

Review Software Simulasi untuk Pembelajaran Fisika Interaktif

A Review of Simulation Software for Interactive Physics Learning

Rodika Utama

Universitas Ahmad Dahlan

Corresponding Address: rodika@ruangguru.com

Kata Kunci

Simulasi Fisika Virtual
Evaluasi Media Pembelajaran
Pembelajaran Fisika Interaktif
Review Software Simulasi
Platform Pengajaran Fisika

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi lima software simulasi interaktif fisika, yaitu: PhET, AdaptoX (Ruangguru), The Physics Classroom, GeoGebra, dan MyPhysicsLab yang digunakan dalam pembelajaran fisika tingkat sekolah dan perguruan tinggi. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif, dengan teknik pengumpulan data melalui eksplorasi langsung terhadap fitur-fitur simulasi serta telaah dokumen dari sumber resmi. Evaluasi dilakukan berdasarkan lima dimensi utama: kesesuaian materi dengan kurikulum, kualitas visualisasi dan interaktivitas, kemudahan penggunaan, pendekatan pedagogis, serta kelebihan dan keterbatasan masing-masing software. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PhET dan GeoGebra unggul dalam visualisasi dan interaktivitas, AdaptoX kuat dalam integrasi kurikulum nasional dan adaptivitas, The Physics Classroom efektif dalam mendukung pemahaman berbasis teks dengan simulasi sederhana, dan MyPhysicsLab menonjol dalam pendekatan numerik dan visualisasi grafik gerak. Temuan ini menegaskan bahwa tiap software memiliki kekhasan pedagogis yang dapat disesuaikan dengan karakteristik siswa, tujuan pembelajaran, dan dukungan teknologi yang tersedia. Pemanfaatan simulasi yang tepat dapat memperkuat pemahaman konseptual dan mendorong pembelajaran berbasis inkuiri yang lebih bermakna.

Keywords

Virtual Physics Simulation
Evaluation of Learning Media
Interactive Physics Learning
Simulation Software Review
Physics Teaching Platform

ABSTRACT

This study aims to evaluate five interactive physics simulation software platforms: PhET, AdaptoX (Ruangguru), The Physics Classroom, GeoGebra, and MyPhysicsLab commonly used in physics education at both secondary and tertiary levels. The research employed a descriptive qualitative approach, with data collected through direct exploration of simulation features and document analysis from official sources. The evaluation was conducted based on five key dimensions: alignment with curriculum content, quality of visualization and interactivity, ease of use, pedagogical approach, and the strengths and limitations of each software. The findings indicate that PhET and GeoGebra excel in visualization and interactivity; AdaptoX is strong in curriculum integration and adaptivity; The Physics Classroom effectively supports text-based conceptual understanding with simple simulations; and MyPhysicsLab stands out for its numerical approach and graphical motion representations. These results highlight that each software offers distinct pedagogical advantages that can be tailored to students' characteristics, instructional goals, and technological contexts. Appropriate use of these simulations can enhance conceptual understanding and foster more meaningful inquiry-based learning experiences.

©2025 The Author
p-ISSN 2338-3240
e-ISSN 2580-5924

Received 06/05/2025; Revised 21/05/2025; Accepted 31/05/2025; Available Online 31/08/2025

*Corresponding Author: pendidikanfisikauntad2@gmail.com

How to cite: Utama R (2025). Review Software Simulasi untuk Pembelajaran Fisika Interaktif. *JPFT: Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, Volume 13 (2), halaman 95 – 106.

PENDAHULUAN

Fisika sebagai salah satu ilmu sains memiliki peran penting dalam menjelaskan fenomena alam dan menjadi fondasi bagi perkembangan teknologi. Namun, dalam praktiknya, pembelajaran fisika seringkali dihadapkan pada berbagai tantangan. Banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep abstrak, seperti gaya, gerak, energi, atau medan listrik karena keterbatasan visualisasi dan pengalaman langsung. Selain itu, keterbatasan fasilitas laboratorium fisika di banyak sekolah terutama di daerah membuat proses eksperimen menjadi sulit dilakukan secara optimal. Di sinilah teknologi pendidikan, khususnya *software* simulasi, memainkan peranan krusial dalam menjembatani kesenjangan tersebut.

Software simulasi dalam pembelajaran fisika merupakan aplikasi digital yang memungkinkan siswa melakukan eksperimen virtual, menjelajahi konsep, dan memanipulasi variabel secara interaktif tanpa risiko bahaya dan tanpa memerlukan peralatan fisik yang mahal. Dengan teknologi ini, siswa dapat mengamati langsung hubungan sebab-akibat dalam fenomena fisika, melakukan investigasi mandiri, dan membangun pemahaman konseptual melalui pendekatan konstruktivisme. Pembelajaran berbasis simulasi juga mampu meningkatkan motivasi belajar karena sifatnya yang visual, interaktif, dan berbasis eksplorasi.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulasi dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan hasil belajar siswa, keterlibatan kognitif, serta kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah. Misalnya, menurut Wieman & Perkins (2005), simulasi interaktif dapat menggantikan eksperimen fisika nyata dalam beberapa konteks, tanpa mengurangi efektivitas pembelajaran. Bahkan, dalam konteks pembelajaran daring pascapandemi COVID-19, *software* simulasi menjadi solusi penting untuk menjaga keberlangsungan praktik sains tanpa kehadiran fisik di laboratorium.

