



Media Simulasi Gerak Iron Dome Berbasis Java pada Materi Kinematika Gerak

Didik Nur Huda*, Siti Ayu Kumala, Nurhadi, Ahmad Jahrudin
Universitas Indraprasta PGRI
* E-mail: didiks.physics@gmail.com

Abstract

Learning kinematics in physics presents challenges for students as it requires a deep understanding of motion concepts and their mathematical interpretation. This research developed a Java-based simulation tool to simulate the movement of the Iron Dome defense system for teaching motion kinematics, specifically projectile motion. The media was designed to provide dynamic visualizations of missile parabolic trajectories and rocket motion, relevant to the Iron Dome missile system. The Java simulation showed some limitations, such as minor discrepancies between manual calculations and simulation results in certain parts. However, discussions with educational media experts suggested that the tool could be used with some improvements.

Keywords: learning media, java, kinematic, parabollic motion, iron drone

Abstrak

Pembelajaran kinematika gerak dalam fisika merupakan tantangan bagi siswa karena membutuhkan pemahaman yang mendalam terhadap konsep gerak dan interpretasi matematisnya. Penelitian ini mengembangkan media simulasi berbasis Java untuk mensimulasikan gerakan sistem pertahanan Iron Dome sebagai alat bantu dalam pembelajaran kinematika gerak khususnya gerak parabola. Media ini dirancang untuk memberikan visualisasi dinamis mengenai gerak parabola rudal dan gerak roket, yang relevan dengan sistem peluru kendali Iron Dome. Hasil simulasi dengan Java ini memiliki kekurangan antara lain hasil perhitungan manual dengan simulasi sedikit berbeda di beberapa bagian. Akan tetapi diskusi dengan ahli media pembelajaran bahwa media ini dapat digunakan dengan beberapa penyempurnaan.

Kata kunci: media pembelajaran, Java, kinematika, gerak parabola, iron dome

PENDAHULUAN

Salah satu kasus yang menarik perhatian dunia adalah invasi Israel ke Palestina yang terjadi di tahun 2023 yang lalu. Terdapat teknologi canggih yang digunakan yaitu kubah besi atau yang lebih terkenal dengan sebutan *Iron Dome*. Israel sudah jauh memperkenalkan teknologi tersebut pada tahun 2011 (Ayu Kumala et al., 2024).

Iron Dome merupakan teknologi sistem pertahanan yang digunakan dalam perang antar negara. Konsep Iron Dome adalah mencegah roket musuh yang masuk ke wilayah pertahanan dengan meluncurkan misil ke arah oket musuh sehingga roket hancur pada jarak tertentu sebelum sampai ke target roket (Fahmi, 2011). Berdasarkan pernyataan kementerian pertahanan Israel dalam *press release*, Iron Dome hampir 90% sukses mencegah roket musuh masuk ke wilayah pertahanannya (Bermant & Landau, 2014). Prinsip kerja Iron Dome adalah ketika roket musuh diluncurkan menuju wilayah pertahanan, sistem radar akan mendeteksi jarak, waktu, dan jalur yang akan dilalui roket tersebut. Setelah itu, sistem pengendali akan memperkirakan titik jatuh roket dan meluncurkan misil untuk meledakkan roket musuh sebelum mencapai wilayah pertahanan (Mada & Santosa, 2023).



Gambar 1. Prinsip Kerja Iron Dome (BBC News Indonesia, 2023)

Iron Dome adalah sistem untuk menghancurkan roket dan peluru artileri dengan jangkauan hingga 70 kilometer, yang dikembangkan oleh Rafael Advanced Defense Systems bekerja sama dengan Elta Systems dan mPrest (Shapir, 2013). Gerakan roket musuh bergantung pada gaya-gaya yang relatif sederhana, seperti gravitasi dan hambatan udara, membuat lintasannya relatif mudah dihitung dan diprediksi menggunakan prinsip-prinsip fisika sederhana (Gross, 2021).

