

Pemodelan Gerak Parabola yang Terjun ke Air Menggunakan Metode Euler Berbasis *Javascript*

Ariq Dhia Irfanudin^{1,a)}, Dinda Ravi Algivari^{1,b)}, Ikhsan Mochammad Noor^{1,c)}
Sparisoma Viridi^{2,d)} Yudha Satya Perkasa^{3,e)}

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) 1157030004@student.uinsgd.ac.id

b) dinda.ravi.algivari@gmail.com

c) ikhsanmnoor@gmail.com

d) dudung@fi.itb.ac.id

e) yudha@uinsgd.ac.id

Abstrak

Telah dibuat sebuah program untuk memodelkan fenomena fisis khususnya gerak parabola yang terjun ke air sebagai bahan pembelajaran yang mudah diakses melalui browser. Besaran-besaran seperti posisi awal, kecepatan awal, massa benda dan sudut tembakan dapat diatur sendiri oleh pengguna. Untuk menghasilkan data dan ilustrasi yang mendekati kejadian sebenarnya, ditambahkan faktor gravitasi maupun hambatan udara dan air. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan metode Euler untuk mendapatkan nilai perubahan posisi setiap waktunya. Program dan perhitungan disusun dalam bahasa pemrograman javascript dan library p5.js agar dapat diakses dengan mudah melalui browser. Adapun hasil akhir pemodelan ini adalah nilai posisi dan waktu yang ditunjukkan dalam bentuk animasi. Animasi pertama menunjukkan gerak parabola yang hanya bergerak pada medium udara sedangkan animasi kedua ditambahkan medium air. Jika diamati, lintasan yang dihasilkan, pada animasi pertama terlihat lebih lebar ketimbang animasi kedua.

Kata-kata kunci: Pemodelan, Javascript, Gerak parabola, Metode Euler

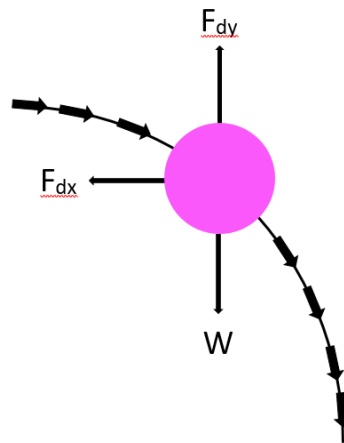
PENDAHULUAN

Gerak parabola adalah salah satu kasus klasik yang banyak dimanfaatkan prinsipnya dalam kehidupan sehari-hari, para pembelajar mengamati gerak benda ketika mulai melesat sampai jatuh kembali menuju tanah. Benda yang bergerak melalui medium udara sudah dapat diprediksi kapan dan dimana benda itu akan mencapai titik tertinggi maupun ketika menyentuh tanah. Namun apa yang akan terjadi ketika benda tersebut tidak hanya melintasi medium udara namun turut melintasi medium air yang memiliki massa jenis berbeda. Hal ini menjadi kasus yang cukup menarik untuk dipelajari dengan harapan dapat menambah nilai manfaat untuk banyak pihak.

Untuk mendapatkan nilai yang mendekati kejadian sebenarnya, digunakan metode perhitungan Euler karena relatif lebih mudah untuk digunakan maupun dipahami. Pemodelan dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *javascript*. *JavaScript* adalah bahasa pemrograman yang lazim digunakan pada *browser* seperti *mozilla Firefox*, *Google Chrome* dan *Opera*. Untuk memudahkan dan mengefisienkan *code*, digunakan library *p5.js* dalam pembuatan gambar, animasi dan interaksi. “ Idenya adalah untuk menulis sebaris *code* yang dapat menampilkan sebuah lingkaran pada layar [3].”.

METODOLOGI

Model



Gambar 1. Diagram Gaya

Dalam bahasan kinematika yang mengabaikan penyebab benda bergerak, gerak parabola dihitung berdasarkan hukum ke-2 Newton

$$a = \frac{\Sigma F}{m} \tag{1}$$

Dimana (a) adalah percepatan, (ΣF) adalah total gaya dan (m) adalah massa benda. Metode perhitungan dilakukan dengan menggunakan integrasi Euler. Metode integrasi Euler digunakan sebagai alternatif dalam memperhitungkan gerak parabola dalam kondisi yang tidak ideal, dalam kasus ini benda mengalami gesekan dengan medium yang dilewatinya [2]. Dari persamaan (1) akan didapat nilai percepatan yang akan disubstitusikan ke persamaan kecepatan kemudian nilai kecepatan disubstitusikan ke persamaan posisi (GLB dan GLBB).

