

Pengembangan Modul Praktikum Osilasi Terebam Pada Pegas Berbasis Analisis Video Berbantuan Tracker

Nur Sa'idatu Fitriya Sari ✉, Ngurah Made Darma Putra

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
 Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Februari 2021

Disetujui April 2021

Dipublikasikan April 2021

Keywords:

Practical Module, Damped Oscillation, Conventional, Software Tracker, Phyphox

Abstrak

Materi osilasi teredam pada mata kuliah gelombang membutuhkan praktikum untuk memahami. Praktikum yang dilakukan secara konvensional masih terdapat adanya data yang kurang akurat yang disebabkan kesalahan manusia, sehingga diperlukan alternatif lain untuk membantu praktikum. Perkembangan teknologi yang dapat membantu dalam melakukan praktikum yaitu software tracker dan phyphox. Metode penelitian menggunakan R&D Borg and Gall. Penelitian ini dimulai dengan melakukan praktikum secara konvensional, berbantuan software tracker, dan phyphox untuk menentukan nilai konstanta redaman. Instrumen yang digunakan meliputi kamera hp, software tracker, aplikasi phyphox, dan lembar angket. Data yang dianalisis berupa hasil praktikum, uji kelayakan modul, dan hasil respon mahasiswa. Praktikum osilasi teredam yang memiliki ketelitian tinggi yaitu praktikum berbantuan software tracker dengan nilai konstanta redaman pada air sebesar (1.83 ± 0.0059) kg/s dengan ketelitian sebesar 96.3%. Sedangkan hasil osilasi teredam pada air sabun diperoleh nilai konstanta redaman sebesar (0.155 ± 0.002) kg/s dengan ketelitian sebesar 98.47%. Hasil uji kelayakan modul osilasi teredam berbantuan tracker oleh ahli diperoleh skor 83% dengan kriteria sangat layak. Tanggapan mahasiswa terhadap modul praktikum memperoleh skor 90% dengan kriteria sangat baik.

Abstract

The damped oscillation material in the wave course requires practicum to understand. In conventional practicums, there are still customary data that are less accurate due to human error, so other alternatives are needed to help the practicum. Technological developments that can assist in conducting practicum are tracker software and phyphox. The research method uses R&D of Borg and Gall. This research was started by conducting a conventional practicum, assisted by software tracker, and phyphox to determine the value of the damping constant. The instruments used include a camera, tracker software, phyphox, and a questionnaire sheet. The data analyzed were in the form of practicum results, module feasibility tests, and student responses. Damped oscillation practicum that has high accuracy is a software-assisted practicum tracker with a damping constant value in water of (1.83 ± 0.0059) kg/s with an accuracy of 96.3%. While the damped oscillation results in soapy water obtained a damping constant value of (0.155 ± 0.002) kg/s with an accuracy of 98.47%. The results of the feasibility test of the damped oscillation module assisted by a tracker by an expert obtained a score of 83% with very feasible criteria. Student responses to the practicum module scored 90% with very good criteria.

PENDAHULUAN

Kaniawati (2017) menyatakan bahwa fisika merupakan salah satu cabang mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam yang menjelaskan berbagai fenomena alam dalam kehidupan sehari-hari yang dapat dijelaskan melalui sebuah konsep, teori, dan Hukum Fisika. Pembelajaran fisika membutuhkan pendekatan yang tidak hanya menuntut peserta didik untuk paham terhadap teori dan konsep, tetapi menuntut peserta didik melakukan pengamatan dan percobaan untuk menemukan konsep melalui kegiatan tersebut. Salah satu aspek yang dapat mempengaruhi keberhasilan dalam belajar adalah melakukan praktikum.

Praktikum ialah pembelajaran dimana peserta didik melakukan percobaan untuk memahami dan membuktikan sesuatu yang dipelajari. Pada umumnya peserta didik melakukan praktikum secara langsung. Namun terdapat beberapa kendala dalam melakukan praktikum secara langsung yang disebabkan karena human error, dimana setiap peserta didik memiliki pengamatan yang berdeda-beda, sehingga data yang diperoleh kurang akurat.

