
EKSPERIMEN DAN RESPON MAHASISWA TERHADAP PRAKTIKUM FISIKA NON-LABORATORIUM MENGGUNAKAN APLIKASI *TRACKER VIDEO ANALYSIS* UNTUK PERCOBAAN KINEMATIKA GERAK

*Iqbal Ainur Rizki¹, Nina Fajriyah Citra¹, Hanandita Veda Saphira¹, Woro Setyarsih¹ dan
Nugrahani Primary Putri¹*

*¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri
Surabaya, Indonesia*

Email: iqbalainur19004@gmail.com

ABSTRAK

Pandemi Covid-19 menyebabkan kegiatan eksperimen kinematika gerak dilakukan secara non-laboratorium di rumah dengan menggunakan alat dan bahan yang murah dan mudah ditemui serta berbantuan aplikasi *Tracker Video Analysis* (TVA). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas dan respon mahasiswa pada kegiatan eksperimen non-laboratorium pada materi kinematika gerak menggunakan aplikasi TVA. Percobaan dilakukan secara eksperimental dengan pendekatan kuantitatif untuk mendapatkan hubungan antarvariabel pada gerak translasi, rotasi, dan vibrasi. Selain itu juga digunakan metode *survey* untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap kegiatan eksperimen ini. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sebanyak 5 dari 6 hubungan antarvariabel maupun konstanta teoritis dapat dibuktikan melalui kegiatan eksperimen ini. Respon mahasiswa terhadap kegiatan ini adalah memuaskan dengan nilai rata-rata 8,16. Jadi dapat disimpulkan bahwa, kegiatan percobaan non-laboratorium pada materi kinematika gerak menggunakan aplikasi TVA efektif untuk membuktikan dasar teori, hubungan antarvariabel dan beberapa konstanta teoritis, serta mendapatkan respon memuaskan dari mahasiswa.

Kata kunci: *Tracker Video Analysis* (TVA), non-laboratorium, kinematika gerak, respon mahasiswa

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic caused kinematics experiment activities to be carried out non-laboratory at home using cheap and easy-to-find tools and materials and assisted with Tracker Video Analysis (TVA) application. This research aims to analyze the effectiveness and responses of students in non-laboratory experimental activities on kinematics motion using the TVA application. This experiment was used experimentally with a quantitative approach to obtain the relationship between variables in translational, rotational, and vibrational motion. In addition, a survey was used to determine student responses to this experiment activity. The research results show that 5 out of 6 relationships between variables and theoretical constants can be proven through this experimental activity. Thus, it can be concluded that non-laboratory experimental activities on kinematics materials using the TVA application effectively prove the theoretical basis, the relationship between variables and some theoretical constants, and get a satisfactory response from students.

Keywords: *Tracker Video Analysis* (TVA), non-laboratory, kinematics, student response

DOI: <http://dx.doi.org/10.15575/jotalp.v6i2.12640>

Received: 21 Mei 2021 ; Accepted: 18 Juli 2021; Published: 31 Agustus 2021

1. PENDAHULUAN

Fisika merupakan sebuah bidang ilmu yang didasarkan pada kegiatan eksperimen dan pengamatan kuantitatif. Sehingga dalam pembelajarannya, peserta didik tidak hanya dituntut untuk menguasai konsep teoritisnya saja, tetapi juga dapat menerapkan metode ilmiah untuk membuktikan teori yang sudah diajarkan tersebut. Kegiatan eksperimen atau praktikum dapat memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menemukan fakta yang ingin diketahui secara mandiri (Gaffar, 2016). Penelitian oleh Murti *et al.* (2014) juga menunjukkan bahwa penerapan kegiatan praktikum dapat meningkatkan kemampuan kognitif dan psikomotorik siswa.

Namun, selama pandemi Covid-19, kegiatan pembelajaran secara langsung dan tatap muka tidak mungkin untuk dilakukan. Semua kegiatan belajar dialihkan menjadi sistem daring untuk menghindari penyebaran Covid-19 di sekolah dan kampus. Hal ini tentu saja menghambat kegiatan eksperimen fisika berbasis laboratorium. Sehingga perlu adanya kegiatan eksperimen non-laboratorium dengan memanfaatkan benda-benda yang murah dan dekat dengan kehidupan sehari-hari. Eksperimen semacam ini dapat dilakukan di rumah tanpa adanya resiko terpapar Covid-19.

Kegiatan eksperimen non-laboratorium dapat dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi *Tracker Video Analysis* (TVA). Aplikasi ini merupakan sebuah aplikasi *open-source* yang dapat digunakan secara gratis. TVA bekerja dengan melacak gerak suatu objek berdasarkan *frame video* yang diimpor ke dalam aplikasi. Oleh karena itu, gerak suatu objek yang akan dianalisis harus direkam terlebih dahulu kemudian dapat dianalisis menggunakan TVA untuk mengetahui hubungan antar variabel yang ingin diketahui. Beberapa penelitian telah menggunakan aplikasi TVA untuk menganalisis gerak jatuh bebas, sudut pendulum pada bidang miring, momentum benda, koefisien restitusi, gerak harmonik sederhana, dan gerak parabola dengan akurasi yang tinggi (Anjani, 2018; Habibulloh & Madlazim, 2014; Raflesiana *et al.*,

2019; Ristiawan, 2018; Syaepudin, 2018; Wee *et al.*, 2012).

Materi fisika lainnya yang dapat dianalisis menggunakan aplikasi TVA adalah kinematika gerak. Kinematika merupakan sebuah cabang ilmu fisika, khususnya pada mekanika klasik, yang membahas mengenai gerak suatu benda tanpa memperhatikan penyebab gerak benda tersebut (Nisma *et al.*, 2018). Pergerakan benda tersebut dapat berupa translasi, rotasi, maupun vibrasi (Enzomacagno, 1991). Oleh karena itu, penelitian ini akan menyelidiki penggunaan aplikasi TVA pada gerak translasi, rotasi, dan vibrasi beserta efektivitasnya dalam membuktikan dasar teori yang ada pada masing-masing gerak. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis respon serta evaluasi mahasiswa terhadap kegiatan eksperimen tersebut.

Pada gerak translasi bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketinggian terhadap kecepatan dan percepatan benda jatuh bebas. Pada gerak rotasi bertujuan untuk menganalisis simpangan terhadap waktu dan menentukan kecepatan sudut benda bergerak melingkar horizontal. Sedangkan pada gerak vibrasi bertujuan untuk menganalisis pengaruh simpangan terhadap waktu beserta jenis redaman benda yang bergerak harmonis/osilasi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui respon dan evaluasi kegiatan eksperimen non-laboratorium ini.

2. METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan tiga jenis percobaan, yaitu gerak translasi, rotasi, dan vibrasi. Seluruh kegiatan percobaan dilakukan di rumah peneliti masing-masing yaitu di Surabaya dan Sidoarjo pada tanggal 11 Februari hingga 6 Maret 2021. Selain itu, metode lain yang digunakan adalah metode *survey* untuk mengetahui respon dan evaluasi mahasiswa terhadap kegiatan eksperimen kinematika gerak menggunakan aplikasi TVA non-

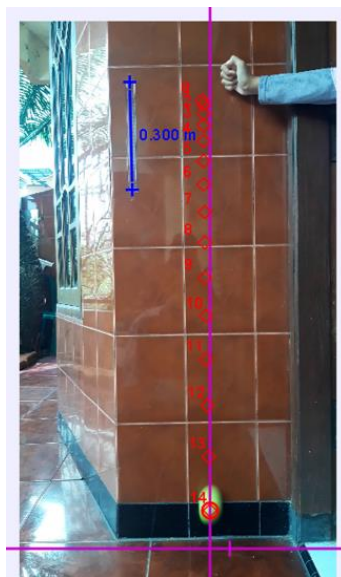
laboratorium. Penyebaran angket dilakukan pada tanggal 14-15 Juli 2021.

2. Pengumpulan Data

Alat dan bahan yang digunakan pada kegiatan percobaan ini antara lain: bola tenis, flashdisk, tali, mistar, tongkat selfie, busur, neraca, dan ponsel masing-masing satu buah. Langkah-langkah beserta variabel percobaan dijelaskan sebagai berikut:

a. Percobaan 1: Gerak Translasi

Percobaan dilakukan dengan menjatuhkan bola tenis pada ketinggian 1,25 m untuk mendapatkan respon grafik hubungan antara ketinggian terhadap kecepatan pada sumbu y ($y-v_y$) dan ketinggian terhadap percepatan pada sumbu y ($y-a_y$). Ketika bola tenis sudah dijatuhkan, bersamaan dengan merekam gerak benda menggunakan kamera ponsel. Gambar percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 1.

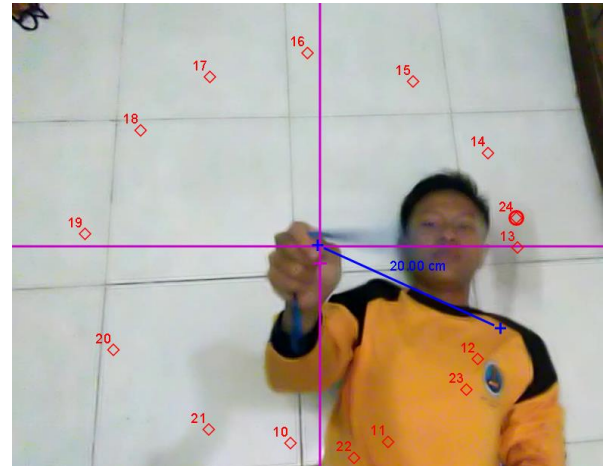


Gambar 1. Tracking percobaan gerak jatuh bebas pada gerak translasi.

b. Percobaan 2: Gerak Rotasi

Percobaan dilakukan dengan memberikan tali pada *flash disk* kemudian diputar secara horizontal dengan $r = (18 \pm 0,05)$ cm. Data dari percobaan ini adalah grafik simpangan

terhadap waktu ($y-t$) dan kecepatan sudut terhadap waktu ($\omega-t$). Ketika benda mulai diputar dengan asumsi gaya memutar yang konstan bersamaan dengan merekam gerak benda menggunakan kamera ponsel. Gambar percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tracking percobaan gerak melingkar horizontal pada gerak rotasi.

c. Percobaan 3: Gerak Vibrasi

Percobaan dilakukan dengan menggerakkan tongkat *selfie* sepanjang 80 cm dan sudut simpangan sejauh 60° . Respon dari percobaan ini adalah grafik hubungan antara simpangan dan waktu ($x-t$) dan jenis redamannya. Ketika tongkat sudah dilepaskan dari simpangannya, bersamaan dengan merekam gerak benda hingga 5 kali vibrasi menggunakan kamera ponsel. Gambar percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Percobaan dan tracking gerak osilasi pada gerak vibrasi

d. Survey dan Evaluasi Kegiatan Eksperimen

Survey dan evaluasi dilakukan dengan membuat kuisioner berbasis *Google Form* yang berisi delapan pertanyaan yang berkaitan dengan kegiatan eksperimen ini. Data yang didapatkan berupa data kualitatif sehingga tidak memerlukan validitas dan reliabilitas instrumen angket (Deta et al., 2020). Sehingga metode kualitatif digunakan untuk melihat respon dan evaluasinya. Sasaran responden yaitu mahasiswa Jurusan Fisika Universitas Negeri Surabaya angkatan 2019 yang telah menempuh mata kuliah Eksperimen Fisika I. Sampel penelitian yang berhasil didapatkan sebanyak 54 responden, baik dari program studi pendidikan maupun non-pendidikan.

3. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada percobaan ini adalah dengan menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Teknik analisis ini bertujuan untuk menjelaskan sebuah fenomena berdasarkan angka-angka yang dapat menggambarkan karakteristik hasil eksperimen non-laboratorium pada topik gerak translasi, rotasi, dan vibrasi (Qomari, 2009).

Analisis percobaan dilakukan dengan menggunakan *software* TVA untuk mendapatkan grafik hubungan antara variabel yang diujikan. Setelah didapatkan grafik tersebut, hasil percobaan disesuaikan dengan teori maupun hasil percobaan lainnya mengenai topik yang dibahas.

Selain itu, hasil respon mahasiswa akan dianalisis data secara kualitatif. Analisis ini dilakukan dengan menganalisis, menggambarkan, dan meringkas berbagai situasi dan kondisi dari berbagai data yang dikumpulkan dari hasil jajak pendapat mahasiswa terhadap kegiatan eksperimen yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan percobaan sesuai dengan metode yang telah ditentukan, didapatkan hasil

percobaan beserta pembahasannya pada masing-masing gerak.