Total gaya dihitung berdasarkan gaya-gaya yang bekerja pada benda arah x dan y. Untuk total gaya arah x digambarkan dalam persamaan

$$F_{dx} = -\frac{1}{2} \rho v^2 C_d A \cos\theta \tag{2}$$

Sedangkan total gaya pada arah y adalah

$$F_{dy} = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d A \sin\theta \tag{3}$$

$$W = -mg \tag{4}$$

$$F_y = F_{dy} + W \tag{5}$$

Persamaan (2) dan (3) disebut dengan *drag force*, atau dalam penamaan lain sering disebut *fluid resistance*. Gaya gesek yang arahnya berlawanan dengan gerak benda terjadi karena benda bergerak melewati suatu medium baik itu medium udara maupun air [1]. Dimana (ρ) adalah massa jenis medium yang dilewati benda. (C_d) adalah koefisien gesek benda yang nilainya bergantung pada bentuk, kemiringan dan beberapa kondisi aliran [4]. Kemudian percepatan dihitung untuk setiap arahnya menggunakan persamaan

$$a_x = \frac{\Sigma F_x}{m} \tag{6}$$

$$a_y = \frac{\Sigma F_y}{m} \tag{7}$$

Nilai percepatan yang didapat kemudian disubstitusikan ke persamaan

$$v_x(t + \Delta t) = v_x(t) + a_x \Delta t \tag{8}$$

$$v_y(t + \Delta t) = v_y(t) + a_y \Delta t \tag{9}$$

Didapatlah nilai kecepatan yang kemudian disubstitusikan ke persamaan

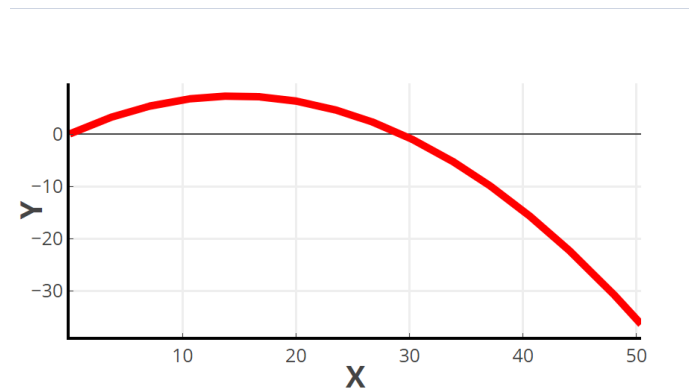
$$x(t + \Delta t) = x(t) + v_x(t) \Delta t \tag{10}$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v_y(t) \Delta t \tag{11}$$

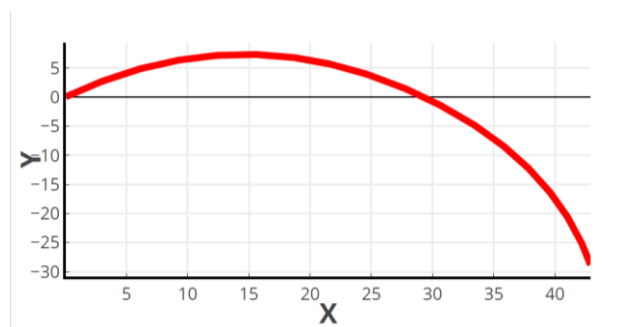
PROSEDUR PERHITUNGAN

Parameter-parameter awal yang telah ditentukan akan dimasukkan ke dalam persamaan yang ada. Untuk mencari nilai percepatan, terlebih dahulu harus dicermati gaya apa saja yang hendak dimasukkan dalam perhitungan. Dalam kasus ini penulis hanya memperhitungkan gaya berat, gravitas, gaya gesek pada medium udara dan air. Dari persamaan (6) sampai (11) disebut dengan metode Integrasi Euler. Hal ini dikarenakan nilai posisi benda didapat dari hasil integral kecepatan dan kecepatan didapat dari hasil integral percepatan. Ketika benda di udara nilai massa jenis pada persamaan (2) dan (3) bernilai 1.275 kg/m^3 sedangkan ketika benda terjun ke air (ketinggian $\leq 0 \text{ m}$) maka massa jenisnya bernilai 1.000 kg/m^3 . Persamaan fisis dihitung di dalam sebuah perulangan dengan penambahan waktu tertentu yang akan berhenti ketika $t_{\text{max}} = n$. Kemudian nilai posisi yang didapat digunakan untuk menampilkan benda pada *browser*.

