

ANALISIS KONSTANTA PEGAS DAN PERCEPATAN GRAVITASI AYUNAN SEDERHANA DENGAN *TRACKER VIDEO ANALYSIS* UNTUK MENINGKATKAN *COMPUTATIONAL THINKING*

Iryan Dwi Handayani¹⁾, Diah Aryati Puji Lestari¹⁾, Sulistyowati¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Semarang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia

Corresponding author : Iryan Dwi Handayani

E-mail : iryanidwi@usm.ac.id

Diterima 08 Februari 2023, Direvisi 05 Maret 2023, Disetujui 06 Maret 2023

ABSTRAK

Fisika adalah ilmu dasar yang digunakan untuk membahas kejadian alam di sekitar kita. Fenomena buah yang jatuh selalu jatuh ke bawah adalah kejadian karena adanya gravitasi bumi. Tarikan gravitasi bumi pada bulan dapat dipandang sebagai interaksi antara medan gravitasi bumi di lokasi bulan dengan massa bulan. Pembelajaran di era pandemi seperti sekarang ini banyak dilakukan secara online, sehingga praktikum secara langsung baik di laboratorium ataupun tidak akan susah dilaksanakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis konstanta pegas dan percepatan gravitasi dengan menggunakan *tracker video analysis*. Software ini menganalisis video tentang kejadian kejadian alam terutama yang berhubungan dengan kelajuan, kecepatan, percepatan, gaya, medan gravitasi, konversi dan konservasi energi. Dengan *tracker video analysis* bisa digunakan untuk alternatif penyelesaian masalah analisis praktikum fisika secara mandiri. Dihasilkan nilai percepatan gravitasi dan konstanta pegas dari grafik dengan menggunakan *tracker video analysis*. Dengan menggunakan fasilitas TVA juga dapat meningkatkan *Computational Thinking*.

Kata kunci: *tracker video analysis*; pegas; ayunan sederhana.

ABSTRACT

Physics is a basic science that is used to discuss natural events around us. The phenomenon of falling fruit always falling down is one of the events due to the earth's gravity. Earth's gravitational pull on the moon can be seen as an interaction between the earth's gravitational field at the moon's location and the moon's mass. Much learning in the pandemic era, as it is now, is carried out online, so that hands-on practicums, whether in the laboratory or in the laboratory, will not be difficult to carry out. Currently there is Tracker software that allows students to conduct research in comprehensive kinematics. This software uses video analysis methods about natural events, especially those related to speed, velocity, acceleration, force, gravitational field, energy conversion and conservation. With a video analysis tracker, it can be used as an alternative to solving physics practicum analysis problems independently. The value of the acceleration of gravity and spring constant is generated from the graph using a tracker video analysis. Using the TVA facility can also improve *Computational Thinking*.

Keywords: *tracker video analysis*; pegas; ayunan sederhana.

PENDAHULUAN

Revolusi industri adalah perubahan besar terhadap cara manusia memproduksi barang. Bila tadinya ada beberapa hal yang semula begitu sulit, lama, mahal, maka dengan adanya revolusi industri beberapa hal menjadi mudah, cepat dan murah. Sejarah revolusi industri mulai dari revolusi industri 1.0, 2.0, 3.0, dan sekarang ke 4.0 dan mendekati 5.0

Era revolusi industri 4.0 yang dikenal sebagai era digitalisasi, era dimana manusia yang menggerakkan pembangunan ekonomi negara telah secara perlahan digantikan oleh otomatisasi mekanik dan digitalisasi teknologi. Peran pengetahuan sains dan teknologi

diperlukan untuk berhasil di era ini. Karena pengetahuan dan sains dan teknologi sangat diperlukan, maka keberadaan eksperimen sangatlah penting. Kegiatan dalam mempelajari fisika memerlukan kontak langsung dengan objek yang ingin diketahui melalui eksperimen, pengalaman dengan eksperimen akan lebih bermakna, dan pengetahuan akan mudah didapat dengan pengalaman langsung maupun simulasi dari sebuah pengalaman nyata.