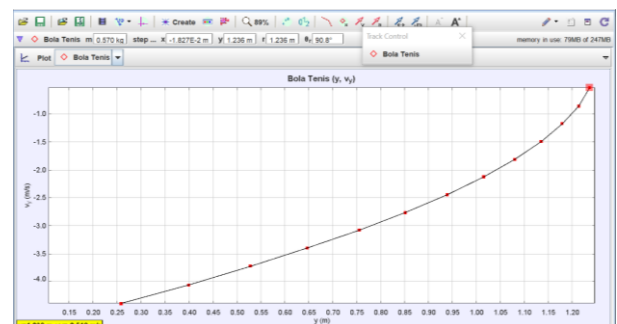
1. Gerak Translasi

Pada gerak translasi yang menggunakan fenomena gerak jatuh bebas dengan menentukan pengaruh posisi ketinggian terhadap kecepatan dan percepatan bola tenis pada sumbu y (v_y dan a_y). Hasil *tracking* ketinggian terhadap v_y ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat bahwa jika posisi ketinggian bola tenis semakin rendah, maka kecepatan gerak bola tenis semakin besar. Secara teori berdasarkan Pers. (1), nilai kuadrat kecepatan berbanding lurus dengan ketinggian benda sehingga hubungan antara kedua variabel bersifat eksponensial.

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

$$v^2 = 2gh$$

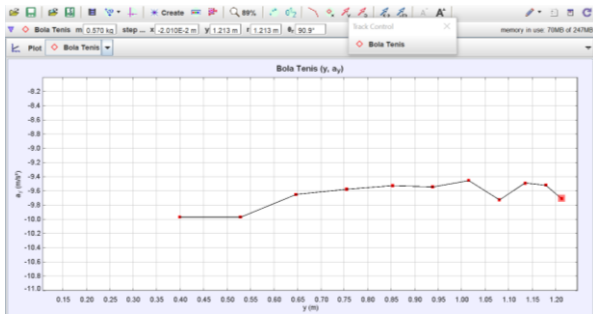
Berdasarkan kalkulasi nilai koefisien korelasi (R^2) pada jenis *power trendline* menggunakan *Microsoft Excel 2019*, didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9834 yang berarti taraf ketelitian dari percobaan adalah 98,34%. Tanda minus pada kecepatan menunjukkan gerak bola tenis yang jatuh mengarah pada sumbu y negatif.



Gambar 4. Grafik hubungan posisi ketinggian terhadap kecepatan ($h-v_y$) bola tenis

Pengaruh posisi ketinggian a_y pada bola tenis selama jatuh bebas dapat dilihat pada Gambar 5. Terlihat bahwa garis hubungan kedua variabel tersebut mendekati garis lurus. Hal ini berarti percepatan bola tenis cenderung konstan. Artinya, posisi ketinggian bola tenis tidak berpengaruh terhadap nilai percepatan

gerak bola tenis. Jika dilihat nilai percepatan bola tenis berdasarkan nilai *tracking* secara keseluruhan pada setiap ketinggian, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada masing-masing data. Perbedaan nilai yang sangat kecil itu disebabkan oleh gesekan dengan udara yang dialami oleh bola tenis selama jatuh.



Gambar 5. Grafik hubungan posisi ketinggian terhadap percepatan ($h-a_y$) bola tenis

Berdasarkan perhitungan rata-rata nilai percepatan bola tenis pada seluruh posisi ketinggian didapatkan nilai sebesar $a_y = 9,648 \text{ m/s}^2$. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian serupa oleh Ristiawan (2018) sebesar $(9,63 \pm 0,33) \text{ m/s}^2$ dan Afifah *et al.* (2015) sebesar $9,676 \text{ m/s}^2$. Namun, jika dibandingkan dengan nilai percepatan yang berlaku pada gerak jatuh bebas secara teoritis seharusnya merupakan percepatan gravitasi $g = 9,806 \text{ m/s}^2$ (Halliday *et al.*, 2014). Berdasarkan hasil uji T pada kedua nilai tersebut, didapatkan hasil signifikansi sebesar 0,02. Nilai ini lebih kecil dari 0,05 sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata percepatan bola tenis pada gerak jatuh bebas dengan nilai percepatan gravitasi secara teori. Hal ini bisa terjadi karena beberapa faktor, seperti kelembaban udara, *frame per second* (fps) kamera, *human error*, dan gesekan udara selama jatuh bebas.

Nilai koefisien gesek udara pada eksperimen dapat dicari dengan menerapkan Hukum II Newton seperti pada Pers. (2) (Yuningsih & Sardjito, 2020).

$$W - f_d = ma \quad (2)$$

atau

$$a = g - \frac{C_d \rho A v^2}{2m} \quad (3)$$

Karena nilai koefisien hambatan berupa gesekan udara yang dicari, Pers. (3) disederhanakan menjadi Pers. (4).

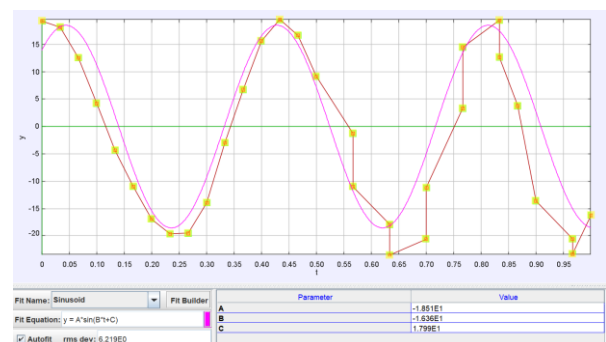
$$C_d = \frac{2m(g - a)}{\rho A v^2} \quad (4)$$

dimana C_d menyatakan koefisien hambatan, m menyatakan massa benda, g menyatakan percepatan gravitasi, a menyatakan percepatan gerak benda, ρ menyatakan kerapatan fluida, A menyatakan luas penampang melintang benda, dan v menyatakan kecepatan gerak benda.

Dengan mensubstitusikan $m = 0,057 \text{ kg}$, $\rho = 1,22 \text{ kg/m}^3$ untuk massa jenis udara, $A = 0,013 \text{ m}^2$ untuk luas penampang bola tenis, $a = 9,696 \text{ m/s}^2$ pada $v = 4,060 \text{ m/s}$ berdasarkan data eksperimen, dan $g = 9,806 \text{ m/s}^2$, didapatkan nilai koefisien gesek udara yang terjadi selama eksperimen yaitu sebesar 0,048.