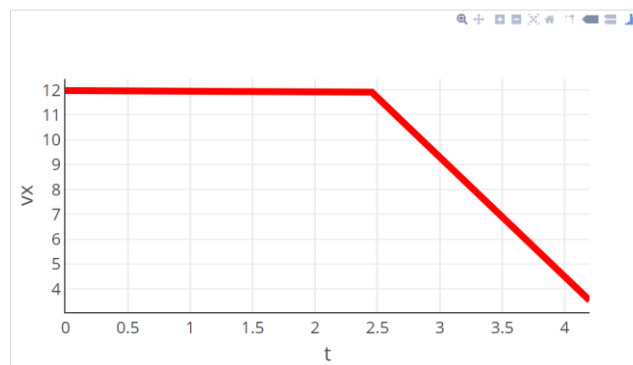
HASIL DAN ANALISIS



Gambar 5. Gerak parabola hanya medium udara



Gambar 6. Gerak Parabola medium udara dan air



Gambar 7. Perubahan kecepatan (v_x) terhadap waktu medium udara dan air

Gerak lurus beraturan (GLB) dalam arah x berubah menjadi gerak lurus berubah beraturan (GLBB), artinya kecepatan arah x tidak lagi konstan dan membuat lintasan tidak lagi berbentuk parabola [5].

Benda diluncurkan dari ketinggian 0 m di atas permukaan air dengan sudut 45° dan kecepatan 12 m/s. Garis hitam melintang pada $x = 0$ menunjukkan batas medium antara udara dan air. Pada gambar 5, benda diluncurkan tanpa menambahkan medium air sedangkan pada gambar 6 medium air ditambahkan di bawah garis hitam. Terlihat pada gambar 5 lintasan yang dibentuk cenderung lebih lebar ketimbang gambar 6. Karena air memiliki nilai massa jenis yang lebih besar ketimbang udara, hal ini menyebabkan nilai gaya gesek yang dialami benda akan lebih besar ketika berada pada medium air dan mengakibatkan gerak benda pada arah x lebih terhambat.

Perhitungan diulang terus-menerus dengan penambahan (*step size*) sebesar 0.005 yang akan berhenti pada $t_{\max} = 4.2$ detik. Walaupun kedua percobaan tersebut akan berhenti ketika $t_{\max} = 4.2$ detik, tetapi posisi benda pada gambar 5 terlihat lebih rendah. Massa jenis air yang lebih besar ketimbang udara mengakibatkan gerak benda lebih terhambat dan membuat benda pada kedua percobaan memiliki posisi yang berbeda.

Dalam kenyataannya, gerak parabola tidak hanya mengalami gaya gesek dan berat saja. Karena hanya faktor gaya gesek medium dan gaya berat saja yang diperhitungkan dalam pemodelan ini. Terdapat batasan nilai pada besaran-besaran awal seperti massa benda yang harus lebih dari 15 kg. Jika massa benda kurang dari 15 kg maka hasilnya tidak akan bagus. Hal ini dapat langsung diamati pada bentuk lintasan yang tidak terlihat seperti parabola. Batasan ini hanya berlaku ketika medium air ditambahkan dalam pemodelan. Dimana perubahan nilai massa jenis medium yang cukup drastis mengakibatkan perubahan gaya yang diterima benda cukup besar.

KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan gerak parabola yang terjun ke air berbasis *javascript*, didapat ilustrasi yang dapat menggambarkan perbedaan gerak benda yang hanya bergerak di medium udara ataupun yang terjun ke air. Massa jenis air yang lebih besar ketimbang udara membuat nilai gaya gesek ketika melewati medium air turut menjadi lebih besar dan ini menyebabkan nilai kecepatan (v_x) tidak lagi konstan. Perlambatan kecepatan (v_x) menghasilkan lintasan yang tidak lagi berbentuk parabola.

Hasil yang lebih baik akan didapatkan jika faktor-faktor fisis yang lain turut diperhitungkan dan dengan menggunakan metode perhitungan yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini.

REFERENSI

1. Daniel Shiffman. *The Nature of Code*, ITP, New York (2012)

2. Jonathan Thomas-Palmer, *A Brief Look at the Force of Drag using Numerical Modeling (or The Euler Method)*, (Tersedia di <https://www.flippingphysics.com/the-euler-method.html>, diakses pada 7 April 2018)
3. Luran McCarthy, Casey Reas & Ben Fry, *Getting Started with p5.js*. San Francisco, United State of America (2016)
4. National Aeronautics and Space Administration (NASA), *Shape effects on Drag*, (Tersedia di <https://www.grc.nasa.gov/www/K-12/airplane/shaped.html>, diakses pada 7 April 2018)
5. Purwadi dan Ishafit, *Pemodelan Gerak Parabola yang Dipengaruhi Seretan serta Spin Efek Magnus Bola dengan program Modellus dan Excell, JRKPF UAD Vol.I No.I (2014)*