

Pemanfaatan Model Sistem Dinamik dalam Pembelajaran Fisika untuk Siswa Tingkat Sekolah Menengah Atas

Muchammad Chusnan Aprianto ^{*1}, Epa Rosidah Apipah²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam DR KHEZ Muttaqien

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam DR KHEZ Muttaqien

*e-mail: mchusnanaprianto@unismu.ac.id¹, eparosidah@unismu.ac.id²

Abstract

Physics is often considered a difficult and unpopular subject by many high school or vocational school students, including those in Purwakarta Regency. Students in Purwakarta tend to perceive physics as requiring an understanding of abstract concepts and the application of complex mathematics. Therefore, an engaging teaching method is needed to help students in Purwakarta better understand physics. The dynamic systems model can be an attractive and interactive alternative for physics education. The goal of this community service activity is to introduce the dynamic systems model in physics, so it can be used as a learning medium. The community service method used includes lectures and training for high school and/or vocational school students in Purwakarta on July 16, 2022, and July 23, 2022. During this activity, several examples of dynamic systems in physics, such as Newton's Second Law and the equation of linear motion for particles, were presented. This activity was attended by 12 high school and vocational school students from Purwakarta. The results of the activity show that after the training, 21% of the participants developed a liking for physics, 9% understood the physics concepts presented, and 58% particularly enjoyed the explanation of physics using models or simulations.

Keywords: *System dynamics, physics, learning media.*

Abstrak

Fisika seringkali dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit dan kurang disukai oleh banyak siswa SMA atau SMK, termasuk siswa-siswa di Kabupaten Purwakarta. Para siswa di Kabupaten Purwakarta beranggapan bahwa fisika yang memerlukan pemahaman konsep abstrak dan penerapan matematika yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan metode pengajaran yang menarik agar para siswa di Kabupaten Purwakarta dapat memahami fisika. Model sistem dinamik dapat menjadi salah satu alternatif pembelajaran fisika yang menarik dan interaktif. Tujuan kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah untuk memperkenalkan model sistem dinamik pada fisika, sehingga dapat digunakan sebagai salah satu media pembelajaran. Metode pengabdian masyarakat yang digunakan adalah pemberian ceramah dan pelatihan pada siswa SMA dan atau SMK di Kabupaten Purwakarta pada tanggal 16 Juli 2022 dan 23 Juli 2022. Pada kegiatan ini, akan digambarkan beberapa contoh sistem dinamik pada bidang fisika seperti hukum kedua Newton dan persamaan gerak linear pada partikel. Kegiatan ini diikuti oleh 12 siswa SMA dan SMK di Kabupaten Purwakarta. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa setelah mengikuti pelatihan, 21% menyukai fisika, 9% peserta paham tentang konsep fisika yang diberikan, dan 58% sangat menyukai penjelasan fisika menggunakan model atau simulasi.

Kata kunci: *Sistem dinamik, fisika, media belajar.*

1. PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang sangat penting dalam kurikulum pendidikan di tingkat sekolah menengah atas (SMA). Sebagai cabang ilmu alam, fisika berperan dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, logis, dan analitis yang sangat diperlukan dalam menghadapi tantangan di dunia teknologi dan industri (Alberts, 2013). Namun, pembelajaran fisika di banyak sekolah, termasuk di Kabupaten Purwakarta, masih menghadapi berbagai tantangan yang menyebabkan rendahnya minat dan pemahaman siswa terhadap mata pelajaran ini. Salah satu masalah utama adalah kesulitan siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak dan penerapan matematika yang rumit dalam fisika (Shamos, 1995).

Di Kabupaten Purwakarta, banyak siswa yang menganggap fisika sebagai pelajaran yang sulit dan membingungkan, sehingga mereka cenderung kurang tertarik untuk mendalami materi tersebut. Hal ini diperburuk oleh cara pengajaran yang lebih banyak berfokus pada teori dan rumus tanpa memberikan kesempatan kepada siswa untuk memahami hubungan antara konsep-konsep fisika dalam kehidupan nyata. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sani (2018), siswa yang tidak memiliki kesempatan untuk memvisualisasikan dan merasakan langsung interaksi antara konsep-konsep fisika cenderung merasa terputus dari materi yang diajarkan. Kondisi ini mengarah pada rendahnya motivasi belajar dan hasil akademik siswa di bidang fisika.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih menarik dan interaktif. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman siswa adalah dengan memanfaatkan model sistem dinamik. Model sistem dinamik memungkinkan siswa untuk melihat perubahan dalam suatu sistem fisika secara interaktif dan mendalam melalui simulasi komputer (Schecker, 1994). Pendekatan ini memberikan visualisasi langsung mengenai bagaimana variabel-variabel fisika berinteraksi satu sama lain, seperti yang terjadi pada konsep hukum Newton atau gerak partikel (Serman, 2000). Dengan menggunakan simulasi, siswa dapat lebih mudah memahami hubungan sebab-akibat antara gaya, percepatan, dan massa dalam berbagai situasi fisika yang berbeda (Bethge & Schecker, 1991).