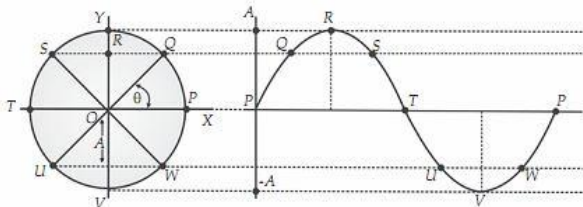
2. Gerak Rotasi

Pada gerak rotasi menggunakan fenomena gerak melingkar horizontal dengan menentukan pengaruh $y-t$ dan $\omega-t$. Hasil *tracking y-t* pada gerak ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengaruh simpangan terhadap waktu pada gerak melingkar horizontal flashdisk yang diberi tali.

Grafik tersebut menunjukkan bahwa gerak melingkar horizontal memberikan grafik sinusoidal melalui hubungan antara $y-t$. Grafik sinusoidal yang terbentuk diperoleh karena gerak melingkar memproyeksikan gerak benda sebagai gerak harmonik sederhana seperti pada Gambar 7 (Labibah, 2017).



Gambar 7. Proyeksi gerak melingkar beraturan terhadap sumbu Y sebagai gerak harmonik sederhana (Labibah, 2017).

Hal ini menunjukkan bahwa percobaan yang telah dilakukan sudah sesuai dengan teorinya. Hasil ini juga senada dengan percobaan oleh Putri & Asrizal (2019) bahwa dari hasil *tracking* gerak melingkar didapatkan grafik berbentuk sinusoidal. Sehingga dapat diketahui persamaan geraknya adalah Pers. (5).

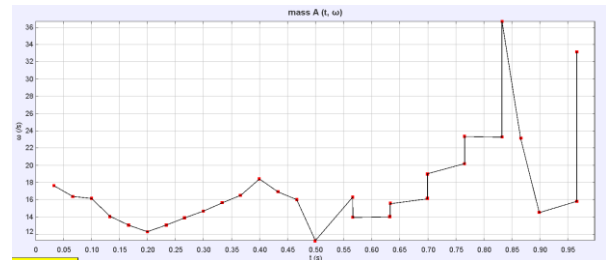
$$Y = A \sin \omega t + \theta_0 \quad (5)$$

Grafik dalam Gambar 7 juga menunjukkan bahwa diperlukan waktu selama $\pm 0,420$ detik untuk menempuh 1 gelombang penuh atau satu kali putaran.

Berdasarkan *curve fit analysis* pada tipe sinusoidal, didapatkan persamaan geraknya yaitu Pers. (6).

$$Y = -18,51 \sin(-16,36 + 17,99) \text{ cm} \quad (6)$$

Dari persamaan ini, dapat diketahui masing-masing nilai amplitudo 18,51 cm, kecepatan sudut (ω) 16,36 $^\circ/\text{s}$, dan beda fase 17,99 $^\circ$. Nilai amplitudo yang didapatkan sudah mendekati panjang tali yaitu 20 cm. Nilai ω berdasarkan persamaan gerak sinusoidal tersebut akan dibandingkan dengan hasil *tracking* $\omega-t$ seperti pada Gambar 8. Gambar merupakan grafik $\omega-t$ pada jenis gerak yang dilakukan.



Gambar 8. Grafik pengaruh kecepatan sudut terhadap waktu pada gerak melingkar horizontal flashdisk yang diberi tali.

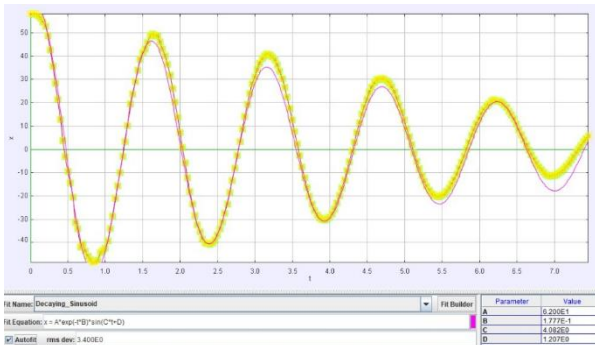
Berdasarkan grafik dalam Gambar 8, terlihat bahwa hasil *tracking* nilai ω relatif tidak mengalami perubahan signifikan dengan rata-rata sebesar 17,64 $^\circ/\text{s}$, kecuali pada dua data tertentu, yaitu pada $t = 0,833$ s dan $t = 0,966$ s. Hal ini bisa disebabkan karena pada jenis gerak rotasi yang digunakan, yaitu gerak melingkar horizontal, sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan tali akibat gaya yang diberikan oleh pemegangnya. Gaya yang diberikan oleh pemegang tali tidak konstan karena dilakukan secara manual sehingga data yang diperoleh tidak terlalu bagus.

Jika dibandingkan antara nilai rata-rata $\omega = 17,64^\circ/\text{s}$ pada Gambar 8 dengan nilai $\omega = 16,36^\circ/\text{s}$ pada Pers. (6), terdapat perbedaan pada kedua data tersebut. Hasil uji *one-sample T test* menunjukkan signifikansi sebesar 0,236, sehingga kedua hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang signifikan karena $0,236 > 0,05$. Hal ini dapat diduga karena adanya ketidakstabilan dalam menggerakkan benda sehingga data yang diperoleh kurang ideal. Selain itu, hal ini bisa disebabkan karena penggunaan metode perhitungan yang berbeda.

3. Gerak Vibrasi

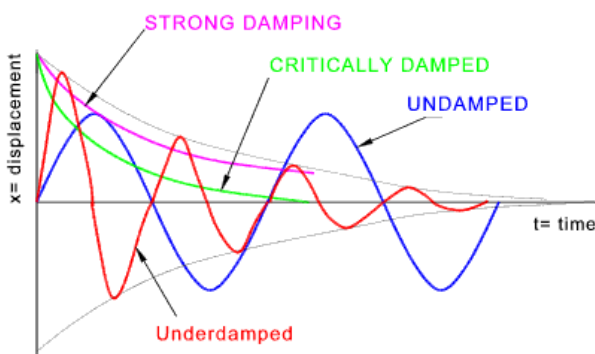
Pada gerak vibrasi akan menggunakan fenomena gerak harmonis dengan menentukan pengaruh simpangan terhadap waktu dan koefisien redaman osilasi. Hasil *tracking* simpangan terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 9. Grafik tersebut menunjukkan bahwa tongkat *selfie* berosilasi secara harmonik teredam sehingga menghasilkan grafik sinusoidal pada sumbu-x dengan nilai yang semakin lama semakin kecil hingga tepat diam.