Salah satu materi gelombang adalah osilasi teredam. Osilasi teredam merupakan gerak benda yang dipengaruhi oleh hambatan udara dan gesekan internal sistem yang berosilasi dan lama kelamaan akan berhenti. Berdasarkan hasil wawancara dengan Mahasiswa Pendidikan Fisika UNNES, dalam melakukan praktikum osilasi teredam secara konvensional sering kali mengalami hambatan ketika melakukan pencatatan waktu gerak benda. Praktikan juga tidak dapat mengetahui bentuk grafik yang dialami sistem. Maka dari itu, diperlukan suatu alat bantu yang mampu memvisualisasikan suatu fenomena fisika secara jelas dan mampu mengatasi kekurangan dari praktikum secara konvensional.

Beberapa tahun terakhir teknologi informasi sangat berkembang pesat, salah satunya pada bidang pendidikan (Budiman, 2017). Perkembangan teknologi informasi

yang dapat membantu dalam melakukan praktikum yaitu dengan memanfaatkan sensor-sensor pada smartphone (phyphox) dan dapat menggunakan perangkat lunak analisis video (tracker).

Phyphox merupakan aplikasi yang dikembangkan sebagai alat bantu dalam melakukan percobaan fisika. Aplikasi ini mengintegrasikan berbagai sensor smartphone (Staacks, et al., 2018). Pada aplikasi phyphox hasil yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik dan nilai yang didapat dari percobaan. Penggunaan sensor smartphone dilakukan pada penelitian Suciarahmat (2015) untuk menentukan percepatan gravitasi dengan hasil nilai percepatan gravitasi mendekati secara teori.

Tracker merupakan perangkat lunak yang berfungsi untuk menganalisis gerak suatu objek yang terdapat dalam video dengan cara membuat jejak mengikuti gerak objek yang ada dalam video (Fitriyanto & Suchyo, 2016). Hasil analisis video menggunakan tracker yaitu berbentuk tabel dan grafik, sehingga dapat menarik kesimpulan berdasarkan data statistik yang diperoleh dari software tracker (Habibulloh & Madlazim, 2014).

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti melakukan pengembangan modul praktikum osilasi teredam dengan melihat hasil ketelitian tertinggi dari praktikum secara konvensional, berbantuan tracker, dan phyphox. Tujuan penelitian ini menjelaskan unjuk kerja serta ketelitian hasil praktikum osilasi teredam secara konvensional dan berbantuan teknologi, menjelaskan bentuk modul praktikum, dan menjelaskan kelayakan modul praktikum osilasi teredam.

METODE PENELITIAN

Hasil interpretasi data pada setiap parameter dilakukan proses pembobotan dan skoring sesuai dengan Tabel 2. Hasil dari pembobotan dan skoring pada setiap parameter berupa peta yang selanjutnya dilakukan proses tumpangtindih (*overlay*)

untuk mendapatkan nilai kestabilan wilayah. Nilai kestabilan wilayah tersebut dianalisis untuk mengetahui tipologi kawasan rawan bencana gempabumi dan tipe pola ruang di daerah penelitian.

Metode penelitian yang digunakan yaitu Research and Development dari Borg and Gall yang terdiri atas sepuluh tahapan penelitian (Setiawan, 2020). Namun pada penelitian ini hanya menggunakan lima tahapan yaitu penelitian dan pengumpulan informasi awal, perencanaan, pengembangan produk, uji coba, dan revisi. Subjek penelitian adalah Mahasiswa Pendidikan Fisika Angkatan 2019 UNNES yang telah menempuh mata kuliah gelombang dan melakukan praktikum osilasi teredam. Pengumpulan data menggunakan cara wawancara, praktikum, dan kuisioner.

Instrumen penelitian meliputi: (1) Kamera Samsung Galaxy A12, (2) Software tracker versi 5.1.5, (3) Aplikasi phyphox pada Asus Zenfone Max Pro M1, (4) Angket wawancara, (5) Lembar kelayakan modul (validator) dan angket respon mahasiswa menggunakan skala likert dengan rentang skor 1 sampai 4.