Meskipun pemanfaatan simulasi interaktif dalam pembelajaran fisika telah banyak diteliti, sebagian besar studi sebelumnya hanya berfokus pada efektivitas satu jenis *software* secara terpisah, tanpa melakukan analisis komparatif antarplatform. Selain itu, kajian yang secara sistematis mengevaluasi *software* simulasi berdasarkan indikator pedagogis seperti kesesuaian dengan kurikulum, kualitas interaktivitas, dan pendekatan inkuiri masih relatif terbatas, terutama dalam konteks pendidikan di Indonesia. Hal ini menyebabkan kurangnya acuan praktis bagi pendidik dalam memilih dan mengintegrasikan *software* simulasi yang sesuai dengan karakteristik peserta didik dan tujuan pembelajaran. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kekosongan tersebut melalui analisis kritis terhadap lima *software* simulasi fisika yang paling banyak digunakan, guna memberikan rekomendasi pemanfaatan yang lebih efektif dan kontekstual dalam pembelajaran fisika.

Saat ini, tersedia banyak *software* simulasi fisika yang dikembangkan oleh berbagai institusi dan perusahaan teknologi pendidikan. Namun, tidak semua *software* memiliki kualitas, fitur, dan pendekatan pedagogis yang sama. Oleh karena itu, diperlukan telaah kritis terhadap beberapa *software* yang paling dikenal dan banyak digunakan, baik di lingkungan pendidikan formal maupun nonformal.

Penulis mereview lima *software* simulasi pembelajaran fisika yang representatif dan mudah diakses, yaitu:

1. PhET Interactive Simulations, dikembangkan oleh University of Colorado Boulder.
2. AdaptoX, bagian dari platform edukasi Ruangguru.
3. The Physics Classroom, berbasis web dan berfokus pada konsep dasar fisika sekolah menengah.
4. GeoGebra, meskipun awalnya dikembangkan untuk matematika, namun memiliki banyak simulasi fisika berbasis model interaktif.
5. MyPhysicsLab, simulasi berbasis HTML5 dengan pendekatan pemodelan gerak berbasis persamaan diferensial.

Review dilakukan berdasarkan beberapa dimensi utama, yaitu analisis fitur, pendekatan pedagogis, kemudahan penggunaan, kesesuaian dengan kurikulum, serta kekuatan dan keterbatasan masing-masing software, sebagaimana digunakan pula dalam kajian serupa oleh Rutten et al. (2012), Chiu et al. (2015), dan Lestari & Fatimah (2019). Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan gambaran komprehensif lintas platform yang belum banyak dilakukan secara sistematis dalam konteks pendidikan fisika di Indonesia. Penelitian ini memiliki kebaruan (novelty) karena membandingkan secara langsung lima platform populer berbasis simulasi interaktif dengan pendekatan evaluatif pedagogis, yang dapat dijadikan panduan praktis oleh guru, dosen, maupun pengembang kurikulum dalam memilih dan mengintegrasikan software simulasi ke dalam proses pembelajaran fisika yang efektif dan menyenangkan.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi pustaka dan eksplorasi digital. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi dan mendeskripsikan fitur, kelebihan, kekurangan, serta potensi pemanfaatan lima *software* simulasi fisika dalam konteks pembelajaran. Penilaian dilakukan berdasarkan eksplorasi langsung serta analisis terhadap literatur dan dokumentasi resmi dari masing-masing *platform*.

Kriteria Pemilihan *Software*

Kelima *software* yang direview dalam penelitian ini dipilih secara selektif berdasarkan sejumlah kriteria akademis dan praktis guna memastikan relevansi dan kebermanfaatannya dalam konteks pembelajaran fisika. Kriteria tersebut mencakup:

1. Reputasi dan popularitas: *Software* memiliki tingkat penggunaan yang tinggi di kalangan pendidik dan siswa, baik secara nasional maupun internasional, serta telah digunakan secara luas dalam kegiatan pembelajaran fisika.
2. Aksesibilitas: Berbasis web atau dapat diunduh dengan mudah, sehingga memungkinkan penggunaan yang luas tanpa hambatan teknis maupun biaya.
3. Kelengkapan dan kualitas fitur interaktif: Menyediakan simulasi yang mencakup konsep-konsep fisika inti, dilengkapi dengan fitur visual dan kontrol variabel yang mendukung eksplorasi mandiri siswa.
4. Kesesuaian dengan kurikulum pendidikan: Materi yang disimulasikan mencerminkan topik-topik yang diajarkan dalam kurikulum sekolah menengah maupun pendidikan tinggi dasar, sehingga dapat langsung diterapkan dalam kegiatan pembelajaran.
5. Dukungan pembelajaran: Tersedia dokumentasi, panduan, lembar kerja, atau fitur pendukung lainnya seperti soal latihan atau umpan balik otomatis, yang memperkaya pengalaman belajar siswa dan memudahkan guru dalam merancang pembelajaran berbasis simulasi.

Dengan memenuhi kelima kriteria ini, *software* yang dipilih diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan daya tarik pembelajaran fisika.

Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang relevan dan mendalam mengenai karakteristik masing-masing *software* simulasi, penulis menggunakan beberapa teknik pengumpulan data yang saling melengkapi. Data dikumpulkan melalui:

1. Eksplorasi langsung terhadap antarmuka dan konten dari masing-masing *software*.

2. Studi pustaka dari jurnal-jurnal ilmiah, artikel, dan laman resmi pengembang software.
3. Penggunaan dokumentasi pengguna (user manual) atau tutorial sebagai referensi fungsionalitas.

Teknik Analisis

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dengan pendekatan evaluatif yang bersifat kualitatif dan deskriptif. Pendekatan ini digunakan untuk mengkaji secara mendalam karakteristik dan efektivitas masing-masing *software* berdasarkan observasi dan literatur yang tersedia. Analisis difokuskan pada lima dimensi utama yang telah ditetapkan sebagai indikator penilaian, yaitu:

1. Kesesuaian materi dengan konsep dalam pembelajaran fisika.
2. Kualitas visual dan interaktif dalam simulasi.
3. Kemudahan penggunaan (*user interface* dan navigasi).
4. Aspek pedagogis, seperti kemampuan mendukung inkuiri, eksperimen, atau pembelajaran mandiri.
5. Kelebihan dan keterbatasan dibandingkan software sejenis.

Setiap *software* dianalisis dan dibahas secara individual untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai potensi dan keterbatasannya dalam mendukung pembelajaran fisika yang efektif dan bermakna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PhET Interactive Simulations

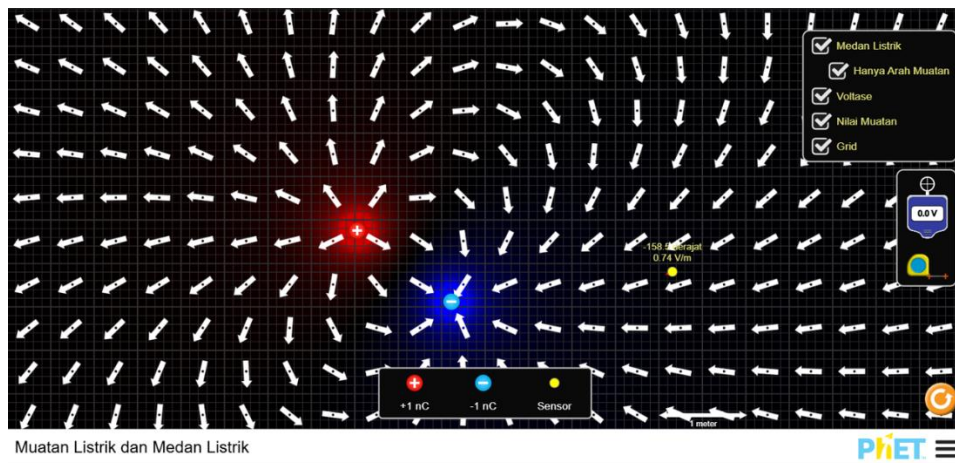
PhET dikembangkan oleh University of Colorado Boulder sebagai platform simulasi berbasis eksperimen virtual yang interaktif dan menyenangkan. PhET sangat populer karena visualisasinya yang kuat dan interaktif. Platform ini memungkinkan siswa mengeksplorasi berbagai fenomena fisika secara langsung, seperti listrik statis, gelombang, dan hukum Newton (Wieman & Perkins, 2005; Supianto et al., 2022).

PhET mendukung pembelajaran berbasis inkuiri dan eksploratif, sebagaimana ditegaskan oleh Rutten et al. (2012) dan Zacharia & Olympiou (2011), yang menemukan bahwa siswa lebih aktif secara kognitif saat belajar melalui eksperimen virtual. Namun, PhET memiliki keterbatasan: tidak tersedianya sistem evaluasi otomatis dan beberapa versi lama memerlukan plugin tambahan. Meski begitu, efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konseptual telah terbukti dalam berbagai studi (Chiu et al., 2015; Hake, 1998).

Saat digunakan, PhET memberikan pengalaman belajar yang sangat interaktif. Siswa dapat memanipulasi variabel secara langsung dan mengamati dampaknya dalam bentuk visual yang menarik. PhET mendukung pembelajaran berbasis inkuiri dan sangat efektif digunakan sebagai pengganti atau pelengkap praktikum fisika. PhET mudah digunakan dan tersedia dalam banyak bahasa termasuk Bahasa Indonesia. Kelebihan utama dari PhET adalah grafis yang menarik dan kemudahan akses. Namun, beberapa simulasi memerlukan plugin tambahan (misalnya Java untuk versi lama), meski kini sudah banyak tersedia versi HTML5. Keterbatasan dari PhET terutama terletak pada tidak tersedianya sistem evaluasi otomatis dan ketergantungan pada koneksi internet untuk versi HTML5.