Hal ini dikarenakan dalam penerapannya di kehidupan sehari-hari, hampir mustahil dapat dijumpai sistem yang osilasi amplitudo yang terus-menerus konstan. Ini berarti bahwa energi getaran sistem tidaklah konstan, tetapi energi tersebut terdisipasi menjadi energi lain, misalnya karena adanya gesekan antar permukaan, gesekan dengan udara, atau karena bagian benda yang bergetar berada dalam fluida kental (Aulia, 2018; Limiansih, 2013).



Gambar 9. Grafik pengaruh simpangan terhadap waktu pada gerak osilasi tongkat selfie.

Jika ditinjau dari jenis redamannya, osilasi ini termasuk dalam jenis redaman kecil karena menurut pada Gambar 10, grafik fungsi $x(t)$ yang paling sesuai dengan Gambar 9 adalah grafik dengan jenis *underdamped* atau redaman kecil. Pada jenis redaman ini, tongkat membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berhenti berosilasi dan melintasi posisi setimbang satu kali atau lebih (Cortés *et al.*, 2021). Selain dengan menggunakan logika secara grafik, jenis redaman yang terjadi dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (7) (Quiroga & Ospina-Henao, 2017).



Gambar 10. Grafik $x-t$ pada jenis redaman kecil, kritis, besar, dan tanpa redaman (Khader, 2020)

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{d\theta}{dt} + \frac{g}{l} \sin\theta = 0 \quad (7)$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \gamma \frac{d\theta}{dt} + \omega_0^2 \sin\theta = 0$$

dengan $\gamma = b/m$ merupakan koefisien redaman dan $\omega_0^2 = g/l$ merupakan frekuensi natural getaran. Sehingga untuk menentukan jenis redamannya, perlu dihitung terlebih dahulu nilai γ dan ω_0^2 pada redaman ini.

Perhitungan nilai γ pada gerak osilasi tongkat dapat ditentukan dengan melakukan *fitting data* pada aplikasi TVA. Menurut Mukharomah *et al.* (2021), persamaan untuk gerak osilasi teredam yang digunakan pada aplikasi TVA seperti pada Pers. (8).

$$x = Ae^{-\gamma t} \sin(Ct + D) \quad (8)$$

dengan A adalah amplitudo, B adalah faktor redaman γ , C adalah ω , dan D adalah θ_0 . Berdasarkan hasil fitting data yang telah dilakukan, diperoleh masing-masing nilainya seperti pada Tabel 1. Sehingga diperoleh nilai koefisien redaman yang terjadi sebesar 0,1777/s dan persamaan gerak seperti pada Pers. (9).

$$x(t) = Ae^{-0,1777t} \sin(4,08t + 1,21) \text{ cm} \quad (9)$$

Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Yolanda (2018) dengan nilai γ bervariasi. Hal ini dikarenakan besarnya koefisien redaman dipengaruhi oleh beberapa variabel, yaitu : massa benda, jari-jari beban, jenis, dan suhu medium getar benda (Aulia, 2018; Limiansih & Santosa, 2013; Poonyawatpornkul & Wattanakasiwich, 2013)(Limiansih & Santosa, 2013).

Tabel 1. Hasil *fitting data* pada persamaan gerak osilasi teredam berdasarkan hasil percobaan

No	Simbol	Besaran	Magnitudo
1	A	A	62,00 cm
2	B	γ	0,1777 /s
3	C	ω	4,082 °/s
4	D	θ_0	1,207

Berdasarkan pada Tabel 1, nilai koefisien redaman γ yang terjadi sebesar 0,1777/s. Setelah mengetahui nilai γ , berikutnya adalah menentukan nilai ω_0^2 sebagai berikut.

$$\omega_0^2 = \frac{g}{l}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{9,8}{0,8}} = 3,5$$

Karena nilai $\gamma^2 < 4\omega_0^2$, maka dapat disimpulkan bahwa jenis redaman yang terjadi merupakan redaman kecil. Hal ini berarti menurut pengamatan secara grafik dan perhitungan secara teori terdapat kesamaan sehingga percobaan yang dilakukan sudah sesuai dengan teori.

Jika ditinjau secara keseluruhan, kegiatan eksperimen non-laboratorium berbasis aplikasi TVA telah menunjukkan hasil yang cukup baik dan efektif untuk membuktikan beberapa teori pada kinematika gerak translasi, rotasi, dan vibrasi. Beberapa hubungan antar variabel maupun konstanta yang terbukti secara teori berdasarkan percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel tersebut menunjukkan bahwa sebanyak 5 dari 6 hubungan antarvariabel maupun konstanta teoritis dapat dibuktikan melalui kegiatan eksperimen ini. Sehingga penggunaan aplikasi TVA dalam kegiatan eksperimen non-laboratorium selama pandemi efektif untuk membuktikan teori-teori fisika pada kinematika gerak translasi, rotasi, dan vibrasi.

Tabel 2. Beberapa hubungan antarvariabel atau konstanta yang dibuktikan secara teori atau hasil penelitian lain melalui percobaan yang telah dilakukan pada setiap jenis gerak.

No	Jenis Gerak	Hubungan antarvariabel atau konstanta yang dibuktikan	Hasil percobaan	Teori atau hasil penelitian lain	Keterangan
1	Translasi	Pengaruh ketinggian terhadap kecepatan pada gerak jatuh bebas	Grafik (h-v _y) menunjukkan bahwa kedua variabel ini memiliki hubungan eksponensial dengan R ² = 0,9834	Hubungan antarvariabel bersifat eksponensial	Terbukti dengan taraf ketelitian 98,34%
2	Translasi	Konstanta percepatan gravitasi bumi	9,648 m/s ²	9,806 m/s ² (9,63 ± 0,33) m/s ² (Ristiawan, 2018) 9,676 m/s ² (Afifah, et al., 2015)	Terbukti dengan catatan adanya gesekan udara sebesar C _d = 0,048
3	Rotasi	Pengaruh simpangan terhadap waktu (y-t) pada gerak melingkar horizontal dengan tali	Grafik menunjukkan hubungan sinusoidal	Memiliki hubungan sinusoidal (Labibah, 2017)	Terbukti
4	Rotasi	Perbandingan nilai ω berdasarkan persamaan sinusoidal dengan perhitungan rata-rata nilai ω pada grafik ω -t	Terdapat perbedaan signifikan	Nilai yang didapatkan adalah sama	Tidak terbukti
5	Vibrasi	Pengaruh simpangan terhadap waktu (x-t) pada gerak osilasi harmonis	Grafik x-t menunjukkan hubungan sinusoidal teredam secara eksponensial dengan $\gamma = 0,1777 /s$	Memiliki hubungan sinusoidal yang teredam secara eksponensial	Terbukti

No	Jenis Gerak	Hubungan antarvariabel atau konstanta yang dibuktikan	Hasil percobaan	Teori atau hasil penelitian lain	Keterangan
6	Vibrasi	Jenis redaman	Berdasarkan grafik $x-t$, jenis redamannya adalah redaman kecil	Redaman kecil karena $\gamma^2 < 4\omega_0^2$	Terbukti

Hasil percobaan yang dilakukan pada ketiga jenis gerak tersebut juga menggunakan benda-benda yang mudah ditemukan dalam rumah. Kegiatan eksperimen seperti ini dapat diterapkan dalam kegiatan pembelajaran di kelas maupun di rumah karena tidak memerlukan material dan biaya yang tinggi (de Jesus *et al.*, 2018). Hal ini penting dilakukan untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa mengenai fenomena-fenomena fisika yang memerlukan pengamatan secara langsung dan bersifat kuantitatif (Aguilar-Marín *et al.*, 2018).