Praktikum osilasi teredam dilakukan secara konvensional, berbantuan tracker, dan phyphox. Dalam menentukan nilai konstanta pegas dan nilai konstanta redaman pada praktikum konvensional dan phyphox menggunakan persamaan (1.1) dan (1.2). Sedangkan persamaan (1.3) akan digunakan untuk menentukan konstanta redaman pada tracker.

$$k = \frac{m 4\pi^2}{T^2} \quad (1.1)$$

Keterangan:

K = konstanta pegas (N/m)

m = massa benda (kg)

T = periode(s)

$$b = \sqrt{4m^2 \left(\frac{k}{m} - \frac{4\pi^2}{T^2} \right)} \quad (1.2)$$

Keterangan:

b = konstanta redaman (kg/s)

k = konstanta pegas (N/m)

m = massa benda (kg)

T = Periode (s)

$$y(t) = Ae^{-\gamma t} \cos(\omega t + C)$$

$$y(t) = (A + Bt)e^{-\gamma t}$$

$$y(t) = Ae^{-\lambda t} + Be^{-\lambda t} \quad (1.3)$$

Ketiga cara praktikum dianalisis dengan menentukan nilai konstanta pegas, nilai konstanta redaman, standar deviasi, kesalahan relatif, dan ketelitian. Penentuan standar deviasi menggunakan Persamaan (1.4), kesalahan relatif Persamaan (1.5), dan ketelitian menggunakan Persamaan (1.6).

$$(\Delta b) = \sqrt{\frac{\sum (b_i - b_r)^2}{n(n-1)}} \quad (1.4)$$

$$(KR) = \frac{\Delta b}{b} \times 100\% \quad (1.5)$$

$$(KT) = 100\% - KR \quad (1.6)$$

Analisis kelayakan modul dan respon mahasiswa menggunakan rumus menurut (Arikunto, 2009) sebagai berikut:

$$P = \frac{f}{n} \times 100\% \quad (1.7)$$

Keterangan:

P = Persentase skor (%)

f = Jumlah skor yang diperoleh

n = Jumlah skor maksimum

Kriteria kelayakan modul dan respon mahasiswa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kelayakan Modul dan Respon Mahasiswa

Presentase Interval	Kategori
81% – 100%	Sangat Layak
61% – 80%	Layak
41% – 60%	Kurang Layak
21% – 40%	Tidak Layak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada bagian ini dijelaskan hasil yang diperoleh dari setiap tahapan pengembangan modul praktikum osilasi teredam yakni sebagai berikut:

1. Penelitian dan Pengumpulan Informasi Awal

Pengumpulan informasi awal diperoleh dengan melakukan wawancara dengan delapan Mahasiswa Pendidikan Fisika Angkatan 2019 yang telah melakukan praktikum osilasi teredam. Berdasarkan hasil angket wawancara, seluruh responden menyatakan bahwa kendala yang dihadapi ketika melakukan praktikum osilasi teredam secara konvensional yaitu pada saat melakukan pengambilan data waktu osilasi yang bersamaan dengan mengamati gerak osilasi benda di dalam fluida. Hal tersebut dapat menyebabkan data yang diperoleh kurang akurat, dikarenakan pengamatan setiap praktikan berbeda-beda. Pada saat praktikum osilasi teredam secara konvensional, praktikan tidak dapat membuat grafik hubungan simpangan terhadap waktu berdasarkan data yang diperoleh, sehingga praktikan tidak mengetahui bentuk grafik jenis redaman yang dialami sistem. Adapun upaya untuk mengatasi kekurangan praktikum, maka peneliti mengajukan alternatif praktikum osilasi teredam dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yaitu berbantuan tracker dan phyphox.

2. Perencanaan

Peneliti melakukan praktikum osilasi teredam untuk mengetahui nilai konstanta redaman secara konvensional, berbantuan tracker, dan berbantuan smartphone.

a. Praktikum Konvensional

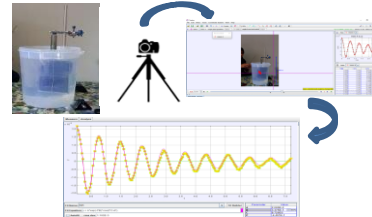
Pada praktikum secara konvensional dalam menentukan waktu osilasi benda yaitu dengan memanfaatkan stopwatch.



Gambar 1. Rangkaian Alat Praktikum Konvensional

b. Praktikum Berbantuan Tracker

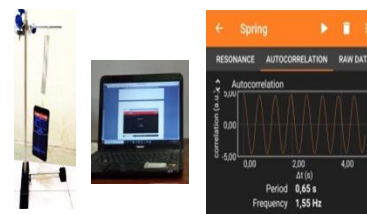
Praktikum berbantuan software tracker membutuhkan kamera yang digunakan untuk merekam gerak osilasi benda di dalam fluida. Hasil praktikum berupa video akan dianalisis menggunakan software tracker.



