**Blast-off Simulation sebagai Alternatif Media Pembelajaran Siswa dalam Mempelajari Mekanika Gerak Roket Berbasis Matlab**Alpi Mahisha Nugraha<sup>1\*</sup>, dan Nurullaeli<sup>2</sup><sup>1,2</sup> Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Indraprasta PGRI\* E-mail: [alpimahisha.nugraha@unindra.ac.id](mailto:alpimahisha.nugraha@unindra.ac.id)**Info Artikel**

*Sejarah Artikel:*  
Diterima Januari 2019  
Disetujui Mei 2019  
Dipublikasikan Juni 2019

*Keywords:*  
*Blast-off Simulation, Momentum, GUI  
Matlab*

**Abstract**

Blast-off or rocket launcher is a physics phenomena about mechanical of motion specially momentum principal. Unlike other flying objects like blimps and airplanes, blast-off uses the principle of changing momentum as a driving force to able fly in the air. The definition of force is a rate of changing momentum, the definition is illustrated by first-order differential equation which can be solved analytically or numerically. Unfortunately, during class learning, the equation is only used to solve collision problems instead of being used to explain blast-off phenomena which is very interesting to learn mostly. Moreover, if the explanation in the class uses visual media such as Graphic User Interface (GUI). Blast-off simulation is designed from the solving of the first differential numerically, and then the algorithm is compiled using Matlab application with an output in the form of a GUI so students become more interested in learning momentum and learning effectiveness will be incised.

**How to Cite:** Nugraha, A.M. & Nurullaeli.(2019). *Blast-off Simulation sebagai Alternatif Media Pembelajaran Siswa dalam Mempelajari Mekanika Gerak Roket Berbasis Matlab*, *Navigation Physics,1 (1)*, 6-11.

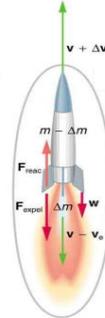
**PENDAHULUAN**

Penyampain materi pembelajaran di kelas akan lebih baik bila penyampaian tidak hanya dalam bentuk bacaan atau *textbook* saja, terutama beberapa materi yang hakikatnya memerlukan gambaran-gambaran yang bersifat fenomenologis seperti mata kuliah fisika. Fisika merupakan ilmu pengetahuan alam yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari (Erwinsyah, 2015:12). Sayangnya, penyampain materi fisika dalam bentuk *textbook* membuat mahasiswa sulit untuk memahami konsep dari materi yang telah disampaikan, meskipun materi tersebut merupakan sesuatu yang sering terjadi di kehidupan kita. Misalnya saja, materi momentum. Momentum adalah kuantitas gerak suatu benda yang menggambarkan sulit atau mudahnya benda tersebut dihentikan (Giancoli, 1997).

Peralatan di laboratoium sering kali digunakan sebagai media bantu untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas pembelajaran (Mubarokah, 2017:6-11) seperti seperti bandul atau balistik dan alat lainnya yang dapat menggambarkan fenomena momentum. Namun, hal tersebut tidak begitu efisien dan efektif jika dilaksanakan di dalam kelas dikarenakan keterbatasan peralatan itu sendiri. Fenomena momentum tidak terbatas pada fenomena tumbukan yang terjadi pada bandul atau balistik saja, tumbukan yang terjadi saat orang lalu lalang di jalan, kecelakaan kendaraan yang ugul-ugalan bahkan peluncuran roket atau yang dikenal blast-off juga merupakan fenomena dari momentum (Tipler,2004:233-244).

Semakin besarnya momentum dari suatu benda yang bergerak menggambarkan bahwa benda tersebut makin sulit untuk dihentikan. Begitu juga sebaliknya, jika semakin kecil momentum suatu benda maka benda tersebut akan lebih mudah untuk dihentikan. Simbol dari momentum adalah **p**, dengan  $\mathbf{p} = m \mathbf{v}$ , dengan m mewakili massa (*mass*) dengan satuan kg yang merupakan besaran skalar (*unbold* dalam penulisan simbol) sedangkan **v** merupakan kecepatan (*velocity*) dengan satuan m/s yang merupakan besaran vektor (*di-bold* dalam penulisan simbol).

