

ANALISIS SISTEM PENDULUM SEDERHANA TEREDAM DENGAN SIMULASI MENGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN DELPHI 7.0

Nuril Mufidah

S1 Fisika, MIPA, Universitas Negeri Surabaya, Nurilmufidah18@yahoo.com

Agus Prihanto

Universitas Negeri Surabaya, cogierb201@yahoo.com

Abstrak

Pendulum merupakan sistem mekanik yang tersusun atas sebuah massa yang terikat dengan sebuah tali yang dapat berayun secara bebas sebagai respon dari gaya gravitasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempermudah melakukan penelitian tentang sistem pendulum sederhana dengan membuat simulasinya menggunakan Delphi 7.0, mengetahui perbandingan antara gerak pendulum kondisi ideal dan kondisi tidak ideal (teredam) melalui pendekatan metode numerik, serta mengetahui pengaruh massa jenis zat cair (ρ), massa (m), sudut (θ) dan panjang tali (l) terhadap kecepatan sudut gerak pendulum. Metode penelitian ini adalah dengan membuat program simulasi Pendulum Sederhana menggunakan Delphi 7.0, kemudian menjalankan simulasinya, yaitu dengan memasukkan nilai inputan, seperti sudut, panjang tali, gravitasi, massa, redaman dan massa jenis. Setelah itu memilih media yang akan digunakan dan mulai menjalankan simulasi, kemudian mengamati keluaran grafik dan nilai hasil simulasi. Hasil dari Simulasi ini yaitu dapat dibedakannya gerak pendulum dalam kondisi ideal dan tidak ideal (teredam). Faktor yang mempengaruhi adanya redaman pada gerak pendulum adalah gaya gesek pendulum terhadap media zat cair dan gaya Archimedes. Seluruh komponen inputan dalam simulasi berpengaruh dalam kecepatan sudut yang dihasilkan, namun yang paling berpengaruh diantara semuanya adalah inputan sudut. Kecepatan sudut yang dihasilkan menentukan waktu yang dibutuhkan pendulum untuk berhenti.

Abstract

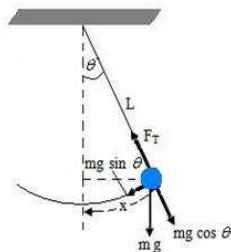
Pendulum is a mechanical system composed of a rope-tied mass that freely swings as the response of gravitational force. This research aims to simplify the research about simple pendulum system and simulate it using Delphi 7.0, to discover the comparison between ideal and damped pendulum motion through numerical method approach, and also to find out the effect of density (ρ), mass (m), angle (θ), and rope length (l) to angular velocity of pendulum motion. Method used in this research is to make simulation program of Simple Pendulum using Delphi 7.0, then run the simulation that is to input several values such as angular, rope length, gravitation, mass, damping, and density. After that, media is chosen and simulation is run, then graphic output and simulation value are observed. The result of this simulation is the distinction of ideal and damped pendulum motion. Factors influence the damping are friction force between pendulum and liquid media and Archimedes force. All of input components have effect on angular velocity, but what matters the most is the angle input. Angular velocity determines the time needed for pendulum to stop.

PENDAHULUAN

Dalam upaya untuk mengamati gejala fisika dalam kehidupan sehari-hari, berbagai kendala mungkin saja ditemui. Adanya kendala-kendala itu dapat menghambat pemahaman arti fisis dari masalah yang sedang dihadapi. Oleh karena itu, diajukan cara alternatif untuk mengamati dan menganalisis gejala fisika melalui simulasi percobaan dengan bantuan komputer. Pendulum merupakan sistem fisis yang menarik untuk dikaji. Pendulum merupakan sistem mekanik yang tersusun atas sebuah massa yang terikat dengan sebuah tali yang dapat berayun secara bebas sebagai respon dari gaya gravitasi. Dalam kasus sederhana yang ideal, gerakan pendulum mengabaikan kehadiran gaya gesek dan mengasumsikan bahwa sudut