Eksperimen fisika bisa dilakukan secara langsung ataupun dengan menggunakan simulasi saja. Dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat, untuk mendapatkan dan mengevaluasi hasil

dari eksperimen yang sudah dilakukan bisa dilakukan dengan menggunakan beberapa teknologi yang sudah berkembang, antara lain tracker video analysis yaitu proses analisis eksperimen fisika yang sudah dilakukan hanya dengan mengupload video eksperimen. Materi yang bisa dianalisis antara lain yang berkaitan dengan posisi benda, kecepatan, percepatan, energi kinetik dan energi potensial. Kemudian sound forge bisa digunakan untuk eksperimen spektrum bunyi, frekuensi, intensitas dan desibel.

Pembelajaran di era pandemi seperti sekarang ini banyak dilakukan secara online, sehingga praktikum secara langsung baik di laboratorium ataupun tidak akan tidak mudah dilaksanakan. Berbagai macam alat bantu bisa digunakan untuk membantu melaksanakan praktikum non laboratorium, yang memungkinkan pengguna untuk melakukan penelitian dalam hal kinematika secara komprehensif, software ini melalui metode analisis video tentang kejadian alam terutama yang berhubungan dengan kelajuan, kecepatan, percepatan, gaya, medan gravitasi, konversi dan konservasi energi (Muhammad Habibulloh, 2014). Tracker dirancang untuk digunakan dalam pembelajaran fisika dan dapat digunakan dengan mudah, dengan menggunakan analisis video dan tool pemodelan siswa dapat menyelidiki bagaimana pusat massa berubah posisi, kecepatan dan percepatan dengan waktu (Hockicko, 2015).

Tracker video analysis ini merupakan software yang sangat bersahabat dan nantinya diharapkan dapat meningkatkan *Computational Thinking*. *Computational Thinking* adalah sebuah kemampuan sangat utama dalam menghadapi perkembangan teknologi yang sangat cepat dan kompleks, selain itu era industri 4.0 bahkan sekarang sudah ke 5.0 sangat mensyaratkan komputerisasi di segala bidang. Namun masih banyak proses pembelajaran yang tidak mengedepankan kemampuan *Computational Thinking* (Ansori, 2020).

Penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan rencana strategi Universitas Semarang. Di bidang teknologi informasi, dalam bidang teknik memanfaatkan hasil teknologi untuk menjelaskan materi yang ada dalam mata kuliah di bidang teknik.

Pembelajaran secara online membuat praktikum fisika secara langsung sulit dilaksanakan, alternatif dari permasalahan ini adalah mengembangkan kegiatan eksperimen fisika melalui analisis video dan tool pemodelan tracker (Ristiawan, 2018). Tracker adalah suatu analisis video dan alat pemodelan yang dibangun pada fisika sumber terbuka dengan

kerangka kerja java. Tracker merupakan suatu cara yang hebat dan inovatif untuk menggabungkan antara video dengan model komputer. Software ini didukung oleh sumber daya digital yang menyediakan suatu hubungan ke tutorial dan video yang siap untuk dianalisis (Gregorio, 2015). Tracker menyediakan suatu bayangan dan suatu software analisis video yang cocok sebagai alat bantu untuk menganalisis konsep-konsep fisika dalam ruang kelas. Kekuatan dari tracker terletak pada kenyataan bahwa seseorang dapat memvisualisasikan konsep tersebut dalam waktu real (Gregorio, 2015)

Penggunaan analisis video tracker ini akan meningkatkan interpretasi grafik pada pembelajaran fisika terutama materi gerak, karena siswa dibimbing untuk mengolah data sampai mendapatkan grafik, tabel hingga persamaan gerak (Raflesiana, 2019). Sedangkan video tracker ini tidak meningkatkan ketelitian, hanya meningkatkan keseksamaan (Oktova, 2013). Secara sederhana, Tracker memiliki kemampuan untuk melakukan track (pelacakan) pada gerak suatu objek sehingga dapat diperoleh berbagai informasi yang dibutuhkan dalam analisis pada suatu peristiwa gerak. Melalui aktivitas perekaman suatu fenomena gerak yang nyata dengan menggunakan perekam video (handycam), maka hasil rekaman tersebut dapat diolah pada aplikasi Tracker. Melalui cara ini, kita dapat menginterpretasikan berbagai data yang ditampilkan dalam perangkat, sehingga mudah bagi kita untuk melakukan analisis fenomena gerak tersebut (Ristiawan, 2018).