Tujuan dari kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah untuk memperkenalkan pemanfaatan model sistem dinamik dalam pembelajaran fisika kepada siswa SMA di Kabupaten Purwakarta, guna meningkatkan pemahaman dan minat siswa terhadap fisika. Melalui simulasi sistem dinamik, siswa diharapkan dapat lebih memahami konsep-konsep fisika yang abstrak dengan cara yang lebih mudah diakses dan menyenangkan. Selain itu, kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pengalaman langsung kepada siswa tentang bagaimana teknologi dapat digunakan untuk memperkaya proses pembelajaran dan membantu mereka dalam memahami materi dengan lebih efektif. Diharapkan, kegiatan ini dapat menjadi langkah awal dalam mengembangkan metode pembelajaran fisika yang lebih inovatif dan sesuai dengan kebutuhan siswa di Kabupaten Purwakarta.

2. PERMASALAHAN DAN SOLUSI

Mitra dalam kegiatan pengabdian ini adalah siswa SMK Muttaqien, SMA Negeri 3 Purwakarta, dan SMA Pasundan Purwakarta. Peserta yang mengikuti kegiatan terdiri dari 4 siswa SMK Muttaqien, 4 siswa SMA Negeri 3 Purwakarta, dan 4 siswa SMA Pasundan Purwakarta. Berdasarkan hasil survey, maka diperoleh permasalahan yang dihadapi oleh mitra sebagai berikut:

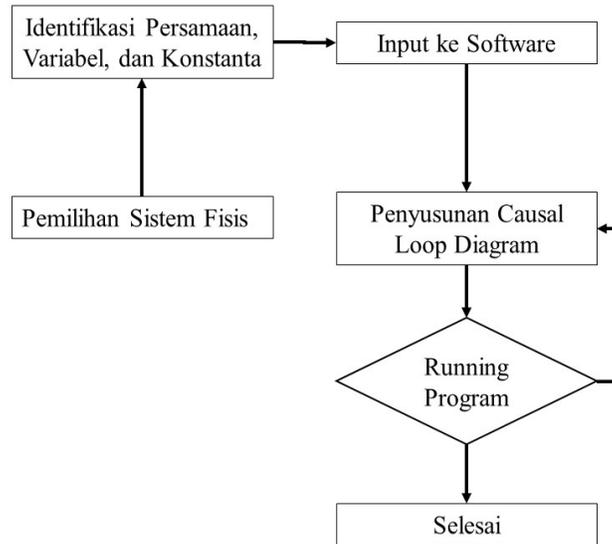
- a. Siswa kesulitan untuk memahami konsep fisika yang abstrak,
- b. Fisika identik dengan matematika, sehingga minat dan motivasi siswa kurang dalam mempelajari fisika,
- c. Siswa perlu pendekatan belajar baru yang menyenangkan, misal menggunakan teknologi informasi.

Berdasarkan permasalahan dan kondisi situasi mitra, maka solusi yang ditawarkan adalah:

- a. Penggunaan model atau simulasi agar fisika dapat dijelaskan tidak secara abstrak,
- b. Memberikan pelatihan pendekatan belajar dengan simulasi dengan harapan meningkatkan minat dan motivasi siswa belajar fisika,
- c. Penggunaan pendekatan model dan simulasi sistem dinamik dengan pemanfaatan teknologi komputer.

3. METODE

Pada kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, dilakukan melalui dua tahapan yaitu tahapan pembuatan program (penyusunan model sistem dinamik) dan tahapan pengujian program kepada siswa sekolah menengah.



Gambar 1. Diagram alur pembuatan model sistem dinamik.

3.1 Penyusunan model sistem dinamik

Penyusunan model sistem dinamik mengikuti alur pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, penyusunan model diawali dengan pemilihan sistem fisis.