Gambar 2. Rangkaian Alat Praktikum Berbantuan Tracker

c. Praktikum Berbantuan Phyphox

Praktikum berbantuan smartphone menggunakan praktikum spring pada aplikasi phyphox untuk menentukan waktu osilasi. Pada saat melakukan praktikum, peneliti melakukan kontrol dengan menyambungkan pada laptop.



Gambar 3. Rangkaian Alat Praktikum Berbantuan Phyphox

Tabel 2. Perbandingan Hasil Konstanta Pegas

	Konvensional	Tracker	Phyphox
k	(22.80 ± 2.28) N/m	-	(20.51 ± 0.59) N/m
KR	10.01%	-	2.90 %
KT	89.99%	-	97.1%

Tabel 3. Perbandingan Hasil Konstanta Redaman pada Medium Air

	Konvensional	Tracker	Phyphox
b	(2.17 ± 0.29) kg/s	(0.13 ± 0.0059) kg/s	(1.82 ± 0.11) kg/s
KR	13.27%	3.7%	5.89%
KT	86.73%	96.3%	94.11%

Tabel 4. Perbandingan Hasil Konstanta Redaman pada Medium Air Sabun

	Konvensional	Tracker	Phyphox
b	(2.95 ± 0.60) kg/s	(0.155 ± 0.002) kg/s	(1.93 ± 0.17) kg/s
KR	20.18%	1.53%	8.76%
KT	79.82%	98.47%	91.24%

3. Pengembangan Produk Awal

Berdasarkan hasil praktikum menunjukkan bahwa praktikum berbantuan tacker memiliki ketelitian yang lebih tinggi dari konvensional maupun phyphox, sehingga peneliti mengembangkan modul praktikum osilasi teredam berbantuan tracker.



Gambar 4. Modul Praktikum dan Panduan Tracker

4. Uji Coba

Uji coba modul diberikan kepada dua kelompok, yaitu validasi ahli (dosen fisika) untuk mengetahui tingkat kelayakan modul dan mahasiswa untuk mengetahui tanggapan mengenai modal yang telah dikembangkan. Berdasarkan hasil uji coba dari mahasiswa memperoleh skor 90% dengan kriteria sangat layak sedangkan oleh dosen memperoleh skor rata-rata 83% dari ke-4 aspek kelayakan modul.



Gambar 5. Hasil Kelayakan Modul

5. Revisi

Tahap selanjutnya setelah modul divalidasi oleh dosen ahli yaitu melakukan revisi untuk memperbaiki modul sesuai kritik dan saran dari ahli. Hal-hal yang perlu direvisi yaitu pada kalimat tips praktikum lebih jelas dan pada tabel data diberi jenis fluida dan temperatur ruang. Adapun revisi dari mahasiswa yaitu diminta untuk memberi penjelasan analisis yang akan digunakan dan tata letak sistematika laporan.

Pembahasan

a. Unjuk Kerja dan Ketelitian Hasil Praktikum Osilasi Teredam

Pada praktikum osilasi teredam secara konvensional yaitu untuk menentukan nilai konstanta redaman harus mengetahui terlebih dahulu nilai konstanta pegas yang digunakan. Pada praktikum ini untuk mencari waktu osilasi benda yaitu dengan menggunakan stopwatch.

Praktikum osilasi teredam berbantuan software tracker untuk menentukan nilai konstanta redaman tidak melewati tahap menentukan nilai konstanta pegas terlebih dahulu. Praktikum ini membutuhkan kamera untuk merekam gerak osilasi di dalam fluida. Kamera yang digunakan yaitu kamera smartphone Samsung Galaxy A12 dengan resolusi 30 fps. Berdasarkan penelitian Tirtasari, et al. (2016) menyatakan bahwa kamera dengan resolusi 30 fps cukup baik untuk merekam peristiwa gerak benda dan software tracker sangat tepat digunakan untuk menganalisis video praktikum. Hasil praktikum berupa video yang akan dianalisis menggunakan software tracker versi 5.1.5. Cara menganalisis video praktikum yaitu dengan melakukan tracking posisi benda di dalam video, setelah itu akan ditampilkan sebuah grafik hasil analisis. Berdasarkan grafik yang diperoleh, maka dapat melakukan input persamaan pada fit builder dan mengatur parameter agar curve fit sesuai dengan grafik eksperimen untuk memperoleh besaran yang ingin diketahui.