Meskipun demikian, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan pada kegiatan eksperimen ini, antara lain: penggunaan benda yang *tracking* harus memiliki warna yang kontras dengan latar belakangnya dan gerak benda tidak terlalu cepat sehingga fitur *autotrack* tidak bisa digunakan (harus *tracking* secara manual). Selain itu, pada percobaan ini juga memiliki kendala pada gerak rotasi dimana variabel-variabel pada gerak rotasi relatif tidak banyak dan tidak seluruh jenis gerak rotasi dapat *tracking*. Oleh karena itu, hasil percobaan gerak rotasi pada percobaan ini masih kurang memuaskan.

4. Respon dan Evaluasi Mahasiswa

Respon mahasiswa terkait dengan kegiatan eksperimen non-laboratorium menggunakan aplikasi TVA pada materi kinematika gerak dibagi menjadi delapan pertanyaan. Pertanyaan pertama membahas mengenai tingkat pemahaman mahasiswa antara sebelum dan sesudah melakukan kegiatan eksperimen. Hasil survey pada pertanyaan ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Respon mahasiswa terhadap tingkat pemahaman antara sebelum dan sesudah kegiatan eksperimen.

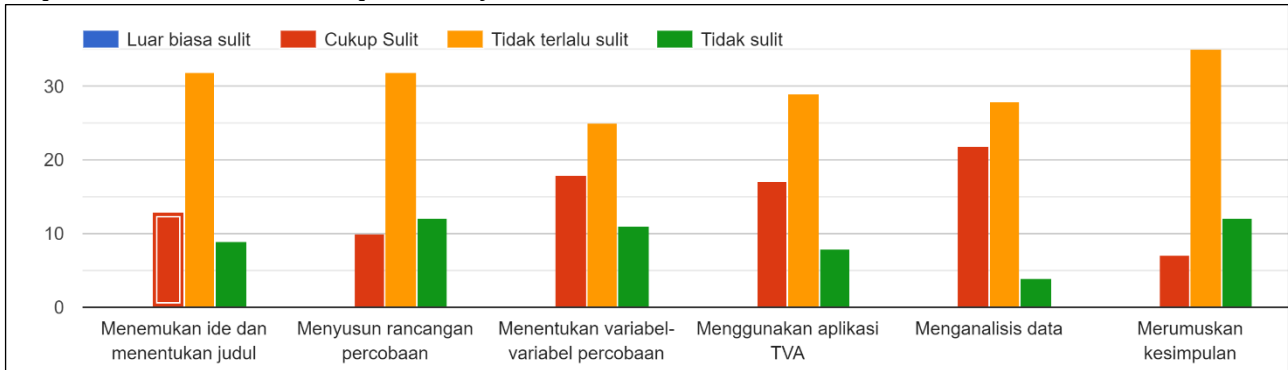
Kategori	Gerak		
	Translasi	Rotasi	Vibrasi
Tidak Paham	0	0	0
Kurang Paham	0	0	0
Cukup Paham	16	18	18
Paham	29	31	32
Sangat Paham	9	5	4

Tabel tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki tingkat pemahaman "paham" pada materi yang dieksperimenkan. Selain itu, tidak ada responden yang merasa berada pada kategori kurang paham maupun tidak paham dan hanya sebagian kecil saja responden yang sangat paham. Pada pertanyaan kedua berisi tentang tingkat kesulitan yang dialami oleh responden selama melakukan percobaan. Hasil survey dapat dilihat pada Gambar 11. Diagram tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar responden tidak terlalu kesulitan dalam melakukan delapan proses kegiatan eksperimen.

Namun, pada kegiatan menganalisis data, sebanyak 22 responden mengaku cukup kesulitan dalam melakukannya. Hal ini dikarenakan hasil *tracking* gerak benda pada aplikasi TVA yang terkadang tidak sesuai dengan hipotesisnya sehingga membuat banyak praktikan yang kesulitan dalam menganalisis data. Diagram batang juga menunjukkan bahwa sebagian kecil responden merasa tidak kesulitan dan cukup kesulitan dalam melakukan kegiatan eksperimen. Selain itu, tidak ada responden yang merasa luar biasa kesulitan dalam melakukan kegiatan eksperimen. Pada pertanyaan ketiga berisi mengenai ekspektasi yang diharapkan terhadap realita hasil eksperimen yang telah dilakukan oleh responden. Hasil respon responden dapat dilihat pada diagram lingkaran Gambar 12.

Diagram tersebut menunjukkan bahwa sebanyak 61% responden merasa kurang yakin dengan hasil eksperimennya. Sebanyak 24% responden merasa hasil eksperimennya sesuai

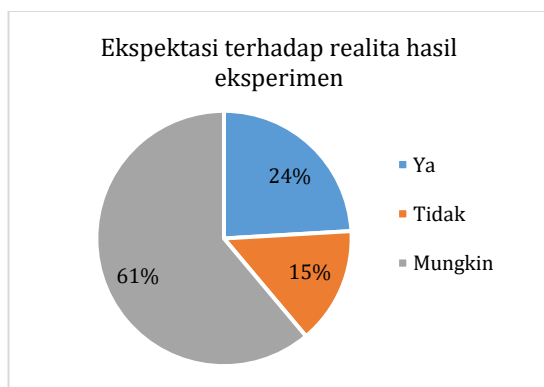
dengan dugaan/hipotesisnya, dan sebanyak 15% responden merasa hasil eksperimennya tidak sesuai dengan dugaan/hipotesisnya.



Gambar 11. Diagram tingkat kesulitan yang dialami mahasiswa ketika melakukan eksperimen.