Anggapan para ilmuwan fisika sering kali dijadikan awal mula pendekatan fisika dalam meformulasikan fenomena alam. Hal itu digunakan untuk menjadi batasan dalam luasnya kemungkinan yang akan terjadi pada alam, selama ini para fisikawan memulai dengan asumsi yang solid namun sederhana seperti hukum kekekalan energi. Karena diketahui, energi tidak bisa diciptakan dan dimusnahkan namun bisa diubah ke dalam bentuk energi lain. Ternyata anggapan ini bukanlah muncul di abad modern laiknya abad sekarang namun beberapa ratus sebelum tahun masehi oleh Thales of Miletus (Pierce, 2016).



Gambar 1. Konsep Momentum pada Sistem Roket  
 Sumber: phys.libretexts.org

Berdasarkan hukum kekekalan energi di atas, para fisikawan juga menambahkan suatu anggapan bahwa ketika terjadi tumbukan, apabila selama pada proses tumbukan tidak ada energi yang datang dari luar maka besar momentum akan bersifat kekal juga. Pemahaman tersebut diformulasikan dengan bentuk persamaan:

$$\frac{\partial \mathbf{p}}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{p}}{\partial t} = \frac{\partial (m\mathbf{v})}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

sehingga

$$\mathbf{v} \frac{dm}{dt} + m \frac{d\mathbf{v}}{dt} = 0 \quad (3)$$

atau

$$\mathbf{v} \frac{dm}{dt} = -m \frac{d\mathbf{v}}{dt} \quad (4)$$

Persamaan (4) mengartikan bahwa ketika sistem mengalami perubahan massa dalam selang waktu tertentu maka sistem akan mengalami perubahan kelajuan yang bernilai negatif. Dapat kita bayangkan sebuah kendaraan yang mengalami penambahan beban akan bergerak semakin melambat jika dibandingkan dengan kelajuan angkutan tersebut dalam keadaan masih kosong dan berlaku juga dengan sebaliknya, ketika benda bergerak mengalami pengurangan massa maka benda tersebut akan mengalami penambahan kelajuan, tentu saja dengan anggapan bahwa energi yang digunakan untuk Bergeraknya sama.

Persamaan tersebutlah yang menjadi konsep dalam peluncuran roket, dapat diperhatikan pada Gambar 1 bahwa perubahan massa karena pembuangan bahan bakar mengakibatkan roket mengalami perubahan kelajuan ke atas yang semakin besar. Setelah roket mengudara, roket akan ditinjau dengan pendekatan dinamika gerak dengan persamaan gesekan udara tidak diabaikan. Persamaan-persamaan tersebut akan diselesaikan dengan numerik dan algoritma perhitungan numerik yang ditampilkan dalam bentuk *Graphic User Interface* (GUI) yang dapat meningkatkan keefektifan dan efisiensi siswa dalam gambaran lebih mengenai prinsip momentum dalam *blast-off* dan pergerakan roket pasca *blast-off*. GUI yang dirancang dengan menggunakan bahasa *Matrix Laboratory* (Matlab) bersifat *friendly* sehingga mempermudah siswa dapat memperdalam analisis mengenai mekanika gerak roket terutama konsep momentum.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan terbagi menjadi studi pustaka, penurunan persamaan gerak secara numerik, pembuatan GUI, dan analisis sistem fisis.

### A. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memahami konsep momentum agar mempermudah perancangan GUI yang *friendly* dengan bahasa pemrograman Matlab. Melakukan studi pustaka juga membuat peneliti

dapat mengembangkan metode yang sudah ada atau metode lain dengan permasalahan mekanika gerak roket. Selain itu juga untuk mencari metode numerik yang sesuai dengan persamaan gerak pada mekanika gerak roket.