Sistem dinamik adalah sebuah metode analisa masalah dimana waktu menjadi faktor penting. Sistem dinamik menggunakan Simulasi sistem dinamik menggunakan model persamaan turunan, seperti pada persamaan 1 (Ford, 1999).

$$\frac{dP}{dt} = 1 \quad (1)$$

P adalah variabel terikat dan t adalah variabel waktu. Persamaan 1 menunjukkan bentuk persamaan estimasi awal untuk model sistem dinamik. Estimasi berikutnya, kedua, ketiga, dan seterusnya menggunakan persamaan ruas kanan yang lebih kompleks, seperti pada persamaan 2.

$$\frac{dP}{dt} = ce^t \quad (2)$$

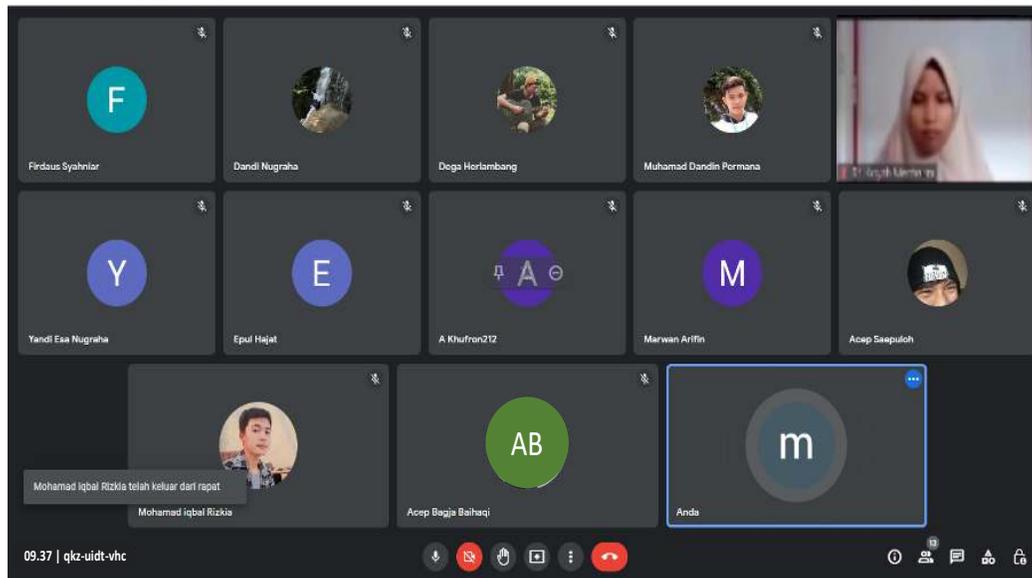
Sistem dinamik melibatkan kajian tentang bagaimana sistem dapat dipertahankan atau dapat diambil manfaatnya. Saat ini, pendekatan Sistem Dinamik digunakan untuk wilayah kajian dengan karakteristik memiliki sifat abstraksi tinggi, sedikit detail, level makro, dan level strategic. Permasalahan pada wilayah ini berkaitan dengan jumlah, umpan balik, trend (kecenderungan), dan diagram alir (Borshchev & Filippov, July 25th-29th, 2004). sistem dinamik memiliki tingkat abstraksi yang tinggi, sedikit detail, dan berada pada tingkat strategic. Untuk menggambarkan suatu sistem, sistem dinamik menggunakan diagram stok dan aliran. Sistem dinamik menggunakan variabel waktu sebagai komponen faktor. Model sistem dinamik terdiri dari empat

komponen yaitu: 1) Stok (state variable, level, atau reservoir); 2) Flow (rerata/laju, variabel kontrol, atau proses); 3) Converter (auxilliary atau variabel translasi); dan 4) Connector (atau panah informasi) (Ford, 1999; Wei, Yang, Song, Abbaspour, & Xu, 2012).

Pada paper ini, sistem fisis yang akan dipilih adalah sistem gerak partikel berdasarkan gerak lurus berubah beraturan dan perubahan momentum linear. Tahapan selanjutnya, kami melakukan identifikasi jenis dan jumlah persamaan, variabel, serta konstanta yang digunakan. Setelah itu, semua variabel, konstanta, serta persamaan dimasukkan ke dalam perangkat lunak untuk dibuatkan diagram sebab-akibat (*causal loop diagram*). Perangkat lunak yang digunakan pada penelitian ini adalah Vensim PLE, sehingga tidak melanggar aturan karya cipta dan kekayaan intelektual. Tahap berikutnya adalah menjalankan program dengan menampilkan grafik hasil iterasi pada persamaan yang dipilih.