Berdasarkan analisis video eksperimen digunakan untuk menekankan konsep-konsep fisik utama, untuk memotivasi siswa dalam pekerjaan eksplorasi mereka dan juga untuk merangsang penyelidikan individu (Trocaru, 2020).

Langkah-langkah standar yang harus dilakukan dalam menggunakan Tracker Video Analysis untuk menganalisis suatu gerak (Yogyakarta, 2019)

1. Install Program

Tracker Video Analysis merupakan aplikasi tak berbayar yang bisa di akses secara bebas. Master program ini dapat di unduh melalui alamat physlets.org/tracker. Program ini bisa berjalan pada sistem operasi Windows, Mac OS, maupun Linux.

2. Merekam Fenomena Gerak

Prinsip kerja tracker adalah menganalisis fenomena gerak yang sudah terekam dalam bentuk file video. Oleh karena itu, langkah awal yang harus kita lakukan adalah menyiapkan video gerak yang akan dianalisis. Sebagai contoh jika kita ingin

menganalisis suatu gerak parabola, maka lemparlah bola dengan sudut elevasi tertentu sehingga membentuk gerak parabola. Selama bola bergerak rekamlah dengan menggunakan handycame atau smartphone.

3. Membuka program

Double click shortcut Tracker pada desktop komputer, maka akan tampil program tracker.

4. Memasukan Video

5. Memilih Frame Video

Ayunan Sederhana

Ayunan Sederhana adalah salah satu bentuk gerak osilasi yang lain adalah gerak bandul matematis sederhana. Bandul tersebut terdiri dari seutas tali yang dianggap tidak memiliki massa dan sebuah beban diikat di ujung bawah tali. Ujung atas tali dikaitkan pada posisi tetap (seperti paku). Beban bergantung bebas dan bergerak bolak-balik akibat pengaruh gaya gravitasi bumi (Abdullah, 2016). Sifat bandul matematis sederhana adalah simpangan tidak boleh terlalu besar. Kalau simpangan sangat besar maka gaya yang bekerja pada benda tidak lagi berbanding lurus dengan simpangan. Gaya berbanding lurus simpangan hanya untuk simpangan kecil. Rumusan yang diperoleh

$$F = -m g \sin \theta \quad (1)$$

Dengan

F : gaya (newton) , m : massa (kg), g : Percepatan gravitasi (m/s^2) , θ : simpangan (derajat)

Pegas

Gaya (dalam hal ini diartikan tarikan atau dorongan) bekerja pada suatu sistem, misalnya saja pada sebuah pegas yang diberi beban, maka akan menimbulkan perubahan keadaan, yaitu pemanjangan/pemendekan pegas dan perubahan posisi beban dari titik setimbang (titik di mana sistem belum diganggu).

Gerak Harmonik Sederhana terjadi karena adanya gaya pemulih (restoring force), dalam kasus di atas gaya pemulihnya ditimbulkan oleh gaya pegas. Berdasarkan hukum Hooke gaya pemulih tersebut besarnya :

$$F = k \cdot x \quad (2)$$

dimana k adalah konstanta pegas, dan x adalah perpindahan.

Dinamakan gaya pemulih karena gaya ini selalu melawan perubahan posisi benda agar kembali ke titik setimbang. Karena itulah terjadi gerak harmonik. Pengertian sederhana adalah bahwa kita menganggap tidak ada gaya disipatif, misalnya gaya gesek dengan udara, atau gaya gesek antar komponen sistem (pegas dengan beban, atau pegas dengan

statipnya). Tetapan pegas k, berhubungan dengan kekekaran pegas, dan masing-masing pegas memiliki k yang unik (berbeda satu sama lain). Bagaimana menentukan tetapan pegas k, dari persamaan (2) , jika ϕ sama dengan 0, maka pada saat $t = 2\pi/\omega$ akan menghasilkan : $x = A$ yang artinya benda mengalami satu getaran. Sehingga $t = 2\pi/T$ dinamakan periode dan dilambangkan dengan T. Jadi kita bisa menuliskan $T=2\pi/\omega$, atau $\omega=2\pi/T$.

