode euler. Metode euler merupakan metode numerik yang paling sederhana sehingga mudah untuk dipelajari. Metode Numerik dapat mempermudah untuk menyelesaikan persoalan matematik yang sulit diselesaikan secara analitik.



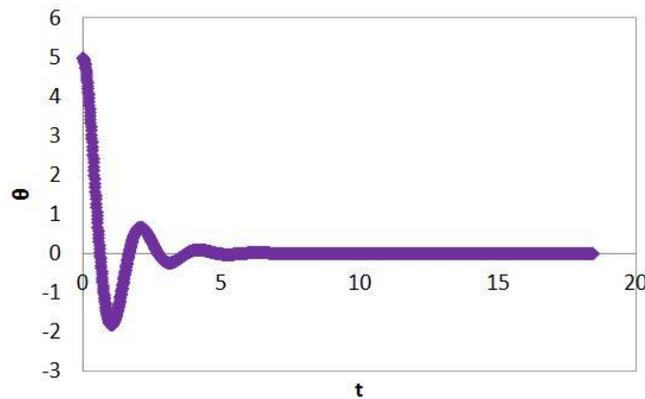
Gambar 3. Grafik sudut simpangan terhadap t dengan koefisien gesekan 0,01 kg/s

Dapat diamati dari hasil grafik pada gambar 3 diatas bahwa ketika koefisien gesekan 0,01 kg/s bahwa gerak dari pendulum akan terus berosilasi. Hal ini terjadi dikarenakan nilai koefisien gesekan sangat kecil sehingga dianggap tidak ada redaman maka pendulum akan terus berosilasi.



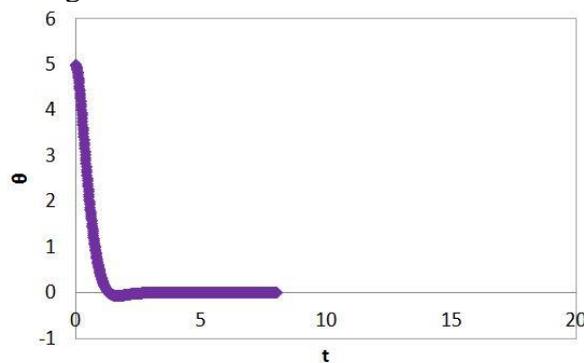
Gambar 4. Grafik sudut simpangan terhadap t dengan koefisien gesekan 0,5 kg/s

Untuk koefisien gesekan 0,5 kg/s gerak dari pendulum teredam dapat diamati pada grafik diatas bahwa pendulum akan berosilasi melakukan gerak secara periodik yang mana amplitudonya akan berkurang secara eksponensial terhadap waktu sehingga dapat diketahui bahwa pada koefisien gesekan 0,5kg/s termasuk redaman lemah.



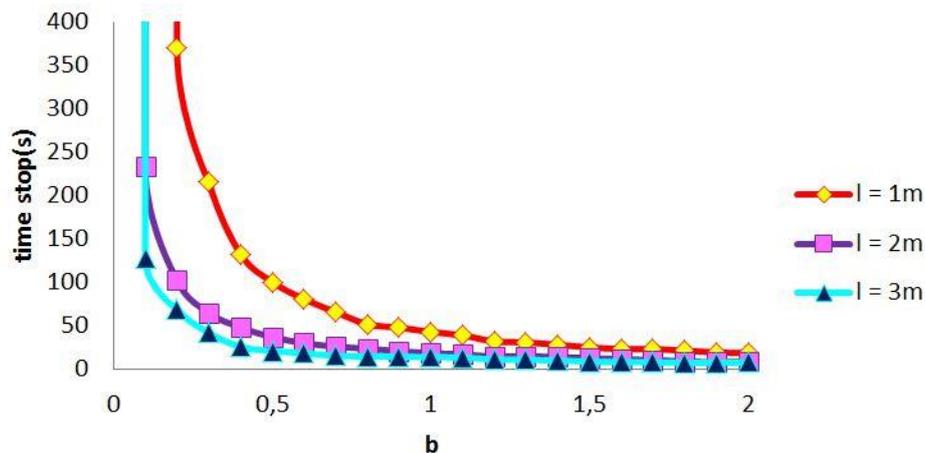
Gambar 5. Grafik sudut simpangan terhadap t dengan koefisien gesekan 2 kg/s

Nilai koefisien 2 kg/s merupakan nilai yang membuat gaya gesekan menjadi kuat sehingga dapat diamati pada grafik bahwa gerak pendulum tidak sampai berosilasi namun melakukan pergerakan yang berupaya untuk mengembalikan posisinya ke posisi setimbang. Maka pada kasus ini dapat dikatakan sebagai redaman kritis.



Gambar 6. Grafik sudut simpangan terhadap t dengan koefisien gesekan 5.1 kg/s

Nilai koefisien 5.1 kg/s merupakan nilai yang membuat gaya gesekan menjadi sangat kuat sehingga dapat diamati pada grafik bahwa gerak pendulum tidak berosilasi dan secara perlahan menuju titik setimbang, namun ketika pendulum dilepaskan pergerakannya secara perlahan untuk kembali ke posisi setimbangnya sehingga pendulum tidak berosilasi dan menghabiskan waktunya untuk bergerak dari posisi simpangan menuju setimbang, nilai koefisien gesekan $\geq 5,1$ kg/s merupakan redaman kuat.



Gambar 7. Grafik hubungan panjang tali terhadap waktu osilasi pendulum dengan redaman

Dengan melakukan 3 variasi nilai panjang tali dan 20 nilai redaman dapat diperoleh bahwa semakin panjang tali maka semakin kecil waktu yang dibutuhkan pendulum berosilasi yang diberikan gaya gesekan udara. Dengan memberikan nilai konstanta yang sangat besar akan mengakibatkan pendulum tidak berosilasi karena sesuai teori dimana apabila didalam air pendulum akan sulit bergerak karena massa jenis air yang sangat besar berbeda dengan massa jenis udara yang lebih kecil.

KESIMPULAN

Dari penelitian mengenai simulasi gerak pendulum teredam dengan menggunakan metode euler berbasis javascript dapat disimpulkan bahwa waktu untuk pendulum berosilasi berbanding terbalik dengan konstanta redaman dan panjang tali berbanding terbalik dengan waktu untuk pendulum teredam berosilasi. Pembuatan simulasi ini dapat dimanfaatkan sebagai metode pembelajaran agar mempermudah pengguna untuk menganalisis masalah fisis mengenai pendulum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini. Makalah ini didanai oleh Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung 2019.

REFERENSI

1. Hofman, D John. *Numerical Methods for Engineer & Scientist*, McGraw-Hill, Inc., New York (1992)

2. Ramtal, D and Dobre, A."Physics fot JavaScript Games, Animation, and Simulation with HTML5
3. Canvas".New York: Apress (2011)
4. Walker, J., Halliday, D., & Resnick,R. Fundamentals of physics. Hoboken , BJ, Wiley (2011)
5. Kuntoro, T Priyambodo., B Murdaka Eka Jati. Fisika Dasar untuk mahasiswa ilmu komputer dan informatika. Yogyakarta : Penerbit Andi (2009).