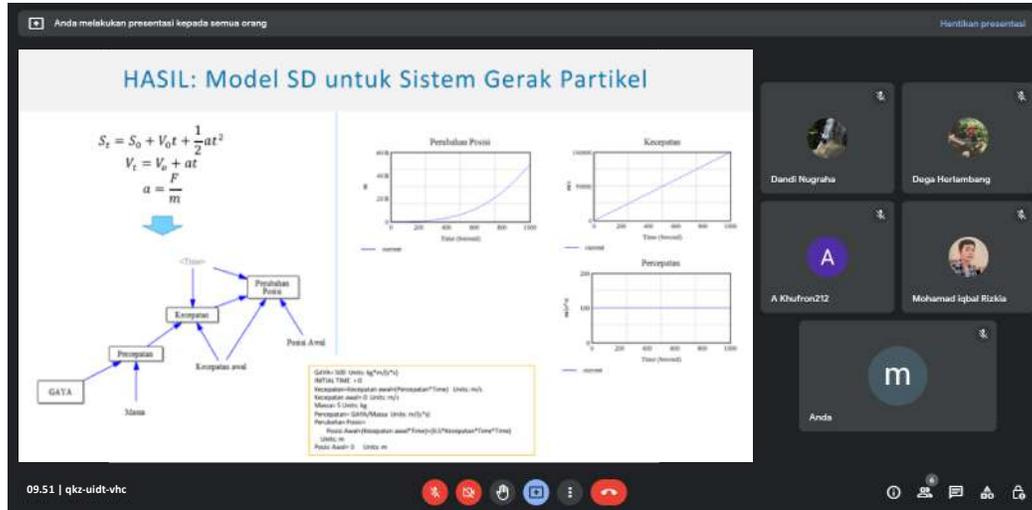
3.2 Pengujian model sistem dinamik ke siswa sekolah menengah

Model sistem dinamik yang disusun kemudian dicoba ke siswa sekolah menengah dalam bentuk seminar daring. Pada kegiatan ini, dihadiri oleh 12 siswa sekolah menengah atas dan kejuruan di Kabupaten Purwakarta, Indonesia. Setiap siswa dijelaskan tentang konsep sistem dan aplikasi sistem dinamik, kemudian mereka mencoba menggunakan sistem dinamik gerak partikel dari model yang telah disusun. Selanjutnya, siswa diminta untuk menjelaskan konsep tentang gerak berdasarkan model sistem dinamik. Survey pemahaman siswa dilakukan menggunakan kuisioner yang diberikan sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) menggunakan model. Hasil survey kemudian ditampilkan secara deskriptif.



Gambar 2. Pelaksanaan Seminar Hari Pertama.

Kegiatan dilaksanakan secara online melalui media Google Meet dengan Meeting Code: <https://meet.google.com/qkz-uidt-vhc>. Setiap peserta akan diberikan pelatihan untuk dua hari (16 Juli 2022 dan 23 Juli 2022) dengan materi hari pertama pengenalan sistem dan sistem dinamik. Sedangkan untuk hari kedua, peserta akan diberikan pelatihan cara instalasi dan menggunakan software Vensim serta membuat model sistem dinamik sederhana dengan kasus sistem momentum dan gaya.



Gambar 3. Pelaksanaan Seminar Hari Kedua.

Materi hari pertama peserta akan diberi bekal tentang definisi sistem dan sistem dinamik, pengenalan variabel – stock – konstanta – diagram loop – sistem kausal, serta contoh model sistem dinamik. Penjelasan materi dibawakan secara sederhana agar mudah dipahami oleh siswa. Pada hari kedua, peserta diwajibkan menggunakan PC atau laptop untuk dituntun dalam proses instalasi software Vensim. Selain itu, peserta akan dibimbing untuk mencoba membuat sistem dinamik sederhana dengan mengambil kasus momentum dan gaya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Model sistem dinamik untuk sistem gerak partikel

Penyusunan model pada sistem gerak partikel menggunakan dasar konsep sistem fisik. Konsep ini menghubungkan variabel dan aturan sesuai dengan aplikasinya pada sistem partikel. Untuk menyusun model ini, konsep dan definisi istilah pada mekanika Newton digunakan sebagai dasar persamaan pada model. Definisi yang digunakan adalah:

- Kecepatan yaitu laju perubahan posisi per satuan waktu, $v = \Delta x / \Delta t$
- Percepatan yaitu laju perubahan kecepatan per satuan waktu, $a = \Delta v / \Delta t$
- Gaya yaitu besar percepatan berdasarkan pada bobot massa, $F = ma$