Berdasarkan pengalaman penulis saat menggunakan simulasi “Muatan Listrik dan Medan Listrik” di PhET, aplikasi ini sangat efektif dalam membantu siswa memahami konsep medan listrik yang abstrak. Dalam simulasi tersebut, siswa dapat langsung menempatkan muatan positif dan negatif pada layar, kemudian secara visual mengamati arah garis medan listrik yang terbentuk. Garis-garis medan listrik divisualisasikan dengan panah putih yang

berubah arah secara *real-time* sesuai dengan posisi dan besar muatan, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tampilan Simulasi Muatan Listrik dan Medan Listrik pada PhET

Tersedia pula fitur sensor medan listrik yang memungkinkan pengguna untuk mengukur besar dan arah medan listrik di titik tertentu, yang ditampilkan dalam satuan vektor (*magnitude* dan arah dalam derajat). Fitur ini sangat bermanfaat untuk membangun pemahaman kuantitatif siswa terhadap hubungan antara posisi, besar muatan, dan kuat medan listrik. Menu pengaturan di sisi kanan memungkinkan pengguna untuk mengaktifkan atau menonaktifkan elemen-elemen penting seperti nilai muatan, arah medan, tampilan grid, dan tampilan voltase, yang semuanya dapat disesuaikan sesuai kebutuhan pembelajaran. Kemudahan manipulasi inilah yang membuat PhET sangat ideal digunakan baik dalam pembelajaran langsung di kelas maupun dalam tugas mandiri siswa di rumah. Secara keseluruhan, simulasi ini memperkuat pemahaman konsep gaya coulomb, interaksi antar muatan, dan prinsip superposisi medan listrik. Keterlibatan aktif siswa saat memanipulasi variabel secara visual dan interaktif menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan menyenangkan.

Setelah menggunakan software ini, berikut ini adalah hasil review yang dapat diberikan oleh penulis:

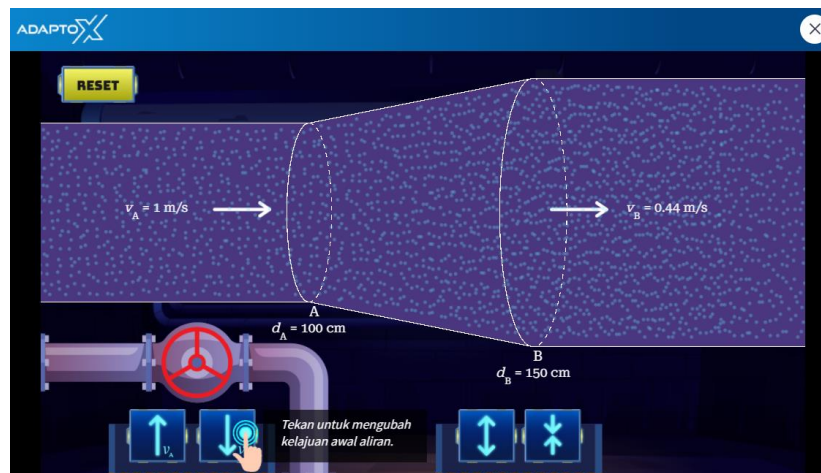
1. Kesesuaian materi: Sangat relevan dengan kurikulum nasional dan internasional. Banyak topik yang sesuai dengan materi SMA dan perguruan tinggi dasar.
2. Visualisasi & Interaktivitas: Sangat unggul. Animasi interaktif yang realistis dan intuitif membantu siswa memahami konsep abstrak.
3. Kemudahan penggunaan: Antarmuka sederhana, tersedia dalam bahasa Indonesia, tidak membutuhkan instalasi.
4. Aspek pedagogis: Mendukung pendekatan inkuiri dan eksploratif. Tersedia lembar kerja dan panduan guru.
5. Kelebihan: Gratis (*open access*), mendukung banyak bahasa, cocok untuk pembelajaran daring dan luring.
6. Kekurangan: Tidak ada sistem evaluasi langsung atau soal otomatis.

AdaptoX Ruangguru

AdaptoX adalah bagian dari platform pembelajaran Ruangguru yang menyediakan simulasi berbasis kurikulum nasional Indonesia. Salah satu kekuatannya adalah kemampuan adaptif terhadap kemampuan siswa serta sistem pelaporan otomatis (Wahyudi & Afifah, 2023). Kelebihan utama AdaptoX adalah kemampuannya menyesuaikan tingkat kesulitan simulasi dengan kemampuan siswa serta adanya fitur pelaporan hasil belajar. Simulasi yang ditawarkan

relatif sederhana namun efektif, didukung tampilan visual menarik dan navigasi yang ramah pengguna. Namun demikian, akses terhadap platform ini terbatas karena memerlukan akun berbayar dan tidak semua sekolah memiliki akses penuh terhadap seluruh konten.

Salah satu simulasi yang ditawarkan adalah simulasi “Hukum Kontinuitas Fluida”, yang memungkinkan siswa untuk memahami prinsip konservasi massa dalam aliran fluida melalui manipulasi langsung terhadap variabel kecepatan (v) dan diameter pipa (d). Saat digunakan, simulasi AdaptoX menyajikan antarmuka visual berupa aliran fluida dalam pipa yang mengalami perubahan diameter. Pengguna dapat memanipulasi besar kecepatan awal fluida dan ukuran diameter pipa di dua titik berbeda (A dan B), kemudian secara otomatis akan terlihat perubahan visual pada arah dan kepadatan aliran, serta nilai kecepatan di titik yang lain seperti yang ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Simulasi Hukum Kontinuitas pada AdaptoX Ruangguru

Visualisasi ini memperlihatkan dengan nyata bagaimana perubahan luas penampang memengaruhi kecepatan aliran, sejalan dengan hukum kontinuitas. Salah satu kekuatan utama simulasi ini adalah interaktivitas real-time, di mana perubahan nilai langsung direpresentasikan melalui ilustrasi fluida (berupa kepadatan partikel dan panjang panah kecepatan). Hal ini sangat membantu siswa untuk menghubungkan teori fisika dengan fenomena yang divisualisasikan. Ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme yang mendasari pembelajaran inkuiri (Srisawasdi, 2012). Menu interaktif juga memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan variabel secara bebas dan mengamati efeknya. Tersedia tombol untuk menaikkan/menurunkan kecepatan awal dan memperbesar atau memperkecil diameter pipa. Simulasi ini ideal digunakan baik dalam konteks pembelajaran langsung di kelas maupun sebagai tugas eksploratif mandiri di rumah.