Konsep sederhana yang terlihat dalam sistem Iron Dome adalah gerak parabola atau gerak proyektil. Gerak proyektil adalah gerak suatu benda yang diberi kecepatan awal, kemudian menempuh lintasan yang arahnya dipengaruhi oleh percepatan gravitasi dan hambatan udara (Naufal et al., 2022). Tidak hanya di sistem Iron Dome, gerak parabola juga terdapat di bidang olahraga, pemadam kebakaran dan kemiliteran. Dalam bidang olahraga saat seseorang menendang bola ke gawang, maka dibutuhkan perhitungan yang akurat. Sudut dan kecepatan awal saat menendang bola akan mempengaruhi bentuk lintasan bola (Rajagukguk & Sarumaha, 2017). Tidak hanya memperkirakan kecepatan awal menendang, ada juga faktor sudut elevasi, seperti pada penggunaan simulasi PhET sebagai alternatif laboratorium fisika tradisional. Simulasi PhET memungkinkan untuk memahami konsep gerak parabola secara lebih mendalam dengan menghitung ketinggian maksimum, jarak terjauh, dan pengaruh massa, kecepatan awal, serta sudut elevasi (Tuhusula et al., 2020).

Dari pengantar sebelumnya, bahasa pemrograman dalam simulasi ini diantaranya Python dan MATLAB. Ada salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan saat ini yaitu Java. Java sebagai bahasa pemrograman, seperti orientasi objek yang kuat, keamanan bawaan, dan sintaks yang lebih sederhana dibandingkan C++. Selain itu, Java dikenal karena kemampuannya mendukung pengembangan perangkat lunak berskala besar dengan fleksibilitas tinggi (Van Hoff, 1997). Java memiliki keunggulan dalam hal aplikasi *real-time*, dapat dengan mudah disesuaikan dan dapat merespon dengan cepat terhadap peristiwa tertentu (Bertolissi & Preece, 1998). Karena Java memiliki salah satu komunitas pemrograman terbesar di dunia, sehingga dokumentasi lengkap dan dukungan komunitas memungkinkan pengembang baru mendapatkan solusi untuk berbagai masalah dengan mudah (Rakha, 2023).

Pemanfaatan laboratorium virtual berbasis simulasi (seperti PhET) yang memungkinkan siswa mempelajari konsep gerak secara interaktif (Arif, 2023). PhET *Interactive Simulations*, dikembangkan oleh University of Colorado, juga menggunakan Java (walau sebagian kini telah beralih ke HTML5). PhET menawarkan berbagai simulasi yang mencakup konsep dasar fisika, seperti kinematika, dinamika, dan termodinamika (Melani, 2018).

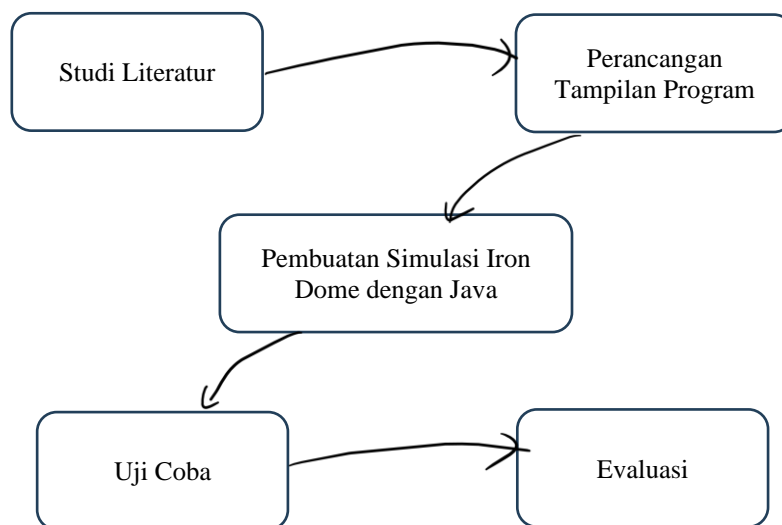
Berdasarkan simulasi PhET kebanyakan berbasis Java, sehingga dibuat simulasi berbasis Java untuk prinsip kerja Iron Dome secara sederhana. Artikel ini juga merupakan pengembangan

yang sudah dilakukan sebelumnya, dengan menggunakan MATLAB (Ayu Kumala et al., 2024). Harapannya simulasi ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran di kelas.