Berdasarkan definisi di atas, maka konsep gerak yang diajarkan kepada siswa adalah “Benda bergerak dapat diibaratkan sebagai titik partikel yang bergerak, pada semua titik partikel yang bergerak akan ada gaya yang menyebabkan benda tersebut bergerak. Jika ingin memprediksi perubahan posisi titik tersebut, maka carilah besar gaya, kemudian cari variabel yang mempengaruhi gaya tersebut”. Bagi fisikawan atau bahkan mahasiswa, uraian definisi “laju perubahan” di atas terlihat ganjil dan tidak umum dipakai. Namun, konsep sistem dinamik menggunakan definisi ini dalam menggambarkan perubahan nilai variabel sistem. Konsep yang disampaikan pada siswa sering tidak sesuai dengan konsep fisika pada umumnya. Sebagian besar buku ajar fisika untuk tingkat sekolah menengah pertama dan atas menuliskan definisi kecepatan sebagai jarak per satuan waktu. Definisi ini tidak menggambarkan perubahan posisi partikel yang dipakai dalam menentukan nilai kecepatan.

Setelah menguraikan definisi dan konsep tentang gerak partikel, tahap selanjutnya mengidentifikasi persamaan gerak. Untuk kasus ini, digunakan persamaan gerak lurus berubah beraturan. Persamaan 3 dipakai untuk menjelaskan konsep posisi akhir dari titik partikel pada saat bergerak selama selang waktu t . Sedangkan persamaan 4 menggambarkan besar kecepatan

titik partikel pada waktu t . Percepatan partikel bergerak diperoleh dari gaya yang diberikan per satuan massa titik partikel.

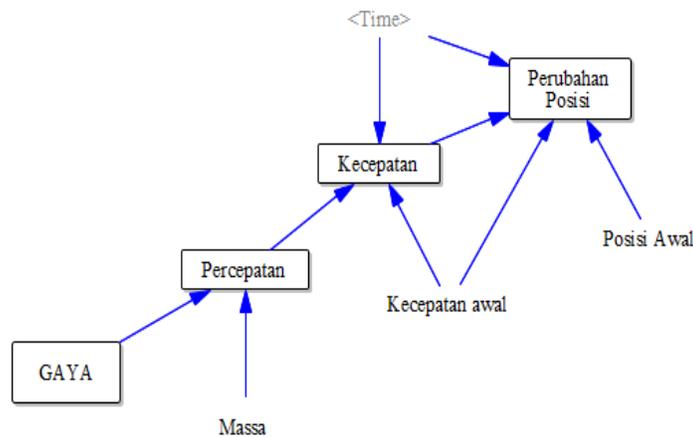
$$x_t = x_o + v_o t + 0.5at^2 \quad (3)$$

$$v_t = v_o + at \quad (4)$$

$$a = Fm^{-1} \quad (5)$$

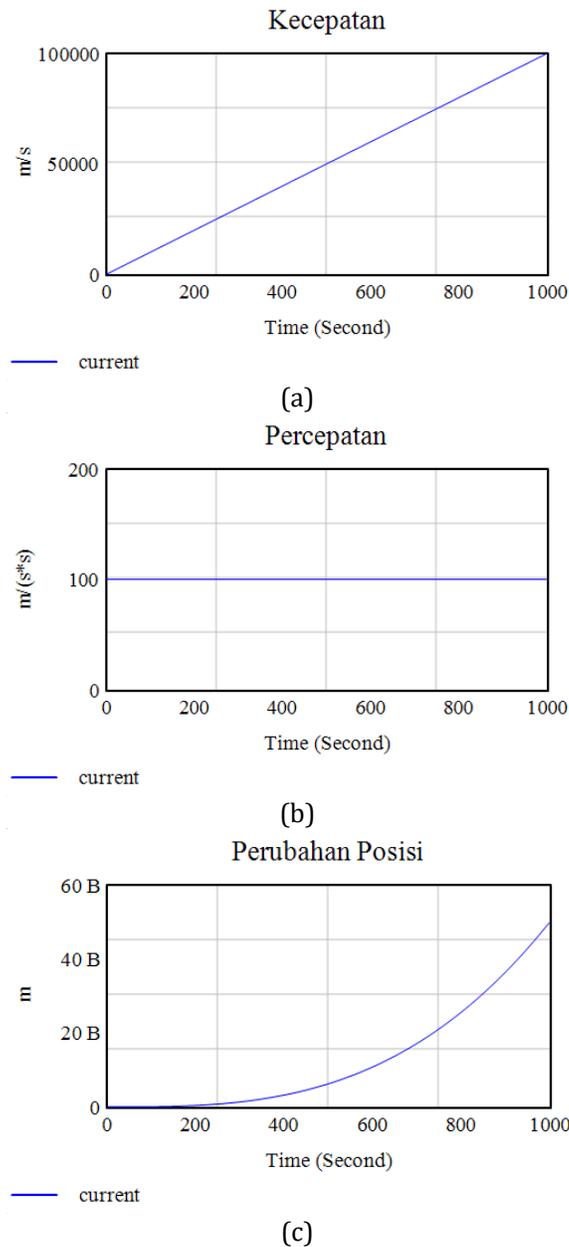
Model sistem dinamik disusun berdasarkan definisi dan persamaan gerak. Model CLD disajikan pada gambar 2. Persamaan gerak yang dituliskan pada fungsi formula pada Vensim PLE sebagai berikut:

GAYA= 500 Units: kg*m/(s*s)
 INITIAL TIME = 0
 Kecepatan=Kecepatan awal+(Percepatan*Time) Units: m/s
 Kecepatan awal= 0 Units: m/s
 Massa= 5 Units: kg
 Percepatan= GAYA/Massa Units: m/(s*s)
 Perubahan Posisi=
 Posisi Awal+(Kecepatan awal*Time) + (0.5*Kecepatan*Time*Time) Units: m
 Posisi Awal= 0 Units: m



Gambar 2. Model *causal loop diagram* pada sistem gerak partikel.

Setelah program dijalankan, maka diperoleh hasil grafik antara parameter waktu dengan kecepatan, percepatan, dan perubahan posisi. Gambar 3 menunjukkan bahwa pada perubahan posisi, maka grafik yang dihasilkan merupakan fungsi kuadrat. Simulasi ini sesuai dengan rumus yang disajikan pada persamaan 3. Berdasarkan hasil perbandingan ini, maka simulasi model sistem dinamik telah sesuai dengan kondisi sistem gerak partikel.



Gambar 3. (a) Grafik hubungan antara waktu dengan kecepatan. (b) Grafik hubungan antara waktu dengan percepatan. (c) Grafik hubungan antara waktu dengan perubahan posisi partikel.

4.2 Model sistem dinamik untuk sistem dinamika partikel

Penyusunan model pada sistem dinamika partikel berdasarkan pada parameter momentum dan gaya untuk memperoleh posisi akhir dan perubahan posisi partikel. Model ini menggunakan satu istilah dan definisi yang sedikit berbeda dengan sistem gerak partikel. Selain istilah kecepatan, percepatan, dan gaya, model ini juga menggunakan istilah dan definisi momentum. Momentum didefinisikan sebagai jumlah gaya yang bekerja pada benda selama selang waktu yang diukur, $P = \sum F \Delta t$. Berdasarkan parameter tersebut, maka konsep dinamika gerak partikel yang diajarkan kepada siswa adalah “Pada setiap titik partikel yang bergerak akan terdapat gaya yang menyebabkan titik tersebut bergerak. Jika ingin mengukur perubahan posisi titik tersebut, maka perlu mencari besar momentum yang mempengaruhi kecepatan titik

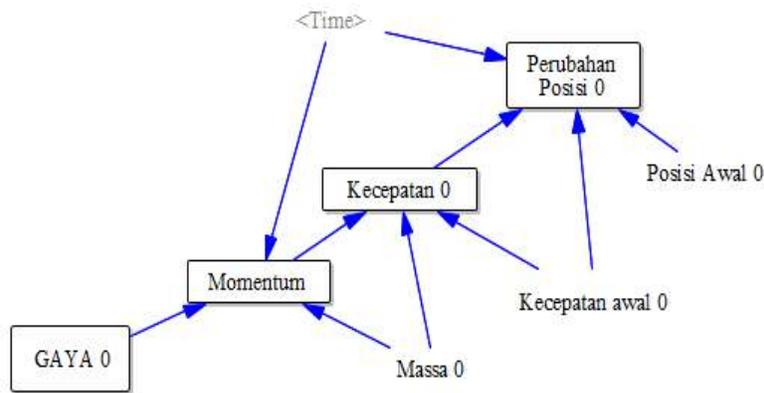
tersebut.". Konsep ini telah sesuai dengan materi yang diberikan untuk siswa di tingkat sekolah menengah.

Setelah menguraikan definisi dan konsep tentang dinamika partikel, selanjutnya mengidentifikasi persamaan gerak. Pada model ini tetap memakai persamaan 3 untuk menghitung perubahan posisi partikel. Untuk kecepatan akhir dan gaya menggunakan pendekatan parameter momentum seperti yang ditunjukkan pada persamaan 6 dan persamaan 7.

$$v_t = v_o + Pm^{-1} \tag{6}$$

$$P = Ft \tag{7}$$

Sedangkan model CLD disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Model *causal loop diagram* pada sistem dinamika partikel.