Pada pertanyaan keempat berisi mengenai kendala atau hambatan yang dialami oleh responden ketika melakukan eksperimen. Hasil survey menunjukkan bahwa sebanyak 40,7% responden mengaku kesulitan dalam menemukan alat dan bahan yang digunakan untuk eksperimen. Sebanyak 37% responden mengaku kesulitan dalam menggunakan aplikasi (proses download, operasi, atau gawai yang tidak support dengan aplikasi). Sebanyak 24,1% responden mengaku bahwa beban tugas yang tidak sesuai dengan jumlah SKS-nya. Sebanyak 20,4% responden mengaku bahwa anggota kelompok lainnya kurang kooperatif. Terdapat pula beberapa hambatan lain yang dialami oleh sedikit responden.

responden setelah melakukan eksperimen. Hasil survey menunjukkan bahwa sebanyak 92,6% responden merasa dapat melatih kreativitas dengan merancang eksperimen. Sebanyak 83,3% responden merasa mendapatkan pengalaman belajar baru dan meningkatkan pemahaman mengenai kinematika gerak. Sebanyak 81,5% responden merasa dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan problem solving. Terdapat pula beberapa perubahan positif lain yang dialami oleh sedikit responden.



Gambar 12. Diagram ekspektasi harapan mahasiswa terhadap hasil eksperimen yang didapatkan.

Pada pertanyaan kelima berisi mengenai perubahan positif yang dirasakan oleh

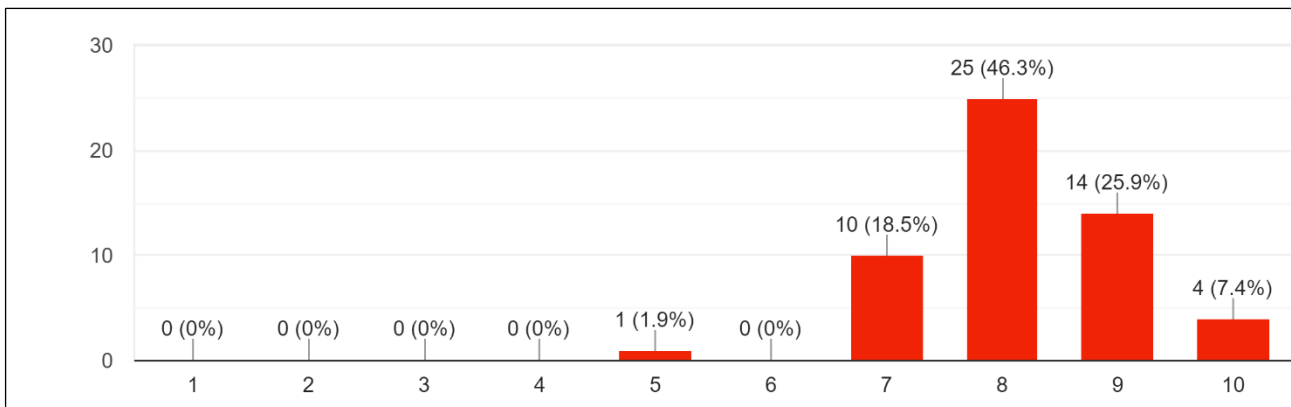
Pertanyaan keenam dan ketujuh membahas mengenai keinginan responden dalam melakukan penelitian lanjutan mengenai penggunaan aplikasi TVA sebagai salah satu media praktikum/eksperimen beserta alasannya. Gambar 13 menunjukkan diagram lingkaran hasil respon responden bahwa sebanyak 74,1% responden merasa mungkin ingin melanjutkannya. Sebanyak 22,2% responden mengaku ingin melanjutkannya dan hanya 3,7% responden tidak ingin melanjutkannya. Adapun beberapa alasan yang diungkapkan oleh responden adalah masih sedikit penelitian yang membahas mengenai penggunaan aplikasi ini dan penggunaan aplikasi ini dapat menganalisis gerak benda secara terukur. Selain itu, aplikasi TVA juga dianggap hal yang baru oleh responden sehingga tertarik untuk melanjutkannya. Namun, ada juga berpendapat bahwa aplikasi

ini kadang tidak kompatibel dengan gawai yang digunakan.



Gambar 13. Diagram respon keinginan mahasiswa untuk melakukan penelitian lanjutan setelah eksperimen.

Pertanyaan terakhir mengenai penilaian responden secara keseluruhan terhadap kegiatan eksperimen ini pada skala 1-10,



Gambar 14. Diagram batang mengenai respon mahasiswa terhadap kegiatan eksperimen secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa eksperimen non-laboratorium dengan menggunakan TVA pada kinematika gerak translasi, rotasi, dan vibrasi efektif untuk membuktikan dasar teori yang ditandai dengan terbuktinya 5 dari 6 hubungan antarvariabel maupun konstanta teoritis pada masing-masing gerak tersebut. Pada gerak translasi, pengaruh $x-v_x$ yaitu semakin jauh bola bergerak jatuh bebas, maka kecepatan gerak

dimana skor 1 adalah sangat buruk sedangkan skor 10 adalah sangat memuaskan. Hasil survey ditunjukkan oleh diagram batang seperti pada Gambar 14. Terlihat bahwa sebanyak sebagian besar responden memberikan nilai 8 dan 9. Jika dihitung nilai rata-ratanya, didapatkan skor sebesar 8,16 yang berarti bahwa kegiatan eksperimen ini dianggap memuaskan oleh responden.

Meskipun demikian, penelitian menggunakan jenis kualitatif ini memiliki kelemahan, yaitu tingkat subjektivitas yang tinggi (Bumbuc, 2016). Oleh karena itu, direkomendasikan pada penelitian selanjutnya yaitu dengan menggunakan jenis penelitian kuantitatif yang dapat dilakukan dengan memberikan pre-test maupun post-test kepada responden. Sehingga hasil yang didapatkan menjadi lebih objektif dan dapat menggambarkan pemahaman mahasiswa yang sesungguhnya.