simpangan sangat kecil. Gerakan yang dihasilkan dari pendulum dengan kondisi semacam ini berupa gerak harmonik sederhana. Dalam kondisi dimana pengaruh gesekan ikut diperhitungkan, maka gerak harmonik dari massa yang tergantung mengalami redaman atau perlambatan sehingga akan berhenti selang waktu tertentu, sehingga persamaan gerak pendulum menjadi kompleks dan sulit diselesaikan secara analitik. Oleh karena itu, solusi numerik diperlukan untuk memecahkan masalah tersebut. Metode Runge-Kutta merupakan salah satu metode numerik yang dapat digunakan untuk memecahkan persamaan pendulum dalam kondisi yang tidak ideal. Tujuan dibuatnya simulasi ini yaitu untuk mempermudah penelitian tentang sistem pendulum sederhana kondisi ideal dan

tidak ideal (teredam), untuk mengetahui perbandingan hasil antara simulasi gerak pendulum dalam kondisi ideal dan tidak ideal dengan media zat cair ditinjau melalui pendekatan metode numerik menggunakan Delphi 7.0, serta untuk mengetahui pengaruh massa jenis zat cair, massa (m), sudut (θ) dan panjang tali (l) terhadap kecepatan sudut gerak pendulum. Pendulum sederhana merupakan benda ideal yang terdiri dari seutas tali ringan dan sebuah bola kecil (bola pendulum) bermassa m yang digantungkan pada ujung tali. Apabila bola pendulum ditarik kesamping dari posisi seimbangnya dan kemudian dilepaskan, maka bola pendulum akan berayun dalam bidang vertikal karena pengaruh gravitasi, sebagaimana tampak pada gambar di bawah.

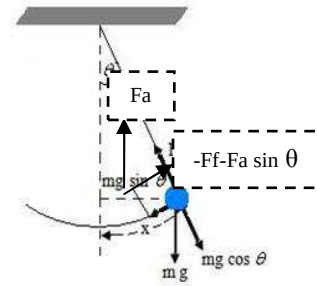


Gambar 2.1 Pendulum Sederhana

Gambar di atas memperlihatkan pendulum sederhana yang terdiri dari tali dengan panjang L dan bola pendulum bermassa m . Gaya yang bekerja pada bola pendulum adalah gaya berat ($w = mg$) dan gaya tegangan tali F_T . Gaya berat memiliki komponen $mg \cos \theta$ yang searah tali dan $mg \sin \theta$ yang tegak lurus tali. Pendulum berosilasi akibat adanya komponen gaya berat $mg \sin \theta$. Karena tidak ada gaya gesekan udara, maka pendulum melakukan osilasi sepanjang busur lingkaran dengan besar amplitudo tetap sama.

Berdasarkan persamaan *Lagrange* yang digunakan sebagai penyelesaian analitik pada sistem ini didapatkan rumus : $a = -\left(\frac{g}{l} \sin \theta\right)$

Sedangkan pada pendulum yang tidak ideal (teredam), pergerakan pendulum dalam sudut simpangan θ antara pendulum dan garis vertikal dengan waktu (t) di dalam media zat cair selain gaya pemulih, juga terdapat faktor yang mempengaruhi pendulum tersebut bergerak, salah satunya yaitu adanya *hukum Archimedes* yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.



Gambar 2.6 Pendulum tidak ideal

(kondisi pendulum teredam dalam zat cair)

Gaya *Archimedes* bergerak ke arah yang berlawanan dengan gaya berat (w), dan gaya pemulih pada pendulum ($-mg \sin \theta$) mempunyai arah yang sama dengan $F_A \sin \theta$. Sehingga persamaan gaya total yang ada pada pendulum dalam kondisi yang tidak ideal sebagai pengaruh gaya eksternal dalam medium zat cair, ditinjau dari pengaruh gaya *Archimedes* yaitu :

$$\Sigma F = mg \sin \theta - F_f - F_A \sin \theta$$

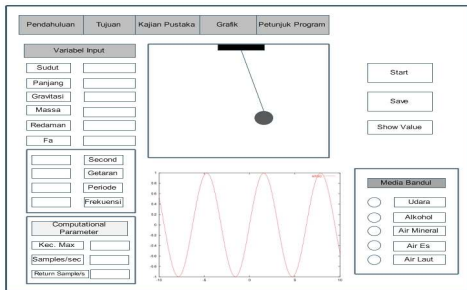
Dan setelah mengalami penurunan menjadi,

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = \frac{g}{L} \sin \theta - \frac{\beta}{m} \frac{d\theta}{dt} - \frac{F_A}{mL} \sin \theta$$