Berdasarkan persamaan yang telah dipilih, maka disusun rumus pada menu formula di Vensim PLE sebagai berikut:

$$\text{GAYA } 0 = 500 \quad \text{Units: kg} \cdot \text{m} / (\text{s} \cdot \text{s})$$

$$\text{Kecepatan } 0 = \text{Kecepatan awal } 0 + (\text{Momentum} / \text{Massa } 0) \quad \text{Units: m/s}$$

$$\text{Kecepatan awal } 0 = 0 \quad \text{Units: m/s}$$

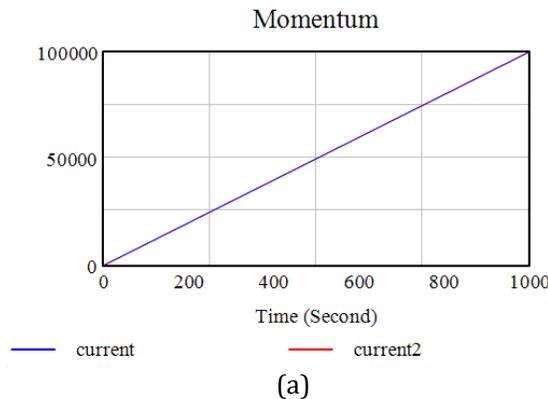
$$\text{Massa } 0 = 5 \quad \text{Units: kg}$$

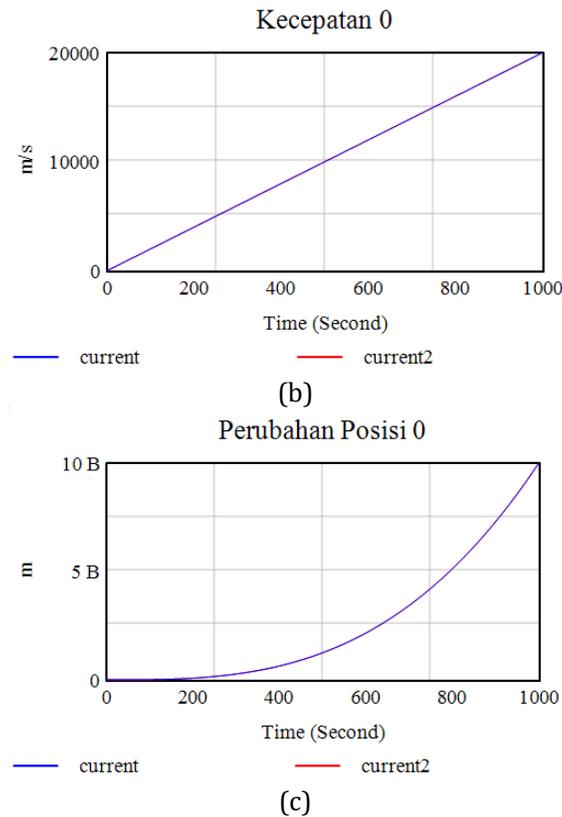
$$\text{Perubahan Posisi } 0 =$$

$$\text{Posisi Awal } 0 + (\text{Kecepatan awal } 0 \cdot \text{Time}) + (0.5 \cdot \text{Kecepatan } 0 \cdot \text{Time} \cdot \text{Time}) \quad \text{Units: m}$$

$$\text{Posisi Awal } 0 = 0$$

Simulasi program ketika dijalankan menghasilkan grafik hubungan antara parameter waktu dengan posisi, kecepatan, dan momentum. Grafik ini ditunjukkan pada gambar 5.





Gambar 5. (a) Grafik hubungan antara waktu dengan momentum. (b) Grafik hubungan antara waktu dengan kecepatan. (c) Grafik hubungan antara waktu dengan perubahan posisi partikel.

Gambar 5 menunjukkan bahwa grafik perubahan posisi memiliki fungsi kuadrat. Hasil ini sesuai dengan teori dan gambar 3. Sedangkan untuk momentum menghasilkan grafik garis lurus yang sebanding dengan grafik kecepatan pada gambar 5(b). Berdasarkan hasil ini, maka model sistem dinamik telah sesuai dengan teori pada persamaan gerak partikel dan momentumnya.

3.3 Persepsi Siswa terhadap Pembelajaran Fisika melalui Model Sistem Dinamik

Survey kepada siswa sekolah dilakukan dengan menggunakan kuisioner yang bertujuan untuk mengetahui ketertarikan siswa terhadap mata pelajaran fisika dan mengetahui manfaat model sistem dinamik dalam pembelajaran fisika. Hasil survey ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Survey Siswa terhadap Pembelajaran Fisika.

