

Rancang Bangun Alat Peraga Osilasi Teredam Pada Pegas Berbasis Arduino Uno Menggunakan Sensor Acceloremeter MPU-6050

Ryna Aulia Falamy^{*1}, Kartini Herlina², Hanifah Zakiya³, Wahyu Amrullah⁴, Sri Rahayu⁵

^{1,2,3,4}Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung

⁵Magister Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung

*rynaafalamy@fkip.unila.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.52188/jpfs.v8i1.1231>

Accepted: 6 Maret 2025 Approved: 29 Maret 2025 Published: 30 Maret 2025

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan alat peraga osilasi teredam berbasis sistem pegas massa dengan memanfaatkan Arduino Uno dan sensor accelerometer MPU-6050. Pengembangan alat ini bertujuan memberikan solusi praktis dalam pembelajaran materi osilasi teredam. Data osilasi yang diukur oleh sensor accelerometer MPU-6050 dikirimkan ke perangkat lunak PLX-DAQ untuk analisis secara nyata. Hasil eksperimen ini menunjukkan bahwa redaman terkecil terjadi di udara (osilasi terlama), redaman sedang di air, dan redaman terbesar di minyak (osilasi berhenti cepat). Analisis kuantitatif memperlihatkan perbedaan signifikan koefisien redaman antar medium, yang berkorelasi dengan viskositas dan resistansi fluida. Alat ini menunjukkan efektivitasnya sebagai pengganti metode tradisional yang lebih terjangkau, mudah disesuaikan, dan memiliki tingkat akurasi yang baik. Dengan aplikasi PLX-DAQ dapat menyederhanakan proses pengumpulan dan visualisasi data. Selain menyajikan demonstrasi visual osilasi teredam, alat ini juga memperkenalkan siswa pada penerapan teknologi mikrokontroler dan sensor digital dalam eksperimen fisika. Studi ini menawarkan pendekatan eksperimental yang inovatif untuk mempelajari dinamika osilasi teredam, yang berguna dalam pengajaran fisika maupun penelitian lebih lanjut, serta berpotensi untuk dikembangkan pada parameter atau kondisi yang berbeda.

Kata kunci: Arduino Uno, MPU-6050, Osilasi teredam, PLX-DAQ

ABSTRACT

This study developed a damped oscillation demonstrator based on a mass-spring system using an Arduino Uno and an MPU-6050 accelerometer sensor. This tool development aims to provide a practical solution for teaching the concept of damped oscillations. The oscillation data measured by the MPU-6050 accelerometer sensor is transmitted to the PLX-DAQ software for real-time analysis. The experimental results show that the smallest damping occurs in air (longest oscillation), moderate damping in water, and the most outstanding damping in oil (oscillation stops quickly). Quantitative analysis reveals significant differences in the damping coefficients among the media, which correlate with fluid viscosity and resistance. This tool proves effective as an affordable alternative to traditional methods, is easily customisable, and has good accuracy. The use of PLX-DAQ simplifies the data collection and visualisation process. In addition to visually demonstrating damped oscillations, this tool also introduces students to applying microcontroller technology and digital sensors in physics experiments. This study offers an innovative experimental approach to studying the dynamics of damped oscillations, which is helpful for physics education and further research, with potential for development under different parameters or conditions.

Keyword: Arduino Uno, MPU-6050, Damped oscillation, PLX-DAQ

@2025 Pendidikan Fisika FKIP Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

PENDAHULUAN

Fisika merupakan cabang ilmu dasar yang menjadi fondasi bagi berbagai disiplin ilmu. Di antara banyak konsep dalam fisika, topik osilasi dan gelombang memiliki peran penting karena berkaitan langsung dengan berbagai fenomena alam dan aplikasi teknologi (Aulia et al., 2018). Salah satu konsep yang termasuk dalam topik ini adalah osilasi teredam, yaitu fenomena berkurangnya amplitudo getaran suatu sistem seiring waktu akibat adanya gaya resistif, seperti gesekan atau hambatan fluida (Nurdin & Hastuti, 2019). Pemahaman terhadap konsep ini sangat penting, terutama dalam bidang teknik dan rekayasa yang sering berhadapan dengan sistem fluida dinamis dan getaran (Ghifari et al., 2023).

Namun, dalam konteks pembelajaran di sekolah, konsep osilasi teredam sering kali sulit dipahami siswa karena sifatnya yang abstrak dan matematis (Shakur & Emmert, 2019). Jika materi ini hanya disampaikan secara teoritis melalui penjelasan verbal atau persamaan matematika tanpa dilengkapi pendekatan visual atau praktikum, maka siswa cenderung mengalami kesulitan dalam membayangkan fenomena tersebut secara konkret (Kause, 2019). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menyederhanakan dan memvisualisasikan konsep tersebut, agar siswa dapat lebih mudah mengaitkannya dengan fenomena nyata di sekitar mereka. Untuk menjembatani kesulitan tersebut, dibutuhkan pendekatan pembelajaran yang bersifat konkret melalui kegiatan eksperimen (Taneo et al., 2021). Eksperimen atau praktikum fisika dapat membantu siswa mengaitkan konsep teoritis dengan kenyataan yang dapat diamati (Mukharomah et al., 2021). Oleh karena itu, penting bagi guru menyediakan alat peraga yang relevan dan representatif dalam menyampaikan konsep osilasi teredam secara langsung (Hasnita, 2019). Alat peraga menjadi media penghubung antara teori dan realitas yang memungkinkan terjadinya pembelajaran bermakna (Sari, 2019).