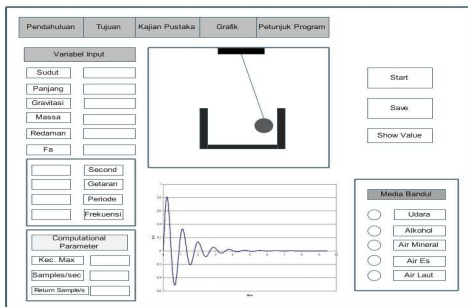
METODE

Jenis penelitian ini bersifat eksperimen yaitu dengan melakukan simulasi program dan melakukan pengamatan secara langsung pada PC (*Personal Computer*). Objek penelitian ini adalah tentang mekanika sebuah sistem bandul sederhana yang ideal serta bandul sederhana yang tidak ideal karena mengalami peredaman akibat gaya eksternal dari beberapa zat cair dengan memperhatikan semua gaya dan variabel yang terkait dengan sistem tersebut.

Langkah pertama yang harus dilakukan penelitian adalah studi literatur sebagai referensi pada penelitian ini yaitu materi tentang teori sistem bandul sederhana, sistem bandul teredam, tentang metode *Runge-kutta orde 4* dan juga pemrograman Delphi 7.0. Dengan studi Literatur ini diharapkan pemahaman tentang teori dan aplikasi didapat dengan maksimal. Kemudian membuat rancangan dari program simulasinya, seperti gambar di bawah ini :



Gambar Desain Simulasi Pendulum Sederhana Ideal

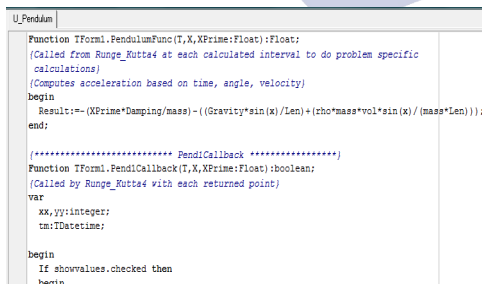


Gambar 3.3 Desain Simulasi Pendulum Sederhana Tidak Ideal (Teredam)

Dalam penelitian ini rumus utama yang digunakan adalah Rumus gerak pendulum sederhana tidak ideal karena pengaruh gaya luar, yaitu :

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{g}{L} \sin \theta - \frac{\beta}{m} \frac{d\theta}{dt} - \frac{F_A}{mL} \sin \theta$$

Rumus di atas juga dimasukkan ke dalam program sebagai rumus utama, seperti pada potongan script di bawah ini.



Gambar 3.4 Potongan Script pada Program

Berdasarkan rumus di atas lalu akan dikelola menggunakan Metode Runge Kutta Orde 4, seperti di bawah ini :

$$k_1 = f(t, \theta, \omega)$$

$$l_1 = g(t, \theta, \omega)$$

$$k_2 = f\left(t + \frac{1}{2}h, \theta + \frac{1}{2}k_1, \omega + \frac{1}{2}l_1\right)$$

$$l_2 = g\left(t + \frac{1}{2}h, \theta + \frac{1}{2}k_1, \omega + \frac{1}{2}l_1\right)$$

$$k_3 = f\left(t + \frac{1}{2}h, \theta + \frac{1}{2}k_2, \omega + \frac{1}{2}l_2\right)$$

$$\begin{aligned} l_3 &= g\left(t + \frac{1}{2}h, \theta + \frac{1}{2}k_2, \omega + \frac{1}{2}l_2\right) \\ k_4 &= f\left(t + h, \theta + k_3, \omega + l_3\right) \\ l_4 &= g\left(t + h, \theta + k_3, \omega + l_3\right) \end{aligned} \quad (2.13)$$