### B. Penurunan persamaan gerak

Metode penyelesaian masalah dengan memformulasikan masalah tersebut secara sistematis dengan operasi hitungan merupakan teknik dari metode numerik (Triatmodjo, 2002:1). Metode numerik merupakan metode untuk menentukan penyelesaian numeris dengan pendekatan real dari suatu model matematis. Pada umumnya di dalam metode ini dilakukan operasi hitungan yang berulang-ulang (iterasi) untuk menyelesaikan penyelesaian numerik sehingga setiap hasil akan lebih teliti dari perkiraan sebelumnya (Santoso, 2011: 20).

Pendekatan metode numerik yang sederhana dalam persamaan differensial sebagai berikut:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \quad (5)$$

dengan pendekatan tersebut persamaan (4) dapat diubah menjadi:

$$-m_i \frac{(v_{i+1} - v_i)}{(t_{i+1} - t_i)} = v_i \frac{(m_{i+1} - m_i)}{(t_{i+1} - t_i)} \quad (6)$$

menggunakan perhitungan sederhana akan diperoleh:

$$v_{i+1} = -\frac{1}{m_i} \{v_i(m_{i+1} + 2m_i)\} \quad (7)$$

persamaan (7) inilah yang akan diiterasi sehingga menghasilkan perhitungan perubahan kelajuan yang terjadi pada sistem penerbangan roket. Adapun penurunan persamaan yang digunakan setelah roket mengudara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum F &= m a \\ -kv^2 - mg &= m a \\ -kv^2 - mg &= m \frac{dv}{dt} \end{aligned} \quad (8)$$

Penurunan dimulai dengan mencari percepatan yang dialami roket, dengan menghitung pengaruh gaya gravitasi ( $-mg$ ) dan gaya gesekan udara ( $-kv^2$ ) yang bersifat repulsif sehingga bernilai negatif. Kemudian persamaan di atas diselesaikan dengan cara numerik, sebagai berikut:

$$-kv^2 - mg = m \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t}$$

atau

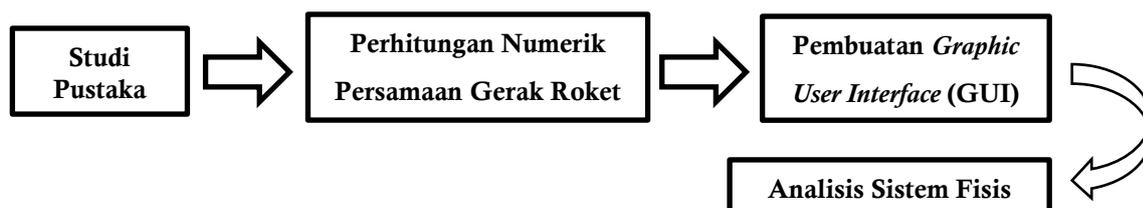
$$v_{i+1} = v_i - \frac{\Delta t}{m} (kv_i^2 + mg) \quad (9)$$

### C. Pembuatan GUI

Perhitungan analisis numerik pada persamaan momentum akan dijadikan sebagai persamaan matematis yang akan disajikan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. Agar siswa atau mahasiswa lebih mudah menggunakan perhitungan tersebut, input dan output dalam perhitungan akan ditampilkan dalam bentuk GUI. Sehingga perhitungan mengenai mekanika gerak roket dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.

### D. Analisis Sistem Fisis

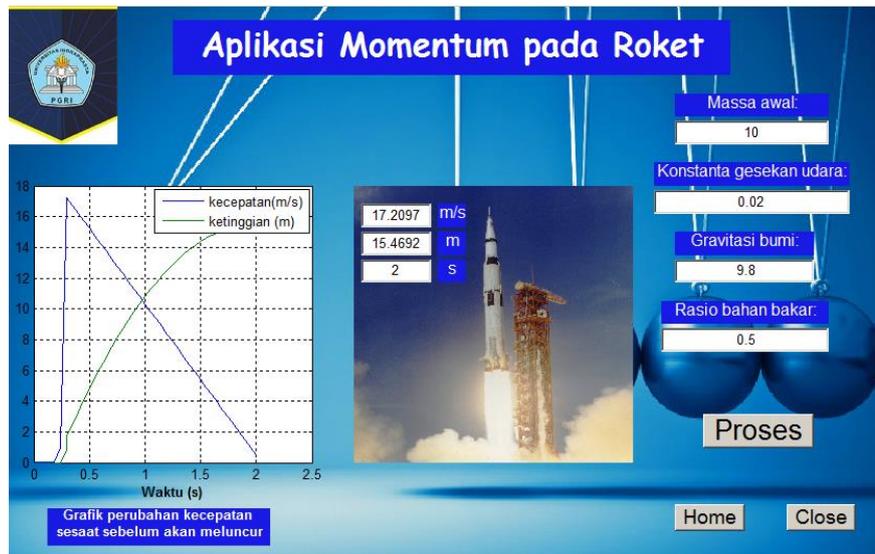
Tahap terakhir dari metode penelitian adalah menganalisis sistem fisis dari hasil perhitungan pada GUI. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan konsep dan kesesuaian hasil perhitungan dengan fenomena yang terjadi.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian  
 Sumber: Peneliti