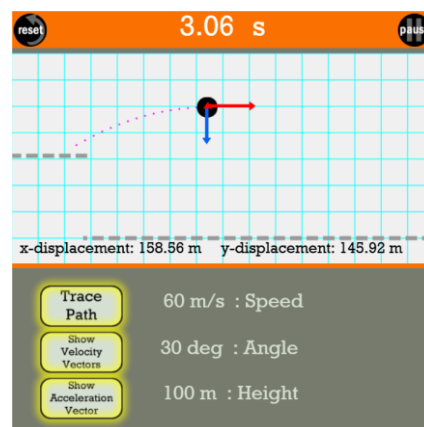
Setelah menggunakan simulasi AdaptoX, berikut ini adalah hasil review yang dapat diberikan oleh penulis:

1. Kesesuaian materi: Sangat relevan dengan kurikulum fisika SMA dan mendukung pembelajaran konsep konservasi massa dalam dinamika fluida.
2. Visualisasi & Interaktivitas: Sangat baik. Setiap perubahan variabel menghasilkan perubahan visual langsung (panah, kepadatan partikel), yang memperjelas hubungan antar variabel.
3. Kemudahan penggunaan: Antarmuka sederhana, intuitif, tidak memerlukan instalasi tambahan, dan cocok untuk siswa maupun guru.
4. Aspek pedagogis: Mendukung pembelajaran berbasis inkuiri dan eksplorasi. Dapat digunakan untuk eksperimen virtual maupun diskusi kelompok.
5. Kelebihan: Bahasa pengantar Indonesia dan instruksinya mudah dipahami.

6. Kekurangan: Keterbatasan akses karena memerlukan akun berbayar. Namun, potensi platform ini tetap besar untuk mendukung pendidikan sains daring (Lestari & Fatimah, 2019).

The Physics Classroom

The Physics Classroom adalah situs pembelajaran berbasis teks dan simulasi sederhana yang diperuntukkan bagi siswa sekolah menengah. Platform ini memberikan penjelasan konseptual yang kuat dan menyeluruh sebelum memberikan akses ke simulasi interaktif yang sesuai. Kelebihan dari The Physics Classroom terletak pada pendekatan pedagogisnya yang berorientasi pada pemahaman konsep melalui teks, kemudian diperkuat dengan simulasi yang relevan. Platform ini juga menyediakan latihan soal dan panduan belajar mandiri. Kelemahannya adalah tampilannya yang cenderung statis dan kurang menarik secara visual, serta seluruh kontennya hanya tersedia dalam Bahasa Inggris. Meski tidak semenarik tampilan grafis PhET atau AdaptoX, Physics Classroom lebih menekankan pada visualisasi konsep inti daripada elemen dekoratif.



Gambar 3. Tampilan Simulasi Gerak Parabola pada Physics Classroom

Salah satu simulasi yang penulis gunakan adalah gerak parabola (*projectile motion*) seperti yang diperlihatkan pada gambar 3. Dalam simulasi ini, pengguna dapat mengatur parameter awal seperti kecepatan (*velocity*), sudut peluncuran (*angle*), dan ketinggian (*height*). Simulasi akan menampilkan lintasan proyektil, serta vektor kecepatan dan percepatan secara *realtime*. Pengguna dapat mengaktifkan fitur seperti *trace path* untuk melihat jejak lintasan, menampilkan vektor kecepatan dan percepatan, serta mengamati bagaimana posisi objek berubah terhadap waktu. Simulasi ini sangat cocok digunakan untuk memahami dinamika gerak dua dimensi, serta membedakan antara komponen gerak horizontal dan vertikal. Simulasi ini sangat mendukung pemahaman gerak dua dimensi (Setiawan et al., 2024).

Setelah menggunakan simulasi gerak parabola dari Physics Classroom, berikut ini adalah hasil review yang dapat diberikan oleh penulis:

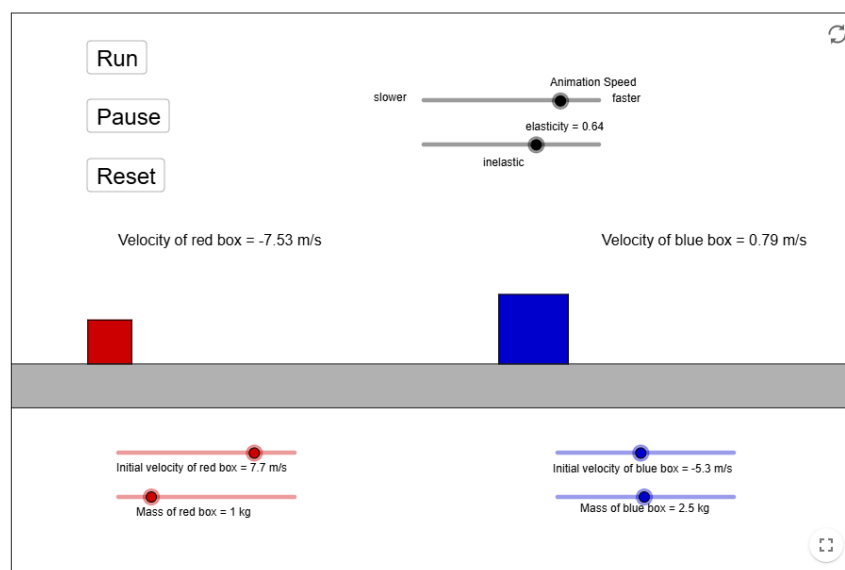
1. Kesesuaian materi: Sangat sesuai dengan materi gerak parabola pada kurikulum fisika SMA. Simulasi ini mendukung pemahaman konsep kecepatan awal, sudut elevasi, perpindahan horizontal dan vertikal, serta waktu tempuh.
2. Visualisasi & Interaktivitas: Meskipun tampilannya kurang menarik dibanding PhET atau GeoGebra, pendekatan berbasis teks ini memperkuat pemahaman teoritis sebelum eksplorasi visual (Salimi et al., 2017). Platform ini cocok untuk digunakan oleh siswa yang membutuhkan penjelasan konsep secara bertahap.

3. Kemudahan penggunaan: Tampilan antarmuka sederhana dan mudah digunakan. Simulasi berbasis web ini tidak memerlukan instalasi tambahan dan dapat diakses dengan mudah oleh siswa dan guru.
4. Aspek pedagogis: Sangat mendukung pembelajaran eksploratif dan berbasis inkuiri. Cocok digunakan untuk eksperimen virtual di kelas maupun untuk tugas mandiri di rumah. Simulasi ini juga dapat membantu siswa dalam memahami analisis vektor dan konsep gerak dua dimensi.
5. Kelebihan: Gratis diakses tanpa akun, tersedia fitur vektor kecepatan dan percepatan, serta hasil numerik yang langsung ditampilkan seperti waktu, perpindahan x dan y .
6. Kekurangan: Tidak tersedia tampilan grafik posisi terhadap waktu atau kecepatan terhadap waktu, sehingga untuk analisis kuantitatif lebih lanjut diperlukan alat bantu tambahan. Tidak ada penjelasan konsep langsung dalam simulasi, sehingga pendampingan guru tetap diperlukan.

GeoGebra

GeoGebra adalah *software open-source* yang awalnya dikembangkan untuk pembelajaran matematika, namun telah berkembang menjadi alat bantu visualisasi fisika, terutama dalam mekanika dan gelombang. Salah satu keunggulan GeoGebra adalah fleksibilitasnya untuk digunakan sebagai media eksplorasi konsep-konsep fisika dengan pendekatan grafis dan matematis secara bersamaan.

Salah satu simulasi yang penulis gunakan adalah tumbukan dua benda mendemonstrasikan hukum kekekalan momentum dengan sangat jelas (Syawaludin et al., 2020). Kita dapat mengatur massa dan kecepatan awal kedua benda serta koefisien restitusi. Perubahan nilai variabel divisualisasikan secara langsung melalui animasi pergerakan dan nilai kecepatan aktual sesudah tumbukan.



Gambar 4. Tampilan Simulasi Tumbukan Dua Benda pada Physics Classroom

Setelah menggunakan simulasi tersebut, berikut ini adalah hasil review yang dapat diberikan oleh penulis:

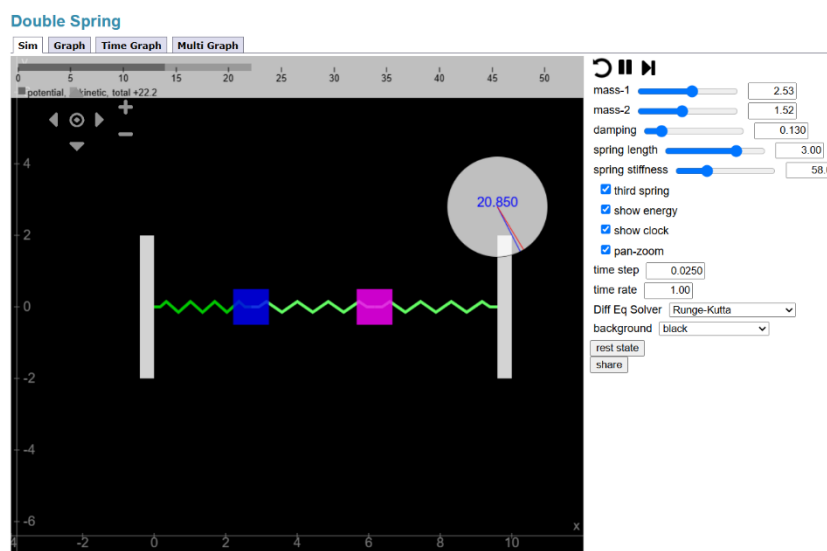
1. Kesesuaian materi: Sangat relevan dengan materi hukum kekekalan momentum dan energi pada tumbukan. Simulasi ini mendukung pemahaman konsep tumbukan lenting sebagian, lenting sempurna, dan tidak lenting.