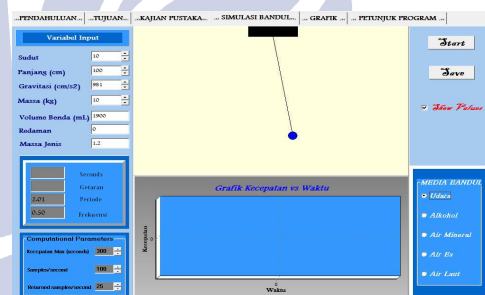
Sehingga persamaan (2.13) dapat dituliskan dalam θ dan ω menjadi :

$$\theta_{n+1} = \theta_n + \frac{1}{6}h(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)$$

$$\omega_{n+1} = \omega_n + \frac{1}{6}h(l_1 + 2l_2 + 2l_3 + l_4)$$

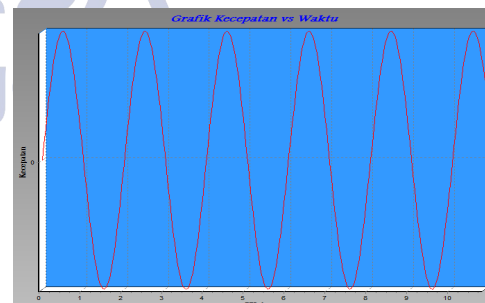
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk dari pengoperasian dan simulasi ini dibuat semenarik dan seefisien mungkin sehingga dapat dengan mudah digunakan. Dari program simulasi ini dapat dilihat bentuk simulasi gerak pendulum dalam keadaan ideal (tanpa redaman) dan tidak ideal (teredam) akibat pengaruh gaya eksternal dalam medium beberapa zat cair, serta dapat dilihat pula grafik hubungan antara kecepatan angular (ω) terhadap waktu. Bentuk simulasi dari penelitian ini adalah sebagai berikut :



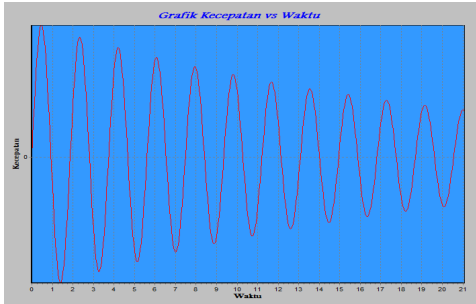
Gambar 4.4 Sheet Simulasi Bandul Pada Program

Hasil perbandingan grafik antara pendulum ideal dan pendulum tidak ideal (teredam) karena pengaruh gaya eksternal dari media zat cair dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 4.6

Grafik Pendulum Ideal



Gambar 4.7

Grafik Pendulum tidak Ideal (teredam)

Pada grafik pendulum ideal dapat dilihat bahwa gerakan yang dihasilkan yaitu berupa gerak harmonik sederhana yang terus – menerus berjalan tanpa henti. Gerakan pendulum seperti ini mengabaikan adanya gaya gesekan dengan medium.

Sedangkan pada grafik pendulum tidak ideal gerakan yang dihasilkan akan teredam pada waktu tertentu karena adanya gaya gesek pada medium zat cair serta gaya keatas (F_a).

Media yang digunakan dalam simulasi ini ada lima, yaitu udara, alkohol, air mineral, air es dan air laut. Tetapan gaya gesek pada udara nilainya diabaikan (nol), sedangkan pada media zat cair dikontrol sebesar 0,1. Pada media zat cair ada gaya keatas (F_a) yang juga mempengaruhi hasil gerak bandul, dan gaya keatas (F_a) dipengaruhi akibat massa jenis zat cair masing-masing zat. Pada media alkohol, air mineral, air es dan air laut besar massa jenisnya masing-masing adalah 800 kg/m^3 , 1000 kg/m^3 , 920 kg/m^3 dan 1030 kg/m^3 sedangkan besar gaya keatas (F_a) pada masing-masing zat cair di atas sebesar 14.91 N, 18.64 N, 17.15 N dan 19.20 N. Semakin besar massa jenis zat cair, semakin besar pula gaya keatas (F_a) yang dihasilkan zat cair itu. Dan semakin besar gaya ke atas (F_a) yang ditimbulkan oleh masing – masing zat cair, maka semakin cepat pula kecepatan gerak pendulum, yang mengakibatkan waktu yang dibutuhkan semakin banyak untuk mencapai titik 0 (berhenti).

Pada percobaan dengan memanipulasi massa bandul digunakan massa sebesar 13 kg, 14 kg dan 15 kg. Dengan perubahan massa 1 kg tidak terjadi lonjakan kecepatan yang besar. Namun jika berat ditambahkan secara terus menerus, maka kecepatannya semakin besar, walaupun perubahan kecepatannya sangat kecil. Dan dapat disimpulkan bahwa semakin besar massa pendulum, maka waktu yang dibutuhkan untuk berhenti akan semakin lama.