Praktikum osilasi teredam berbantuan phyphox. Praktikum ini menggunakan praktikum spring pada aplikasi phyphox untuk mencari waktu osilasi benda. Dalam

melakukan praktikum ini, peneliti melakukan kontrol dengan menghubungkan smartphone (aplikasi phyphox) pada laptop. Ketika melakukan kontrol, smartphone dalam fluida harus menggunakan jaringan yang sama dengan laptop. Pada praktikum osilasi teredam berbantuan smartphone untuk menentukan nilai konstanta redaman harus menentukan terlebih dahulu nilai konstanta pegas yang digunakan.

Praktikum osilasi teredam secara konvensional memiliki kelebihan yaitu mudah untuk mengetahui waktu osilasi dengan menggunakan stopwatch. Akan tetapi terdapat hambatan dalam melakukan pencatatan waktu osilasi, dimana peneliti harus mengamati osilasi benda di dalam fluida sekaligus memulai dan menghentikan stopwatch. Sehingga hasil yang diperoleh kurang akurat. Pada praktikum osilasi teredam berbantuan tracker membutuhkan ketelitian yang lebih dalam menganalisis video hasil praktikum untuk mendapatkan hasil yang akurat. Sedangkan pada praktikum osilasi teredam berbantuan phyphox untuk mendapatkan data waktu osilasi cukup mudah dan hasil yang diperoleh bagus. Akan tetapi, dalam melakukan praktikum hasil yang diperoleh tidak langsung ditampilkan karena mengalami keterlambatan (delay) yang disebabkan oleh jaringan. Serta tidak semua smartphone memiliki sensor yang digunakan dalam pengukuran praktikum berbantuan aplikasi phyphox.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam menentukan nilai konstanta redaman dengan menggunakan software tracker memiliki persentase kesalahan relatif yang lebih kecil. Hal ini berarti bahwa persentase ketelitian yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan praktikum secara konvensional maupun berbantuan smartphone.

b. Validitas Konstruksi terkait Bentuk Modul Praktikum

Validitas konstruksi terkait bentuk modul praktikum osilasi teredam berbantuan software tracker memperoleh skor sebesar 83%. Menurut Daryanto (2013) terdapat lima karakteristik modul yaitu self instructional, self contained, stand alone, adaptive, dan user friendly.

Modul praktikum osilasi teredam berbantuan tracker yang telah dikembangkan terdapat tujuan, materi praktikum yang

dilengkapi dengan ilustrasi atau gambar yang mendukung, serta terdapat soal-soal evaluasi. Hal ini menunjukkan bahwa modul memiliki kriteria self instructional dan self contained yang berarti bahwa mahasiswa dapat belajar tanpa bergantung pada pihak lain karena materi disajikan secara lengkap.

Modul osilasi teredam ini memanfaatkan tracker untuk menganalisis video hasil praktikum. Software tracker dapat membantu mahasiswa untuk meningkatkan pemahaman dengan hasil berupa grafik dan tabel data. Sehingga mahasiswa dapat meningkatkan kemampuan dalam merepresentasi grafik. Maka dapat diketahui bahwa modul praktikum memiliki kriteria adaptive karena dapat meningkatkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Pada modul juga terdapat langkah kerja praktikum yang tidak dituliskan secara rinci yang bertujuan untuk meningkatkan kreativitas mahasiswa dalam melakukan praktikum, terdapat tips praktikum yang bertujuan untuk memudahkan praktikan melakukan analisis pada software tracker, dan pada bagian akhir modul terdapat sistematika laporan sebagai pedoman mahasiswa dalam menyusun laporan. Adapun modul praktikum ini dilengkapi dengan panduan penggunaan software tracker untuk melakukan analisis video. Hal ini menunjukkan bahwa modul memiliki kriteria user friendly yang mana modul dapat membantu penggunaannya.