Besarnya konstanta pegas dipengaruhi oleh besar massa beban yang digantungkan pada pegas. Semakin besar massa beban maka konstanta pegas semakin kecil (Elisa & Claudya, 2016). Konstanta pegas, frekuensi sudut alami osilasi sistem pegas-massa, frekuensi sudut teredam osilasi sistem pegas-massa, dan faktor redaman osilasi sistem pegas-massa mengecil jika panjang pegas yang digunakan semakin besar, baik pada sistem pegas-massa dengan pegas tunggal maupun pada sistem pegas-massa dengan pegas yang disusun seri (Samuel, 2020)

Computational Thinking

Computational Thinking atau berpikir komputasi merupakan salah satu jenis Higher Order Thinking Skills (HOTS) yang mempermudah siswa untuk mengambil keputusan dan mempermudah pemecahan masalah serta dapat meningkatkan prestasi siswa dalam bidang matematika dan menyiapkan dalam persaingan global (Sukanto, 2019).

Computational Thinking terdiri dari empat unsur yaitu :

Dekomposisi, keterampilan menyelesaikan suatu masalah kompleks dalam bentuk yang sederhana agar mudah dipahami dan diselesaikan.

Abstraksi atau pengenalan pola, kemampuan mengidentifikasi pola atau informasi yang digunakan dalam menyelesaikan masalah.

Penyusunan algoritma, kemampuan merancang tindakan langkah demi langkah atau alur penyelesaian suatu masalah.

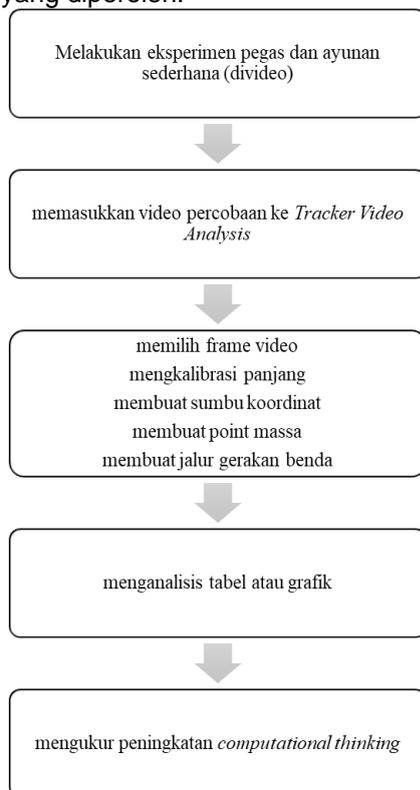
Generalisasi, kemampuan menentukan penyelesaian secara umum untuk diterapkan dalam menyelesaikan masalah yang berbeda (Julianti, 2022)

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan percobaan ayunan matematis sederhana atau bandul sederhana untuk menentukan percepatan gravitasi. Kegiatan dilakukan masing-masing mahasiswa dengan merekam

kegiatan yang dilakukan. Untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan tracker video analysis dalam praktikum fisika non-laboratorium dilakukan penyebaran angket melalui google form.