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem kerja roket ketika akan lepas landas atau disebut dengan fenomena *blast-off* merupakan salah satu fenomena yang erat hubungannya dengan momentum. Berdasarkan persamaan (4), gaya dorong yang dialami roket dikarenakan adanya perubahan massa sebagai dampak dari pembakaran bahan bakar roket. Gaya dorong inilah yang membuat roket mempunyai kelajuan awal agar roket dapat mengudara. Semakin besar rasio perubahan massa bahan bakar terhadap massa total roket, membuat roket dapat mengudara dengan kelajuan awal lebih cepat, jarak tepuh yang semakin jauh dan waktu mengudara yang semakin lama. Semua analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai tampilan GUI aplikasi momentum pada roket.



Gambar 3. Tampilan GUI Aplikasi Momentum pada Roket

Sumber: Peneliti

Pada GUI aplikasi momentum pada roket, siswa memerlukan input berupa: 1) Massa awal roket, 2) Konstanta gesekan udara, 3) Gravitasi bumi, dan 4) Rasio bahan bakar roket. Dapat dilihat pada Gambar 3, dengan input 10, 0.02, 9.8, dan 0.5 berturut-turut untuk masing-masing input yang dibutuhkan dapat menghasilkan sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara kelajuan roket dengan waktu dan hubungan ketinggian dengan waktu.

Kelajuan roket pada awalnya masih bernilai nol dikarenakan roket dalam keadaan diam, namun setelah beberapa detik kelajuan roket tiba-tiba melesat tinggi dan berkurang secara nonlinear akibat adanya pengaruh gerak yang berlawanan dengan gravitasi dan gesekan udara. Penentuan atau perhitungan nilai kelajuan dan ketinggian pada GUI diperoleh dengan menggunakan persamaan numerik seperti persamaan (9). Pada tampilan GUI ditunjukkan besar kelajuan maksimal dan ketinggian maksimal yang dapat ditempuh oleh roket. Adapun hasil perhitungan antara kelajuan dan ketinggian yang telah dilalui roket dengan input diatas pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Output Perhitungan Gerak Roket

Waktu (s)	Kelajuan (m/s)	Ketinggian (m)
0	0	0
0.24	0.9741	0
0.3	17.2097	1.693
0.4	16.095	3.2749
0.5	14.9949	4.7472
0.6	13.9082	6.111
0.7	12.8337	7.3678
0.8	11.7705	8.5184
0.9	10.7175	9.564
1	9.6738	10.5055
1.1	8.6383	11.3436
1.8	1.5471	14.365
1.9	0.5464	14.3947

Pada 0,3 sekon setelah peluncuran roket mengalami kelonjakan kelajuan hingga mencapai kelajuan 17 m/s akibat adanya pengurangan massa. Pada selang waktu ini, perhitungan menggunakan metode numerik pada persamaan (7) dan selanjutnya roket mengudara dan mengalami pengurangan akibat melawan gravitasi dan adanya gesekan udara yang dihitung dengan menggunakan persamaan (9). Sedangkan dalam menghitung ketinggian yang telah ditempuh oleh roket digunakan metode numerik integral, yaitu trapezoid. Karena secara fisisnya ketinggian yang telah ditempuh roket adalah integral dari kelajuan yang dialami roket, penggunaan trapezoid untuk menghitung integral cukup akurat dengan penggunaan selang waktu yang sangat sedikit.