Berdasarkan uraian di atas menunjukkan bahwa modul praktikum osilasi teredam berbantuan tracker yang telah dikembangkan mencakup empat kriteria modul dari lima kriteria modul. Kriteria stand alone tidak terdapat pada modul yang dikembangkan karena modul praktikum ini sebagai pelengkap dari pengaplikasian materi osilasi teredam dan masih memerlukan rujukan pada buku utama.

c. Kelayakan Modul Praktikum

Penilaian kelayakan modul menurut BSNP (2007) meliputi empat aspek yang harus dinilai yaitu aspek kelayakan isi, bahasa, penyajian, dan kegrafisan. Berdasarkan hasil kelayakan modul praktikum yang dikembangkan memperoleh skor rata-rata sebesar 83% dengan kriteria sangat layak oleh dosen ahli.

Aspek kelayakan isi berkaitan dengan isi modul dan materi praktikum. Mendapatkan skor 81%, aspek kelayakan bahasa

mendapatkan skor sebesar 82%, aspek kelayakan penyajian modul memperoleh skor 83%, dan aspek kegrafisan memperoleh 87%. Berdasarkan hasil persentase setiap aspek kelayakan menunjukkan bahwa modul sangat layak untuk digunakan.

Tanggapan mahasiswa terhadap kelayakan modul praktikum memperoleh skor sebesar 90.3% dengan kriteria sangat layak. Respon mahasiswa menyatakan bahwa isi modul yang dikembangkan sangat lengkap, mudah dipahami, dapat digunakan secara mandiri, dan tracker membantu dalam melakukan praktikum.

SIMPULAN

1. Praktikum berbantuan tracker menunjukkan unjuk kerja yang lebih unggul dibanding praktikum secara konvensional dan phyphox.
2. Bentuk modul praktikum memiliki kriteria self-instructional, self contained, adaptive, dan user friendly.
3. Modul praktikum osilasi teredam berbantuan tracker memperoleh penilaian validasi dari dosen ahli sebesar 83% dengan kriteria sangat layak. Penilaian calon pengguna (mahasiswa) terhadap modul praktikum mendapatkan skor 90% dengan kriteria sangat layak untuk membantu dalam melakukan praktikum.

SARAN

4. Pengembangan modul praktikum osilasi teredam berbantuan software tracker diperlukan uji coba secara langsung kepada mahasiswa untuk mengetahui keefektifan praktikum
5. Dalam melakukan perekaman praktikum, lebih baik menggunakan kamera yang memiliki resolusi tinggi.
6. Pada saat melakukan perekaman peristiwa osilasi teredam harus menggunakan background yang kontras,

untuk mempermudah dalam melakukan tracking benda pada software tracker.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto S., & Jabar, C. S. A. 2009. Evaluasi Program Pendidikan. Jakarta: Bumi Aksara.
- Badan Standar Nasional Pendidikan dan Pusat Perbukuan. 2007. Media Komunikasi dan Dialog Standar Pendidikan. Jakarta: BSNP.
- Budiman, H. 2017. Peran Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Pendidikan. Jurnal Pendidikan Islam, 8(1), 31-43.
- Daryanto. 2013. Menyusun Modul: Bahan ajar untuk Persiapan Guru dalam Mengajar. Yogyakarta: Gava Media.
- Fitriyanto, I. & I, Sucahyo. 2016. Penerapan Software Tracker Video Analyzer pada Praktikum Kinematika Gerak. Inovasi Pendidikan Fisika, 5(3), 92-97.
- 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, 4(1), 15-22.
- Kaniawati, I. 2017. Pengaruh Simulasi Komputer terhadap Peningkatan Penguasaan Konsep Impuls-Momentum Siswa SMA. Jurnal Pembelajaran Sains, 1(1), 24-26.
- Setiawan, Y. 2020. Pengembangan Model Pembelajaran Matematika SD Berbasis Permainan Tradisional Indonesia dan Pendekatan Matematika Realistik. Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan, 10(1), 12-21.
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. 2018. Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. Physics Education, 53(4), 045009.

Suciarahmat, A., & Pramudya, Y. 2015. Aplikasi Sensor Smartphone dalam Eksperimen Penentuan Percepatan Gravitasi. Jurnal Fisika Indonesia, 19(55).

Tirtasari, Y., Latief, D. F. E., & Amahoru, A. H. 2016. Penggunaan Teknik Video Tracking untuk Mengamati Fenomena Osilasi Teredam pada Pegas. Prosiding SNIPS, 785-794.