Pernyataan	Persentase (%)				
	E	D	C	B	A
Saya menyukai fisika	15	21	15	33	15
Saya paham dengan pelajaran fisika yang diberikan tanpa simulasi atau model	0	9	12	42	36
Materi tentang gerak partikel, momentum, dan gaya mudah dipahami	6	21	39	15	18
Saya dapat dengan mudah menyusun model sistem dinamik	33	39	9	9	9

Pernyataan	Persentase (%)				
	E	D	C	B	A
Model sistem dinamik meningkatkan pemahaman saya tentang materi fisika yang diberikan	55	30	12	3	0
Saya menyukai penjelasan fisika menggunakan simulasi atau model	58	30	12	0	0

Keterangan tabel 1:

A = Sangat tidak setuju; B = Tidak setuju; C = Biasa saja; D = Setuju; E = Sangat Setuju

Berdasarkan Tabel 1, 33% siswa sangat setuju tidak menyukai pelajaran fisika dan 39% siswa setuju menyukai pelajaran fisika, sedangkan siswa yang menyukai mata pelajaran fisika hanya 15%. Kondisi ini merupakan suatu hal yang wajar, karena siswa menganggap bahwa fisika adalah pelajaran yang berkaitan dengan matematika sehingga siswa berpendapat bahwa pelajaran ini sulit dan cenderung membosankan (Ozcan & Gercek, 2015). Persepsi awal siswa ini berpengaruh terhadap minat siswa dalam belajar ilmu fisika terutama bagi siswa sekolah menengah atas. Simulasi dengan model sistem dinamik merupakan salah media pembelajaran yang bertujuan untuk meningkatkan minat dan pemahaman peserta didik. Berdasarkan Tabel 1, 58% menunjukkan bahwa peserta didik menyukai penjelasan materi fisika dengan menggunakan simulasi atau model sistem dinamik. Sehingga dengan pemanfaatan media pembelajaran, maka minat siswa terhadap pembelajaran meningkat. Media dalam pembelajaran akan menjadikan pembelajaran lebih bervariasi, dapat menarik perhatian siswa sehingga menumbuhkan motivasi belajar siswa. Demikian pula dengan adanya media pembelajaran, aktivitas siswa dalam proses pembelajaran akan semakin baik, sehingga akan berdampak pada peningkatan kualitas proses dan hasil pembelajaran (Sukarjita, Yusuf, & Warasabon, 2023).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Penggunaan simulasi sistem dinamik ini mampu memberikan pengetahuan baru dan pendekatan belajar baru bagi siswa dalam memahami topik di mata pelajaran fisika,
- Setelah melakukan pembelajaran menggunakan simulasi, terdapat peningkatan minat dan motivasi belajar siswa menjadi 58%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, B. (2013). *Molecular Biology of the Cell* (6th ed.). New York: Garland Science.
- Bethge, T., & Schecker, H. (1991). *Experimentieren mit Ideen. Computer und Unterricht*, 1(4), 20-24.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). *From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons, Techniques, Tools*. The 22nd International Conference of the System Dynamics Society, July 25th-29th: Oxford.
- Ford, A. (1999). *Modeling the Environment: An Introduction to System Dynamics Models of Environmental Systems*. Washington D.C.: Island Press.
- Ozcan, O., & Gercek, C. (2015). What are the pre-service physics teachers' opinions about context based approach in physics lessons? 7th World Conference on Educational Sciences (WCES-2015), 197, 892-897.
- Sani, R. (2018). Pengaruh Pembelajaran Berbasis Model Sistem Dinamik terhadap Pemahaman Konsep Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 14(2), 123-132.
- Shamos, M. H. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Jersey: Rutgers University Press.

- Schecker, H. P. (1994). System Dynamics in High School Physics. 1994 Internasional System Dynamics Conference, Bremen.
- Sterman, J. D. (2000). Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. New York: McGraw-Hill.
- Sukarjita, W. I., Yusuf, Y. H. M., Warasabon, D. (2023). Pelatihan Media Pembelajaran IPA dan Matematika Berbasis Bahan Lokal Bagi Guru SD GMT Manumuti Kupang. Kelimutu Journal of Community Service (KJCS), 3(2), 80-91.
- Wei, S., Yang, H., Song, J., Abbaspour, K., & Xu, Z. (2012). System Dynamics Simulation Model for Assessing Socio-Economic Impacts of Different Levels of Environmental Flow Allocation in the Weihe River Basin, China. European Journal of Operational Research, 221, 248-262.