2. Visualisasi & Interaktivitas: Sangat baik. Fleksibilitasnya dalam mengatur parameter dan grafik secara *realtime*, yang menjadikan siswa lebih terlibat dalam eksplorasi (de Jong et al., 2013). Namun, beberapa siswa pemula mungkin mengalami kesulitan karena antarmukanya yang lebih teknis dibanding PhET (Karunia & Hartati, 2022).
3. Kemudahan penggunaan: Tampilan bersih dan minimalis dengan kontrol intuitif. Simulasi dapat dijalankan langsung di browser tanpa memerlukan instalasi. Tersedia fitur pengatur kecepatan animasi untuk mengamati proses secara lebih detail.
4. Aspek pedagogis: Sangat mendukung pendekatan pembelajaran berbasis inkuiri dan eksperimen virtual. Cocok digunakan untuk kegiatan diskusi kelas, percobaan mandiri, maupun pengayaan di rumah. Konsep momentum, perubahan kecepatan, dan pengaruh massa divisualisasikan secara *realtime*.
5. Kelebihan: Gratis, berbasis web, dan tidak memerlukan login. Dapat diakses dari berbagai perangkat. Parameter seperti massa, kecepatan, dan elastisitas mudah diatur sesuai kebutuhan pembelajaran.
6. Kekurangan: Belum tersedia grafik perbandingan momentum atau energi kinetik sebelum dan sesudah tumbukan. Tidak ada fitur penyimpanan data hasil percobaan, sehingga siswa perlu mencatat manual jika ingin menganalisis lebih lanjut.

MyPhysicsLab

MyPhysicsLab merupakan simulasi berbasis pemodelan numerik yang menyediakan visualisasi interaktif dari sistem gerak dan hukum-hukum fisika klasik. Simulasi ini memungkinkan pengguna untuk melihat langsung hubungan antara variabel fisika dan persamaan diferensial yang mendasarinya. Software ini sangat cocok untuk siswa tingkat lanjut atau mahasiswa karena pendekatannya yang matematis dan eksplisit dalam menampilkan rumus dan model. Keunggulan utamanya adalah akurasi matematis dan kesederhanaan antarmuka. Namun, tampilannya kurang menarik bagi siswa pemula.

Salah satu simulasi yang penulis gunakan adalah *double spring system* seperti yang diperlihatkan oleh gambar 5. Simulasi seperti “Double Spring System” memungkinkan visualisasi sistem osilasi kompleks (Sari et al., 2020). Simulasi ini menampilkan dua buah massa yang dihubungkan oleh dua pegas (dan dapat ditambah satu pegas ketiga secara opsional) yang disimulasikan dalam ruang dua dimensi.



Gambar 5. Tampilan Simulasi Sistem Dua Pegas pada MyPhysicsLab

Di bagian kanan layar, terdapat panel kontrol dengan berbagai parameter yang dapat disesuaikan. Pengguna dapat mengubah massa dari dua benda yang memengaruhi laju dan amplitudo osilasi. Selain itu pengguna dapat mengatur tingkat redaman yang memperlambat gerakan, menentukan panjang alami pegas, dan menentukan kekakuan pegas yang akan memengaruhi frekuensi osilasi. Bahkan pengguna juga dapat menambahkan pegas ketiga jika ingin, menampilkan energi (kinetik, potensial, dan total) secara grafis, menampilkan jam simulasi, mengaktifkan fitur pan-zoom, mengatur langkah waktu (*time step*), dan kecepatan waktu (*time rate*) untuk mengendalikan akurasi dan kecepatan simulasi.

Di bagian atas terdapat empat tab utama: *Sim* sebagai tampilan utama interaksi visual. *Graph* yang menampilkan grafik hubungan antar variabel. *Time Graph* untuk menyajikan grafik posisi, kecepatan, dan energi terhadap waktu. *Multi Graph* yang menggabungkan beberapa grafik untuk perbandingan simultan.

Setelah menggunakan simulasi *Double Spring* dari MyPhysicsLab, berikut ini adalah hasil review yang dapat diberikan oleh penulis:

1. Kesesuaian materi: Sangat relevan dengan materi osilasi harmonik, hukum Hooke, dan sistem pegas majemuk dalam fisika SMA maupun perkuliahan dasar. Simulasi ini memungkinkan visualisasi dinamika dua massa yang saling terhubung melalui pegas.
2. Visualisasi & Interaktivitas: Baik. Pengguna dapat mengatur nilai massa, panjang dan kekakuan pegas, redaman (*damping*), dan melihat efeknya langsung melalui animasi gerak benda. Tersedia pula tampilan energi (potensial, kinetik, total) serta opsi untuk menambahkan pegas ketiga (Mardapi et al., 2021). Grafik dan perubahan parameter divisualisasikan secara *realtime*. Namun, tampilannya cukup sederhana dan tidak seinteraktif PhET atau GeoGebra, serta beberapa istilah teknis memerlukan pendampingan guru (Cheung & Slavin, 2013).
3. Kemudahan penggunaan: Antarmuka cukup padat namun informatif. Semua kontrol berada di sisi kanan dan mudah diakses. Simulasi dapat langsung dijalankan di browser tanpa instalasi. Cocok digunakan untuk eksplorasi mandiri maupun demonstrasi di kelas.
4. Aspek pedagogis: Mendukung pembelajaran berbasis eksplorasi dan inkuiri ilmiah. Sangat cocok untuk memperkenalkan konsep sistem dinamis dan metode numerik (misalnya *Runge-Kutta*) dalam fisika komputasi. Pengaturan waktu dan *time step* memberi fleksibilitas untuk analisis lebih dalam.
5. Kelebihan: Gratis, berbasis web, dan mencakup banyak jenis simulasi fisika. Dapat diakses dari berbagai perangkat, menyediakan banyak parameter yang dapat disesuaikan, serta mendukung berbagai metode penyelesaian numerik.
6. Kekurangan: Antarmuka dan tampilan visual kurang menarik bagi pelajar awal; kurang visualisasi grafis modern atau interaktif seperti PhET atau GeoGebra. Beberapa label/istilah menggunakan bahasa teknis sehingga perlu panduan tambahan untuk siswa.