Penggunaan GUI dapat membantu siswa dalam memperkirakan gerak roket dengan input yang sesuai dengan kebutuhan siswa, siswa menjadi akan lebih tertarik karena perhitungan yang rumit ternyata dapat diselesaikan dengan sederhana menggunakan GUI dan siswa pun mendapat gambaran lebih mengenai mekanika gerak roket. Kemajuan teknologi membuat tenaga pendidik memiliki banyak pilihan media ajar untuk meningkatkan minat siswa, mengombinasikan materi dengan pemahaman fenomena merupakan salah satu cara efektif dan efisien dalam membantu siswa memahami materi fisika.

## PENUTUP

Fisika sudah menjadi pelajaran yang memiliki momok susah di kalaan banyak siswa, sehingga perlunya media alternatif yang dapat digunakan dalam skala kelas untuk meningkatkan minat siswa. Salah satu alternatif bahan ajar yang dapat menarik dan memberi gambaran lebih terhadap siswa adalah dengan menggunakan GUI. Tampilan yang menarik dan *friendly* menjadi nilai tambah tersendiri GUI dalam menyajikan materi. Kelebihan ini dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena seperti peluncuran roket atau *blast-off* untuk menarik minat siswa terhadap fisika. Penggunaan GUI menunjukkan bagaimana sistem kerja peluncuran roket akibat perubahan massa berupa pembakaran bahan bakar yang menjadi tenaga pendorong roket. Penggunaan GUI dapat menunjukkan bahwa kelajuan awal roket mengudara sangat dipengaruhi sekali oleh besar rasio antara massa bahan bakar dan massa roket itu sendiri. Selain itu para siswa pun dapat memahami pengaruh gesekan udara yang dapat mengurangi kelajuan roket saat mengudara.

Penggunaan GUI pada persoalan tumbukan akan lebih terasa maksimal jika disertakan gambaran visual berupa video mengenai mekanika roket yang sesuai dengan input yang digunakan. Tidak hanya itu, aplikasi momentum yang sering terjadi di kehidupan sehari-hari tidak terbatas pada sistem mekanika gerak roket saja. Sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai fenomena-fenomena lainnya yang erat berhubungan dengan konsep dinamika gerak.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti tujukan pada pihak Universitas Indraprasta PGRI Jakarta melalui LPPM yang sudah membantu mendanai penelitian sesuai kontrak program penelitian Nomor: 1282/SP3/KP/LPPM/UNINDRA/IX/2018.

## DAFTAR PUSTAKA

Erwinsyah. 2015. *Pengembangan Modul Fisika Materi Momentum dan Impuls Berbasis Metakognisi untuk Siswa Kelas XI SMA PGRI Tanjung Pandan Belitung*. Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika. JRKPF UAD Vol 2(1). Halaman: 12.

Giancoli, Douglas. 1997. *Fisika 1*. Prentice Hall. Terjemahan: Erlangga-jakarta.

Mubarokah, Novi. dkk. 2017. *Upaya Meningkatkan Kemandirian Peserta Didik Merancang Percobaan pada Materi Momentum dan Impuls Melalui Pendekatan Saintifik*. Jurnal Wahana Pendidikan Fisika Vol.2 (2). Halaman: 6-11.

Pierce, David. 2016. *Thales of Miletus Sources and Interpretations*. Mathematics Department Mimar Sinan Fine Arts University Istanbul: Turkey.

Santoso, Fransiskus Gatot Iman. 2011. *Analisis Perbandingan Metode Numerik Dalam Menyelesaikan Persamaan-Persamaan Serentak*. Jurnal Widya Warta No. 01 Tahun XXXV / Januari 2011. ISSN 0854-1981.

Tipler, Paul A. 2004. *Physics for scientist and engineer 5th edition*. W.H.Freeman and Company Newyork. Halaman: 233-244.

Triatmodjo, B. 2002. *Metode Numerik Dilengkapi dengan Program Komputer*. Yogyakarta: Beta Offset.