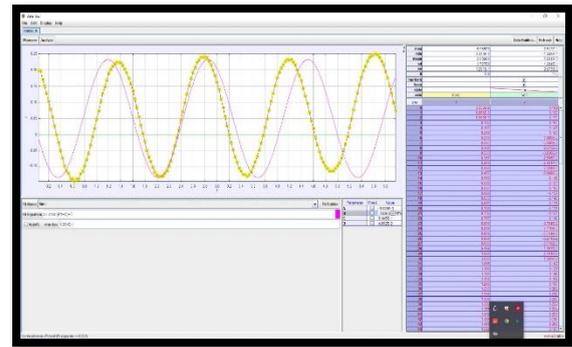
Teknik analisa data menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif, yang menjelaskan fenomena dengan berdasarkan angka-angka yang dapat menggambarkan karakteristik hasil percobaan pada gerak ayunan matematis sederhana. Analisis percobaan menggunakan software tracker video analysis untuk memperoleh hubungan antar variabel yang diperoleh. Hasil angket dianalisis secara kualitatif, dilakukan dengan menganalisis, menggambarkan dan meringkas situasi yang diperoleh.



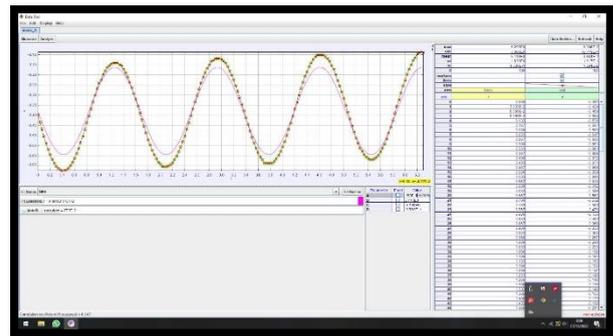
Gambar 1 . Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

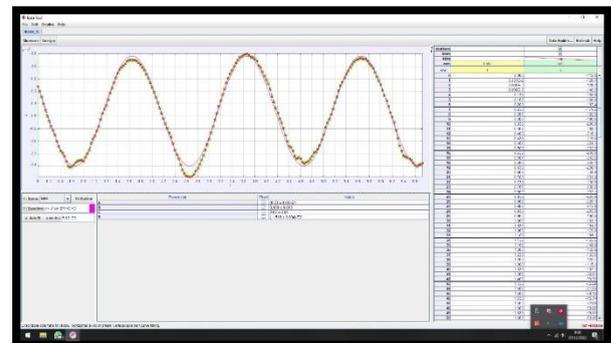
Hasil analisis percepatan gravitasi dengan menggunakan massa bandul 1 kg dan variasi panjang tali 0,5 m; 0,7 m dan 1 m dengan menggunakan *video tracker analysis*.



Gambar 2. Grafik ayunan bandul massa 1kg dan panjang tali 0,5m



Gambar 3. Grafik ayunan bandul massa 1kg dan panjang tali 0,7m



Gambar 4. Grafik ayunan bandul massa 1kg dan panjang tali 1m

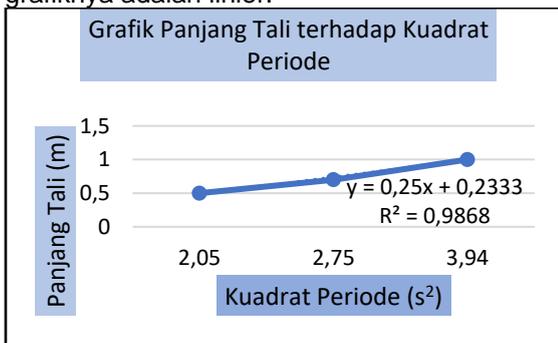
Percobaan penentuan percepatan gravitasi yang dilakukan dengan merekam kegiatan dan hasil dari rekaman video dianalisis dengan menggunakan video tracker analisis menghasilkan grafik yang semuanya berbentuk sinusoidal. Grafik yang ditunjukkan Gambar 1 dan 2 semua mempunyai bentuk persamaan $x=A \sin (Bt+C)$, yang mana A menunjukkan amplitudo atau jarak simpangan terjauh dari sebuah gelombang sinus, kemudian B adalah besarnya sudut $\omega = 2\pi f$, dengan f adalah frekuensinya dan C adalah beda fasenya. Pada gambar 1 grafik sinusoidalnya juga menunjukkan fungsi grafik sama yaitu $x=A \sin (Bt+C)$, akan tetapi ada perbedaan pada amplitudonya, hal

ini dikarenakan adanya waktu yang sedikit terhenti saat mengayunkan bandul.