bola tenis semakin besar, sedangkan pengaruh $x-a_x$ yaitu nilainya cenderung konstan dengan nilai a_x rata-rata sebesar 9,648 m/s². Pada gerak rotasi, pengaruh $y-t$ pada gerak melingkar horizontal akan membentuk grafik sinusoidal dengan persamaan $y = -18,51 \sin(-16,36t + 17,99)$ cm. Pada gerak vibrasi, pengaruh $x-t$ pada gerak osilasi teredam yaitu memiliki hubungan sinusoidal dengan koefisien redaman $\gamma = 0,1777/s$, jenis redaman kecil, dan persamaan gerak: $x(t) = A \exp(+0,1778t) \sin(4,08t + 1,21)$ cm. Respon mahasiswa terhadap

kegiatan eksperimen ini secara keseluruhan memiliki nilai rata-rata sebesar 8,16 yang berarti bahwa eksperimen non-laboratorium menggunakan aplikasi TVA dianggap memuaskan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, D. N., Yulianti, D., Agustina, N., Sri Lestari, R. D., & Nugraha, M. G. (2015). Metode Sederhana Menentukan Percepatan Gravitasi Bumi Menggunakan Aplikasi Tracker Pada Gerak Parabola Sebagai Media dalam Pembelajaran Fisika. *Prosiding Simposium Nasional Dan Pembelajaran Sains*, 305–308.
- Aguilar-Marín, P., Chavez-Bacilio, M., & Jáuregui-Rosas, S. (2018). Using analog instruments in Tracker video-based experiments to understand the phenomena of electricity and magnetism in physics education. *European Journal of Physics*, 39(3), 35204. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aaa8f8>
- Anjani, R. (2018). Menentukan Momentum Dan Koefisien Restitusi Benda Tumbukan Menggunakan Tracker Video Analyse. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 3(2), 21–25. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v3i2.6554>
- Aulia, M. R. (2018). Osilasi Teredam Pada Pegas Dengan Medium Fluida. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 3(1), 22–26. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v3i1.6549>
- Bumbuc, Ş. (2016). About Subjectivity in Qualitative Data Interpretation. *International Conference Knowledge-Based Organization*, 22(2), 419–424.
- Cortés, J. C., López-Navarro, E., Romero, J. V., & Roselló, M. D. (2021). Approximating the density of random differential equations with weak nonlinearities via perturbation techniques. *Mathematics*, 9(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/math9030204>
- de Jesus, V. L. B., Haubrichs, C., de Oliveira, A. L., & Sasaki, D. G. G. (2018). A low-cost experiment to visualise the Fourier series: Video analysis of a real plucked coiled spring. *European Journal of Physics*, 39(2), 25704. <https://orcid.org/0000-0002-6995-8378>
- Deta, U. A., Fadillah, R. N., Ria Agustina, P. Z., Prakoso, I., Nurlailiyah, A., Saregar, A., Misbah, & Lestari, N. A. (2020). The Scientific Argumentation Profile of Earthquake Mitigation of Non-Science Undergraduate Student in Universitas Negeri Surabaya. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012037>
- Enzomacagno, B. (1991). *Leonardian Fluid Mechanics I -History of Kinematics II - Inception of Modern Kinematics* (Issue 112). The University of Iowa. https://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=iuhr_monograph_series
- Gaffar, A. (2016). Pembelajaran Berbasis Praktikum Virtual Untuk Meningkatkan Sikap Ilmiah Siswa Kelas X Pada Materi Invertebrata. *Bio Educatio*, 1(1), 279471.
- Habibulloh, M., & Madlazim, M. (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. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 4(1), 15. <http://dx.doi.org/10.26740/jpfa.v4n1.p15-22>
- Halliday, D., Walker, J., & Resnick, R. (2014). *Fundamental of Physics* (10th ed.). John Wiley.
- Khader, M. (2020). *To solving the second order ordinary differential equation for making the pendulum animation and plotting the graph by using MATLAB*.
- Labibah, A. S. (2017). *Pembelajaran Fisika dengan Pendekatan Konstruktivisme Menggunakan Media Virtual dan Riil Ditinjau dari Motivasi Belajar Siswa pada Materi Gerak Harmonik Sederhana MAN 1 Surakarta*. Universitas Sebelas Maret.
- Limiansih, K., & Santosa, I. E. (2013). Redaman Pada Pendulum Sederhana. *Jurnal Fisika*

- Indonesia, XVII(51), 17–20.
- Mukharomah, F., & Mutiarani, A. (2021). Gerak Harmonik Tereadam Untuk Menentukan Koefisien Viskositas Fluida Berbantuan Software Tracker Video. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 6(1), 17–22. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v6i1.32385>
- Murti, S., Muhibuddin, M., & Nurmaliah, C. (2014). Penerapan Pembelajaran Berbasis Praktikum Untuk Peningkatkan Kemampuan Kognitif Dan Psikomotorik Pada Perkuliahan Anatomi Tumbuhan. *Jurnal Biologi Edukasi*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.1234/jbe.v6i1.2268>
- Nisma, E. B. J., Subiki, S., & Astutik, S. (2018). Identifikasi Kinematika Di Jalur B-29 Lumajang Pada Konsep Fisika Melalui Rancangan LKS Fisika SMA. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 3(2), 227–234.
- Poonyawatpornkul, J., & Wattanakasiwich, P. (2013). High-speed video analysis of damped harmonic motion. *Physics Education*, 48(6), 782–789. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/48/6/782>
- Putri, C., & Asrizal, A. (2019). Pengembangan Tool Pemodelan Gerak Melingkar Beraturan dengan Pengontrolan Laju Motor DC Berbantuan Analisis Video Tracker. *Pillar of Physics*, 12, 61–69.
- Qomari, R. (2009). Teknik Penelusuran Analisis Data Kuantitatif dalam Penelitian Kependidikan. *Jurnal Pemikiran Alternatif Pendidikan*, 14(3), 1–11. <https://doi.org/10.24090/insania.v14i3.372>
- Quiroga, G. D., & Ospina-Henao, P. A. (2017). Dynamics of damped oscillations: Physical pendulum. *European Journal of Physics*, 38(6). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa8961>
- 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. <http://dx.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>
- Syaepudin, M. R. (2018). Menganalisis Sudut Pendulum Pada Bidang Miring Menggunakan Software Tracker Video. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 3(2), 14–20. <https://doi.org/10.15575/jotalp.v3i2.6553>
- Wee, L. K., Chew, C., Goh, G. H., Tan, S., & Lee, T. L. (2012). Using tracker as a pedagogical tool for understanding projectile motion. *Physics Education*, 47(4), 448–455. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/47/4/448>
- Yolanda, M. E. (2018). Penentuan Nilai Koefisien Redaman Pada Pendulum-Magnet Dan Lempeng Tembaga. Universitas Sanata Dharma.
- Yuningsih, N., & Sardjito, S. (2020). Gerak Vertikal Benda Berukuran Berbeda yang Jatuh Tanpa Kecepatan Awal dan Bergesekan dengan Udara. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 11(1), 710–714.