Alat peraga tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai sarana interaksi dan komunikasi antara guru dan peserta didik. Seperti yang dijelaskan oleh Kause dan Boimau (2019), alat peraga yang tepat dapat meningkatkan keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran dan membantu mereka memahami konsep fisika dengan lebih baik (Asih et al., 2022). Keberadaan alat yang mampu memperlihatkan langsung proses osilasi teredam dalam berbagai medium menjadi sangat penting dalam kegiatan pembelajaran tersebut (Aulia et al., 2018). Kemajuan teknologi, khususnya di bidang elektronika, telah membuka peluang besar dalam pengembangan alat peraga digital yang tidak hanya presisi tetapi juga mudah disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran. Perkembangan ini memungkinkan guru dan siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep fisika secara lebih konkret dan interaktif (Azis & Ramli, 2021). Salah satu keunggulan dari teknologi digital adalah kemampuannya dalam mengintegrasikan sensor dan sistem pemrosesan data secara *real-time*, sehingga proses observasi terhadap fenomena fisika menjadi lebih akurat dan mudah dianalisis (Permatasari et al., 2019). Selain itu, fleksibilitas perangkat digital memungkinkan pengembang alat peraga untuk menyesuaikannya dengan berbagai topik pembelajaran tanpa memerlukan perangkat keras yang berbeda untuk setiap eksperimen (Fitria, 2022).

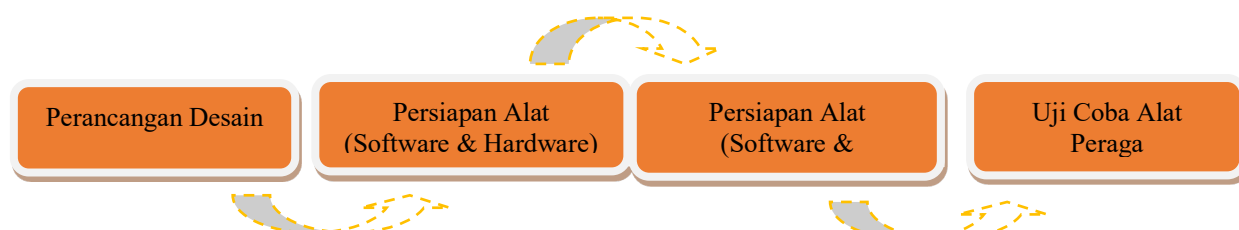
Salah satu teknologi yang sangat potensial dalam pengembangan alat peraga fisika tersebut adalah mikrokontroler Arduino (Utomo et al., 2020). Arduino dikenal sebagai platform *open-source* yang tidak hanya terjangkau, tetapi juga cukup canggih dalam mendukung eksperimen ilmiah dan Pendidikan (Hadinigrum et al., 2011). Mikrokontroler ini memiliki berbagai fitur penting seperti input/output digital, input *analog*, *Analo to Digital Converter* (ADC), *timer*, *counter*, *Pulse Width Modulation* (PWM) (Sulthoni & Suprianto, 2018). Karena kemudahan pemrogramannya dan kompatibilitasnya dengan berbagai sensor serta modul tambahan, Arduino sangat diminati dalam dunia pendidikan sebagai media untuk menerapkan pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan STEM (Yulkifli et al., 2022). Fleksibilitas Arduino memungkinkan koneksi dengan berbagai perangkat eksternal seperti sensor, aktuator, dan layar tampilan (Tanza & Sumariyah, 2019). Beberapa penelitian sebelumnya telah memanfaatkan Arduino untuk mengembangkan alat ukur besaran fisis, seperti alat pengukur percepatan gravitasi, alat pengukur momen inersia, alat pengukur viskositas fluida, hingga perangkat eksperimen konstanta Joule (Mataubenu, 2018). Hal ini menunjukkan potensi besar Arduino dalam mendukung eksperimen fisika yang murah dan inovatif (Qomariyah & Wirawan, 2018).