METODE PENELITIAN

Beberapa langkah sebelum melakukan penelitian: studi literatur, mendesain tampilan program yang akan digunakan pengguna, memasukkan *coding* berdasarkan perumusan gerak parabola dan gerak lurus, menguji keberhasilan program berbasis Java yang telah dibuat.

Studi literatur adalah kegiatan untuk mempelajari sistem kerja Iron Dome serta memahami konsep-konsep kinematika yang digunakan dalam sistem kerja Iron Dome. Setelah studi literatur cukup, dilanjutkan dengan membuat tampilan program Java agar sesuai dengan konsep yang akan digambarkan. Tampilan dibatasi untuk gerak 2 dimensi dan beberapa input. Langkah selanjutnya ialah membuat *coding* untuk rencana tampilan yang akan digunakan. Selanjutnya uji coba program yang sudah dibuat.



Gambar 2. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi literatur yang sudah dilakukan menghasilkan beberapa konsep seperti: Gerak parabola dan gerak lurus berubah beraturan (Halliday et al., 2010). Perlu diingat kembali bahwa konsep gerak parabola dan gerak lurus berubah beraturan merupakan materi pelajaran fisika SMA. Gerak parabola mengalami dua buah gerak yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB) ke arah sumbu- x dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) ke arah sumbu- y . Berikut perumusan untuk menentukan posisi dari rudal

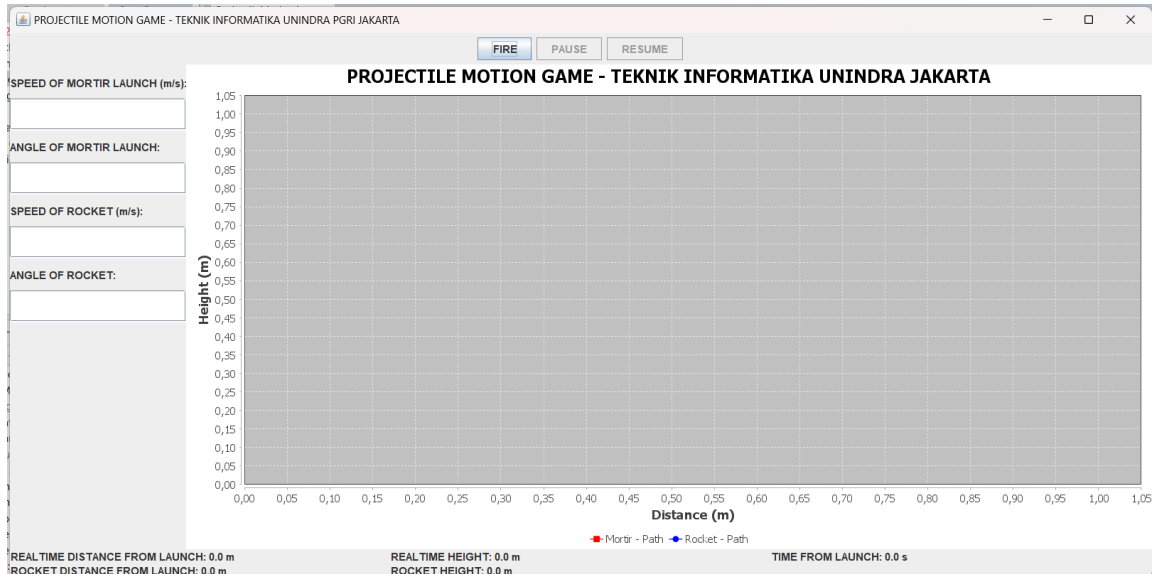
$$x_1 = v_{01} \cos \theta_1 \cdot t \quad (1)$$

$$y_1 = v_{01} \sin \theta_1 \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (2)$$