Data yang diperoleh dengan menggunakan video tracker analisis kemudian kita gunakan excel untuk menghitung besarnya percepatan gravitasi. Dengan panjang tali 0,5 m dan dimasukkan dalam rumusan $g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} = \frac{4 \times 3,14^2 \times 0,5}{0,79^2} = 10,06 \frac{m}{s^2}$. Dengan mengubah panjang tali, maka diperoleh nilai kuadrat periode dan percepatan gravitasi seperti tabel 1

Panjang Tali (m)	Periode Kuadrat (s ²)	Percepatan gravitasi (m/s ²)
0,5	2,05	9,619
0,7	2,75	10,039
1	3,94	10,010

Dari tabel perhitungan percepatan gravitasi dan panjang tali kemudian dibuat grafiknya adalah linier.

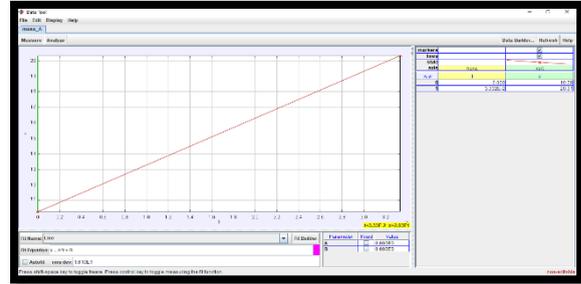


Gambar 4. Grafik panjang tali terhadap kuadrat periode.

Grafik linier antara panjang tali terhadap kuadrat periode diperoleh persamaan garisnya $y=0,25x+0,2333$, dengan gradien garisnya adalah 0,25. R-squared nya menunjukkan angka 0,9868 yang menunjukkan seberapa baik trendline atau grafik kemiringan sesuai data, semakin mendekati angka 1 maka semakin baik kecocokan dengan trendlinenya.

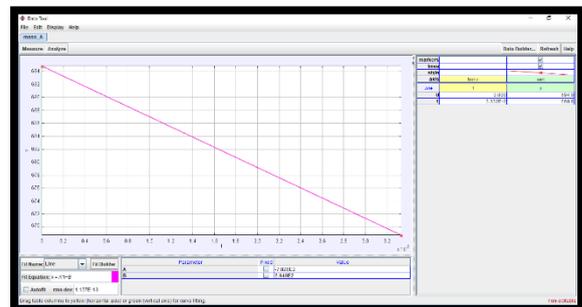
Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai percepatan gravitasi bumi dianalisis dengan video tracking adalah sebesar $9,375 \text{ m/s}^2$ (Yolanita, 2022).

Analisis dengan menggunakan video tracker analisis untuk percobaan pegas dilakukan dengan menggunakan variasi massa dan panjang tali yang tetap, massa yang digunakan 100 gram, 150 gram dan 200 gram. Grafik yang dihasilkan dengan menggunakan massa 100 gram seperti gambar 5.



Gambar 5. Grafik Pegas dengan Massa 100 gram

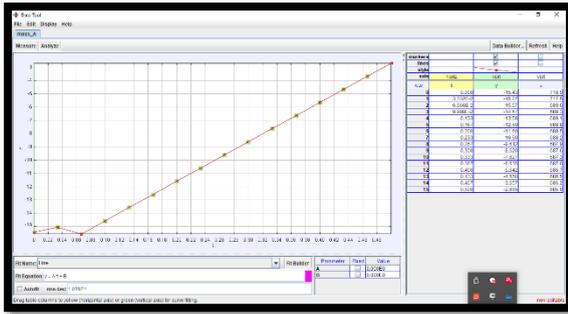
Grafik pegas dengan massa 100 gram berbentuk linier, di menu data tool pada tracker menunjukkan fit equation dengan persamaan $x=At+B$, persamaan merupakan fungsi linier dimana variabel x merupakan posisi benda dan A merupakan kecepatan benda. Berdasarkan analogi persamaan $T^2 = \frac{4\pi^2}{k}m$ maka akan diperoleh nilai konstanta pegas k dari masing-masing percobaan. Antara panjang pegas dan periode mempunyai nilai yang sebanding.