KESIMPULAN

Penggunaan simulasi interaktif terbukti secara signifikan meningkatkan efektivitas pembelajaran fisika, terutama dalam membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak melalui visualisasi dan eksplorasi langsung. Kelima software yang dikaji, yaitu: PhET, AdaptoX, The Physics Classroom, GeoGebra, dan MyPhysicsLab memiliki keunggulan masing-masing dan dapat dipilih sesuai kebutuhan pembelajaran. PhET unggul dalam visualisasi intuitif, AdaptoX kuat dalam integrasi kurikulum nasional, The Physics Classroom cocok untuk pemahaman berbasis teks, GeoGebra fleksibel dalam eksplorasi grafik, dan MyPhysicsLab ideal untuk pengenalan metode numerik. Simulasi ini tidak hanya mendukung

pemahaman kognitif, tetapi juga mengembangkan keterampilan ilmiah siswa seperti berpikir kritis dan pemecahan masalah. Oleh karena itu, pemilihan software harus mempertimbangkan tujuan pembelajaran, karakter siswa, dan ketersediaan teknologi. Kombinasi antara tampilan visual yang menarik, fitur interaktif, dan pendekatan pedagogis yang tepat menjadikan simulasi fisika sebagai media pembelajaran yang efektif dan transformatif di era digital. Studi ini menambah kontribusi pada literatur dengan menyajikan evaluasi komprehensif antar platform populer berdasarkan pendekatan pedagogis. Ini menjadi panduan penting bagi guru, dosen, dan pengembang kurikulum dalam memilih dan mengintegrasikan software simulasi sesuai konteks pembelajaran (Yulianti et al., 2021; Supianto et al., 2022; Alessi & Trollip, 2001).

DAFTAR PUSTAKA

- Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (2001). *Multimedia for learning: Methods and development* (3rd ed.). Allyn & Bacon.
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing science achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 83(3), 210–251. <https://doi.org/10.3102/0034654313499957>
- Chiu, J. L., Linn, M. C., Clark, D., Gerard, L., & Matuk, C. (2015). Designing effective science instruction: What works in science classrooms. *Computers & Education*, 86, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.06.001>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Educational Research Review*, 10, 302–325. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.05.002>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74.
- Karunia, D., & Hartati, S. (2022). Evaluasi efektivitas media interaktif berbasis simulasi dalam pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Edukasi Sains*, 10(2), 45–52.
- Lestari, R., & Fatimah, S. (2019). Perbandingan efektivitas simulasi PhET dan GeoGebra dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Fisika dan Pembelajaran*, 3(1), 22–28.
- Mardapi, D., Herawan, I., & Kurniawan, H. (2021). Pengaruh penggunaan simulasi berbasis komputer terhadap hasil belajar kognitif siswa. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 25(1), 50–60.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Salimi, M., Esmaili, M., & Askar, P. (2017). Science learning through simulation: A meta-analysis. *International Journal of Science Education*, 39(3), 259–277.
- Sari, D. P., Nugroho, B. S., & Fauziah, L. (2020). Penggunaan simulasi MyPhysicsLab dalam pengajaran sistem pegas. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 16(2), 115–122.
- Setiawan, A., Nurhidayah, R., & Arifin, Z. (2024). Pengembangan modul interaktif berbasis simulasi fisika pada materi momentum dan impuls. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 20(1), 78–88.
- Srisawasdi, N. (2012). Student teachers' perceptions of using computer simulations in science teaching. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 1371–1375. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.044>
- Supianto, A. A., Dwi, L., & Mulyadi, H. (2022). Pembelajaran inkuiri dengan bantuan simulasi

- PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep listrik dinamis. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 18(3), 122–130.
- Syawaludin, A., Haryanto, D., & Rosana, D. (2020). Penggunaan GeoGebra untuk meningkatkan kemampuan representasi grafik dalam pembelajaran fisika. *Indonesian Journal of Science and Education*, 4(1), 89–96.
- Wahyudi, A., & Afifah, N. (2023). Pemanfaatan perangkat lunak AdaptoX dalam pembelajaran fluida untuk siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Sains*, 11(2), 34–42.
- Wieman, C. E., & Perkins, K. (2005). Transforming physics education. *Physics Today*, 58(11), 36–41. <https://doi.org/10.1063/1.2155756>
- Yulianti, D., Saputro, B. R., & Kusuma, A. D. (2021). Evaluasi perangkat lunak simulasi fisika untuk pembelajaran fisika di SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(1), 33–45.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317–331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>