Sedangkan untuk menentukan posisi roket adalah

$$x_2 = v_{02} \cos \theta_2 \cdot t \quad (3)$$

Dari konsep yang sudah ada di atas kemudian diperkirakan variabel bebas apa yang perlu untuk ditampilkan dalam program berbasis Java. Di bawah ini merupakan tampilan programnya.



Gambar 3. Tampilan Program Simulasi Iron Dome

Tampilan program di desain memiliki empat buah masukan yaitu: kecepatan awal dari mortir (SPEED OF MORTIR LAUNCH), sudut elevasi dari rudal (ANGLE OF MORTIR), kecepatan awal roket musuh (SPEED OF ROCKET), dan sudut elevasi dari roket (ANGLE OF ROCKET).

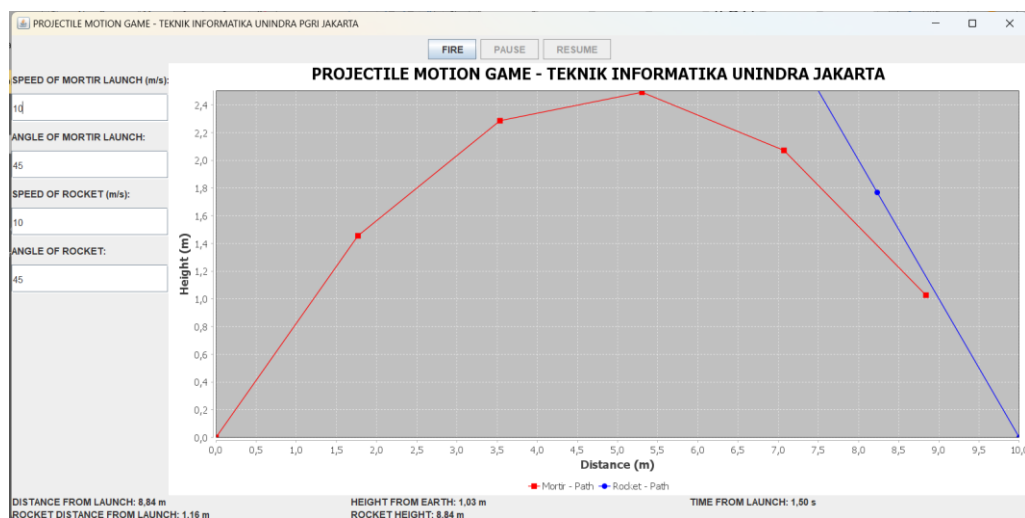
Dalam perhitungannya dibatasi jarak antara rudal dan roket diketahui sejauh jarak maksimum mortir ditembakkan berseberangan dengan jarak maksimum roket ditembakkan serta ditembakkan waktu yang sama.