Pada percobaan dengan memanipulasi sudut ini digunakan 3 sudut, yaitu 15° , 17° dan 19° . Dari data yang dihasilkan dapat dilihat bahwa semakin besar sudut simpangan awalnya (θ), maka semakin besar pula kecepatan sudutnya (ω), dan dapat disimpulkan

bahwa semakin besar sudut simpangan awalnya (θ), maka waktu yang dibutuhkan untuk berhenti juga akan semakin lama.

Pada percobaan dengan memanipulasi panjang tali bandul (l) menggunakan jarak 5 cm, panjang yang digunakan adalah 105 cm, 110 cm dan 115 cm, didapatkan hasil data bahwa semakin panjang tali bandul, maka kecepatannya semakin kecil, walaupun perubahan kecepatan itu sangat kecil.

PENUTUP

Simpulan

Simpulan menyajikan ringkasan dari uraian mengenai hasil dan pembahasan, mengacu pada tujuan penelitian. Berdasarkan kedua hal tersebut dikembangkan pokok-pokok pikiran baru yang merupakan esensi dari temuan penelitian. Dihasilkan sebuah program simulasi sistem pendulum sederhana ideal dan tidak ideal (teredam) sebagai media pembelajaran untuk memudahkan pemahaman dinamika gerak pendulum. Faktor yang mempengaruhi adanya redaman pada gerak pendulum adalah gaya gesek dan gaya Archimedes. Kedua faktor tersebut berpengaruh pada besar amplitudo dan besar redaman yang terjadi pada gerak pendulum tersebut. Seluruh komponen dalam simulasi gerak pendulum seperti massa bandul (m), sudut (θ), panjang tali (l) dan massa jenis zat cair (ρ) berpengaruh dalam nilai kecepatan sudut yang dihasilkan, sehingga juga menentukan lama waktu yang dibutuhkan pendulum untuk berhenti.

Saran

Dalam pembuatan program simulasi dengan Delphi 7.0 ini tentu masih banyak kekurangan yang harus dibenahi. Beberapa saran yang dapat disampaikan berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut : Pada setiap pembuatan program hendaknya memilih bahasa pemrograman yang lebih efisien dalam hal waktu, hasil dan kemampuan programmer. Dan pada hasil simulasi gerak pendulum sederhana ini harusnya lebih banyak dilampirkan perhitungan secara analitik sebagai bahan pembandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Sjachriyanto, Wawan. 2008. *Teknik Pemrograman Delphi edisi Revisi*. Bandung: Informatika.
- Divisi Penelitian dan Pengembangan MADCOMS-Madiun. 2002. *Seri Panduan Pemrograman Borland Delphi 7 jilid 1*. Yogyakarta: Andi.

Alonso, Marcelo dan Finn, Edward J. 1992. *Dasar-Dasar Fisika Universitas “Mekanika dan Termodinamika”*. Jakarta: Erlangga.

Sears, Francis Weston dan Zemansky, M.W. *Fisika untuk Universitas 1 “Mekanika, Panas dan Bunyi”*. 1962. Jakarta: Binacipta.

Ruwanto, Bambang. 2005. *Asas – Asas Fisika 2B*. Yogyakarta: Yudhistira.

Fowles, Grant R. 1986. *Analytical Mechanics* 4th edition. New York: CBS Cillege Publishing.

Suryatiningsih, dkk. 2009. *Pemrograman Visual*. Politeknik Telkom. Bandung: Politeknik Telkom.

Zhuldyn. 2010. Pendulum Sederhana, Persamaan Posisi, Kecepatan dan Percepatan pada GHS. *Getaran Pendulum Sederhana (online)*.

<http://zhuldyn.wordpress.com/2010/11/22/pendulum-sederhanapersamaan-posisi-kecepatan-dan-percepatan-pada-ghs.html> (diakses 30 maret 2012).

http://www.unsri.ac.id/upload/arsip/runge_kutta_new.pdf (diakses 2 april '12)

<http://mahasiswa-sibuk.blogspot.com/2012/01/bandul-sederhana.html> (diakses 10 april 2012)



UNESA
Universitas Negeri Surabaya