Gambar 6. Grafik Pegas dengan Massa 150 gram.

Penelitian sebelumnya menghasilkan bahwa nilai konstanta pegas berbanding terbalik dengan perubahan panjang pegas, semakin besar nilai konstanta maka tingkat elastisitas pegas semakin kecil. (Irawan, 2018)

Terlihat pada grafik 6. juga berbentuk linier, tetapi menurun karena video yang dianalisis diambil sampai waktu berhenti bergerak pegasnya, persamaan yang dihasilkan $x=At+B$.



Gambar 7. Grafik Pegas dengan Massa 200 gram

Proses analisis praktikum dengan menggunakan video tracker analisis pada saat melakukan praktikum fisika dapat meningkatkan kemampuan berpikir *Computational Thinking*. Keterampilan komunikasi siswa berperan dalam pembelajaran fisika karena dapat mengubah situasi pembelajaran ke arah yang lebih baik. Selain keterampilan komunikasi, keterampilan kolaborasi juga harus dimiliki siswa dalam pembelajaran fisika, salah satunya digunakan untuk melakukan observasi secara berkelompok (Fianti, 2020). Jika dilihat dari indikator berpikir *Computational Thinking* dapat terlihat peningkatan dalam tabel 2.

Tabel 2. Persentase Indikator *Computational Thinking*

	Dekomp osisi	Abstraksi	Penyus unan Algorit ma	Generalis asi
Pre tes	65,1%	54,9%	14,2%	8,46%
Post tes	100%	99,5%	76,8%	82,8%

Penelitian yang dilakukan untuk guru MGMP fisika kabupaten Agam membuktikan bahwa analisis video dari sebuah benda bergerak sangat efektif untuk meningkatkan penguasaan materi (Asrizal, 2018). Selain itu, *Computational Thinking* akan meningkatkan kemampuan memecahkan masalah atau problem solving (Wardani, 2022). Hasil studi literatur ditemukan bahwa berpikir komputasi telah diaplikasikan pada ilmu komputer dan bidang ilmu lain. Sebagian besar penelitian menggunakan Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Cooperative Learning, dan Game-based Learning (Anistyasari, 2020)

SIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan, analisis praktikum fisika pegas dan ayunan sederhana dengan

menggunakan video tracker analysis mendapatkan hasil konstanta pegas dan percepatan gravitasi serta pemanfaatan video tracker analysis dalam praktikum fisika pegas dan ayunan sederhana dapat meningkatkan *Computational Thinking*.

Saran dari hasil penelitian ini, video tracker analisis bisa digunakan untuk menyelesaikan praktikum fisika selain pegas dan ayunan dalam fakultas teknik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan terimakasih kepada LPPM USM yang telah memberikan wadah untuk penelitian dan memberikan dukungannya serta pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, M. (2016). Besaran-Besaran Gerak. *Fisika Dasar 1*, 81–159.
- Anistyasari, Y., Ekohariadi, E., & Munoto, M. (2020). Strategi Pembelajaran Untuk Meningkatkan Keterampilan Pemrograman Dan Berpikir Komputasi: Sebuah Studi Literatur. *Journal of Vocational and Technical Education (JVTE)*, 2(2), 37–44. <https://doi.org/10.26740/jvte.v2n2.p37-44>
- Ansori, M. (2020). Pemikiran Komputasi (*Computational Thinking*) dalam Pemecahan Masalah. *Dirasah: Jurnal Studi Ilmu dan Manajemen Pendidikan Islam*, 3(1), 111–126. <https://doi.org/10.29062/dirasah.v3i1.83>
- Asrizal, A., Yohandri, Y., & Kamus, Z. (2018). Studi Hasil Pelatihan Analisis Video dan Tool Pemodelan Tracker pada Guru MGMP Fisika Kabupaten Agam. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 2(1), 41. <https://doi.org/10.24036/jep/vol2-iss1/84>
- Elisa, & Claudya, Y. (2016). Penentuan Konstanta Pegas dengan Cara Statis dan Dinamis. *Jurnal Fisika Edukasi*, 3(1), 1–57.
- Fianti, Listiagfiroh, W., & Susilo. (2020). Video tracker analysis: A strategy for measuring students communication and collaboration skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/2/022019>
- Gregorio, J. B. (2015). Using Video Analysis , Microcomputer-Based Laboratories (MBL ' s) and Educational Simulations as Pedagogical Tools in Revolutionizing Inquiry Science Teaching and Learning. *K-12 STEM Education*, 1(1), 43–64.
- Hockicko, P., Krišt'ák, L., & Němec, M. (2015). Development of students' conceptual