Berikut tangkapan layar dari Netbeans IDE

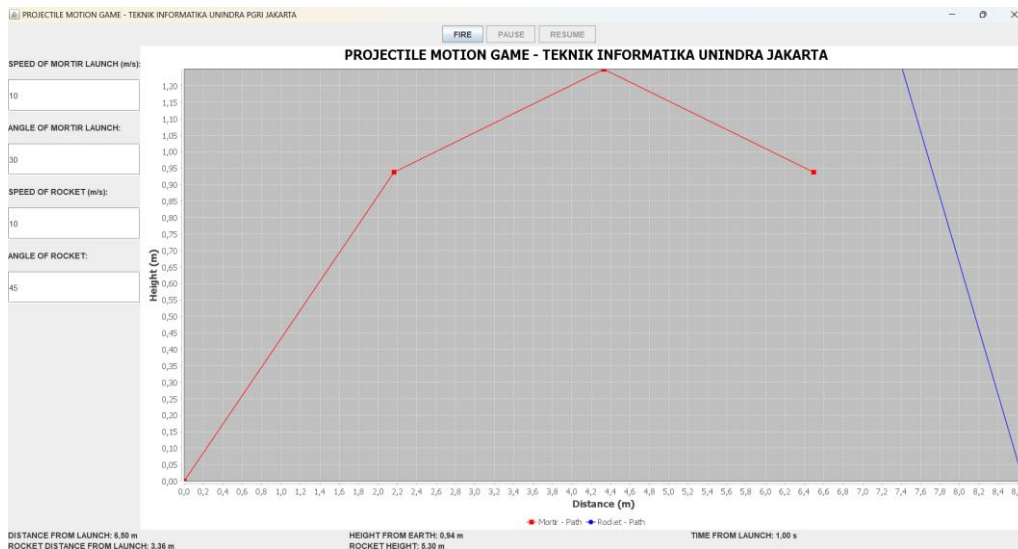
```

182 // Hitung waktu total hingga peluru menyentuh tanah
183 tMax = (2 * velocity * Math.sin(angle)) / gravity;
184
185 // Hitung jarak horizontal maksimum
186 xMax = velocity * tMax * Math.cos(angle);
187
188 // Hitung tinggi maksimum
189 yMax = (velocity * velocity * Math.sin(angle) * Math.sin(angle)) / (2 * gravity);
190
191 // Reset animasi
192 parabolaSeries.clear();
193 constantSpeedSeries.clear();
194 time = 0.0;
    
```

Gambar 4. Hasil Tangkapan Layar Coding di Java



Gambar 5. Hasil Tampilan Posisi Rudal (Mortir) dan Roket



Gambar 6. Hasil Tampilan Posisi Rudal (Mortir) dan Roket

Dalam tampilan di atas, program dapat berjalan dengan baik. Dari gambar di atas dianalisis sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Perhitungan Manual untuk Gambar 5

Besaran	Rudal (Mortir) $(v_0 = 10 \frac{m}{s}, \theta = 45^\circ)$	Rocket $(v_0 = 10 \frac{m}{s}, \theta = 45^\circ)$
Waktu sampai jatuh ke tanah	$t_1 = 1,44$ detik	$t_2 = 1,44$ detik
Jarak maksimal	$x_1 = 10,2$ meter	$x_2 = 10,2$ meter
Tinggi maksimal	$y_1 = 2,55$ meter	$y_2 = 2,55$ meter

Tabel 2. Tabel Perhitungan Manual untuk Gambar 6

Besaran	Rudal (Mortir) $(v_0 = 10 \frac{m}{s}, \theta = 30^\circ)$	Rocket $(v_0 = 10 \frac{m}{s}, \theta = 45^\circ)$
Waktu sampai jatuh ke tanah	$t_1 = 1,02$ detik	$t_2 = 1,44$ detik
Jarak maksimal	$x_1 = 8,83$ meter	$x_2 = 10,2$ meter
Tinggi maksimal	$y_1 = 1,27$ meter	$y_2 = 2,55$ meter

Dari hasil perhitungan manual ternyata untuk perhitungan waktu cukup mendekati, akan tetapi perhitungan jarak terjauh untuk masing-masing benda cukup berbeda. Gambar grafik juga belum menunjukkan titik yang tepat untuk roket, akan tetapi untuk mortir atau rudal sudah tepat. Untuk penggambaran sudut elevasi tidak terlalu kelihatan dikarenakan skala yang berbeda antara sumbu- x dan sumbu- y . Hasil ini simulasi ini didiskusikan kepada ahli media pembelajaran, media ini bisa digunakan untuk membantu pembelajaran materi kinematika di kelas, akan tetapi memerlukan revisi. Revisi yang diperlukan adalah tampilan jarak terjauh dan ketinggian maksimal perlu diperbaiki.

PENUTUP

Program simulasi gerak Iron Dome dapat dibuat dengan Java, akan tetapi belum sempurna masih terdapat kekurangan dalam program tersebut, sehingga masih memerlukan perbaikan. Jika akan digunakan untuk media pembelajaran hanya beberapa bagian yang dapat digunakan untuk menjelaskan materi gerak parabola.

DAFTAR PUSTAKA

Arif, F. (2023). *PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS VIRTUAL LAB SIMULASI Phet PADA MATERI GERAK DAN GAYA DI SMP/MTs*. UIN Ar-Raniry.

- Ayu Kumala, S., Jahrudin, A., & Nur Huda, D. (2024). Simulasi Prinsip Iron Dome Berbasis Matlab Pada Materi Kinematika Gerak. In *Navigation Physics : Journal of Physics Education* (Vol. 6).
- Bermant, A. J., & Landau, E. B. (2014). *Iron Dome Protection: Missile Defense in Israel's Security Concept*. <https://www.researchgate.net/publication/322096282>
- Bertolissi, E., & Preece, C. (1998). Java in Real-Time Applications. *Java in Real-Time Applications*, 45(4), 1965–1972.
- Fahmi, M. S. (2011). *Penggelaran Sistem Pertahanan Anti Roket Israel "Iron Dome."*
- Gross, Y. (2021, May 13). *How to Intercept a Rocket? The Physics Behind The Iron Dome*. <https://Davidson.Weizmann.Ac.II/En/Online/Askexpert/How-Intercept-Rocket-or-Physics-behind-Iron-Dome>.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fundamentals of Physics* (10th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Mada, K., & Santosa, I. (2023, November 21). *Iron Beam, Andalan Baru Israel Setelah Kegagalan Iron Dome*. <https://www.kompas.id/baca/internasional/2023/11/21/iron-beam-andalan-baru-israel-setelah-kegagalan-iron-dome>.
- Melani, N. (2018). EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN FISIKA SMA BERBASIS MEDIA. *Jurnal TEKNODIK*, 22(2), 111–120.
- Naufal, M., Wiyuna, T., Bintarum, A. D., & Burhanudin, A. F. (2022). Desain Simulasi Gerak Parabola Sebagai Pemanfaatan Pembelajaran Fisika SMA Kelas X Menggunakan Pygame. *Jalan Rawa Mangun Muka Raya*, 1(2), 155–170. <https://doi.org/10.58797/pilar>
- Rajagukguk, J., & Sarumaha, C. (2017). Pemodelan Dan Analisis Gerak Parabola Dua Dimensi Dengan Menggunakan Aplikasi GUI Matlab. *Jurnal Sainika*, 17(2), 63–68.
- Rakha, M. (2023, April 16). *10 Contoh Pemrograman Java Dasar Pemula (Mudah Dipraktikkan)*. <https://dutormasi.com/2023/04/16-contoh-pemrograman-java-dasar-pemula-mudah-dipraktikkan.html>.
- Shapir, Y. S. (2013). Lessons from the Iron Dome. In *Military and Strategic Affairs* / (Vol. 5, Issue 1).
- Tuhusula, T. S., Pattana, B., Randai, E., Wateriri, D. R., & Walukow, A. F. (2020). Eksperimen Menggunakan Virtual Lab Berbasis Phet Simulation Dalam Pembelajaran Fisika Pada Materi Gerak Parabola. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(2), 128–135.
- Van Hoff, A. (1997). The Case For Java As A Programming Language I T's Been Overhyped By The Media, No Doubt. *IEEE Internet Computing*, 1(1), 51–56. <http://computer.org/internet/>