- thinking by means of video analysis and interactive simulations at technical universities. *European Journal of Engineering Education*, 40(2), 145–166. <https://doi.org/10.1080/03043797.2014.941337>
- Irawan, D. M., Iswanto, G., Muhammad, H. F., & Sri, H. (2018). Pengaruh nilai konstanta terhadap pertambahan panjang pegas pada rangkaian tunggal, seri dan paralel. *Jurnal Teknik Mesin MERC (Mechanical Engineering Research Collection)*, 1(5), 4. <http://jom.untidar.ac.id/index.php/merc/article/view/125>
- Julianti, N. H., Darmawan, P., & Mutimmah, D. (2022). *Computational Thinking Dalam Memecahkan Masalah. Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIBA 2022.*
- Muhammad Habibulloh, 1) Madlazim. (2014). Penerapan metode analisis video software tracker dalam pembelajaran fisika konsep gerak jatuh bebas untuk meningkatkan keterampilan proses siswa kelas x sman 1 sooko Mojokerto. 4(1), 15–22.
- Oktova, R. & S. (2013). Pemanfaatan Tracker Dalam Eksperimen Ayunan Bandul Teredam Untuk Penentuan Koefisien Viskositas Udara Dengan Hukum Landau-Lifshitz. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia (Indonesian Journal of Physics Education)*, 5(1986), 43–59.
- Raflesiana, V., Herlina, K., & Wahyudi, I. (2019). Pengaruh Penggunaan Tracker Pada Pembelajaran Gerak Harmonik Sederhana Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Keterampilan Interpretasi Grafik Siswa. *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.30870/gravity.v5i1.5207>
- Ristiawan, A. (2018). Analisis Gerak Jatuh Bebas Dengan Metode Video Based Laboratory (Vbl) Menggunakan Software Tracker. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 3(2), 26–30. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v3i2.6556>
- Samuel, H. (2020). Pengaruh Panjang Pegas Terhadap Konstanta Pegas, Frekuensi Sudut Alami, Frekuensi Sudut Teredam dan Faktor Redaman Osilasi Sistem Pegas-Massa. *Universitas Sanata Dharma*, 1–92.
- Sukamto, T. S., Pertiwi, A., Affandy, Syukur, A., Hafdhoh, N., & Hidayat, E. Y. (2019). Pengenalan *Computational Thinking* Sebagai Metode Problem Solving Kepada Guru dan Siswa Sekolah di Kota Semarang THE INTRODUCTION OF COMPUTATIONAL THINKING AS A PROBLEM SOLVING METHOD FOR TEACHERS AND STUDENTS IN SEMARANG CITY. *Abdimasku*, 2(2), 99–107.
- Trocaru, S., Berlic, C., Miron, C., & Barna, V. (2020). Using tracker as video analysis and augmented reality tool for investigation of the oscillations for coupled pendula. *Romanian Reports in Physics*, 72(1), 1–16.
- Wardani, S. S., Susanti, R. D., & Taufik, M. (2022). Implementasi Pendekatan *Computational Thinking* Melalui Game Jungle Adventure Terhadap Kemampuan Problem Solving. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.35706/sjme.v6i1.5430>
- Yogyakarta, U. N. (2019). *Tutorial penggunaan aplikasi video tracker.*
- Yolanita. (2022). *View Of Analisis Percepatan Gravitasi Berbasis Video Tracking Pada Ayunan Bandul.Pdf.*