Salah satu kelebihan Arduino adalah kemampuannya dalam berkomunikasi dengan komputer untuk keperluan akuisisi data (Utomo et al., 2020). Hal ini dimungkinkan dengan dukungan perangkat lunak seperti PLX-DAQ (*Parallax Data Acquisition*), yaitu *add-on* untuk *Microsoft Excel* yang dapat menerima data dari Arduino secara langsung. Dengan PLX-DAQ, data sensor dapat langsung ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik, yang sangat memudahkan dalam proses analisis dan interpretasi hasil eksperimen (Fachri et al., 2015). Berdasarkan pemanfaatan teknologi tersebut, dikembangkanlah alat peraga osilasi teredam berbasis Arduino Uno dan sensor *accelerometer* MPU-6050 (Sulthoni & Suprianto, 2018). Sensor ini mampu mengukur percepatan benda selama proses osilasi berlangsung, dan data yang dikumpulkan dikirim secara real-time ke PLX-DAQ untuk divisualisasikan (Susilo et al., 2012). Visualisasi dalam bentuk grafik ini memungkinkan siswa untuk mengamati pola redaman dalam berbagai media seperti udara, air, dan minyak secara langsung (Hasnita, 2019). Pengembangan alat ini bertujuan memberikan solusi praktis dalam pembelajaran materi osilasi teredam. Alat ini tidak hanya menyederhanakan pemahaman konsep secara visual, tetapi juga memberikan pengalaman langsung kepada siswa dalam menggunakan teknologi mikrokontroler dan sensor digital (Pili et al., 2022). Dengan alat ini, siswa dapat menganalisis efek redaman, membandingkan medium, serta mengaitkan konsep teori dengan kenyataan secara interaktif dan menyenangkan (Taneo et al., 2021). Selain itu, alat ini juga memberikan peluang bagi siswa untuk memahami aplikasi langsung dari sensor digital dan mikrokontroler dalam eksperimen fisika (Permatasari et al., 2019). Teknologi ini membantu siswa dalam melihat bagaimana data dikumpulkan dan diproses secara otomatis, yang mempermudah mereka untuk memahami konsep redaman dalam osilasi (Suari, 2017).

Proyek ini berpotensi menjadi model pembelajaran berbasis teknologi yang dapat diadaptasi di sekolah-sekolah untuk meningkatkan minat dan pemahaman siswa dalam fisika (Boimau et al., 2019). Pembelajaran berbasis proyek menggunakan teknologi tidak hanya menambah keterampilan praktis siswa, tetapi juga meningkatkan pemahaman mereka terhadap konsep fisika yang diajarkan (Silahooy et al., 2024). Teknologi Arduino memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen dengan harga yang terjangkau namun tetap memiliki kualitas hasil yang dapat diandalkan. Selain itu, pembelajaran seperti ini dapat merangsang kreativitas siswa dalam merancang dan mengembangkan alat peraga fisika mereka sendiri (Romadhon, 2019). Hal ini juga sangat berguna dalam mendukung kurikulum pendidikan yang kini semakin mengarah pada pembelajaran berbasis teknologi dan praktikum (Ewar et al., 2021). Penerapan teknologi ini diharapkan dapat menciptakan pembelajaran yang lebih dinamis dan interaktif (Qomariyah & Wirawan, 2018).

METODE

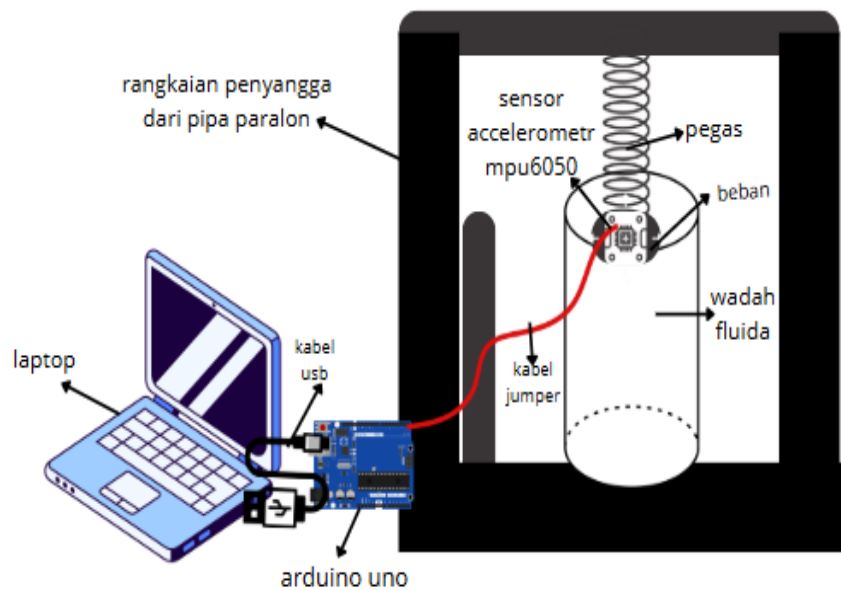
Pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu mulai dari perancangan desain, persiapan alat hardware maupun software, pembuatan alat, lalu dilakukan uji coba alat peraga, mekanik maupun elektronik.



Gambar 1. Skema Eksperimen

Perancangan perangkat keras alat peraga ini terdiri dari komponen input, proses, dan output. Komponen input sistem perangkat keras terdiri dari sensor *accelerometer* MPU-6050 dan komponen

pemrosesan data berupa arduino. Sedangkan komponen output merupakan computer (PC). Berikut adalah gambar rancangan susunan alat peraga yang akan dibuat:



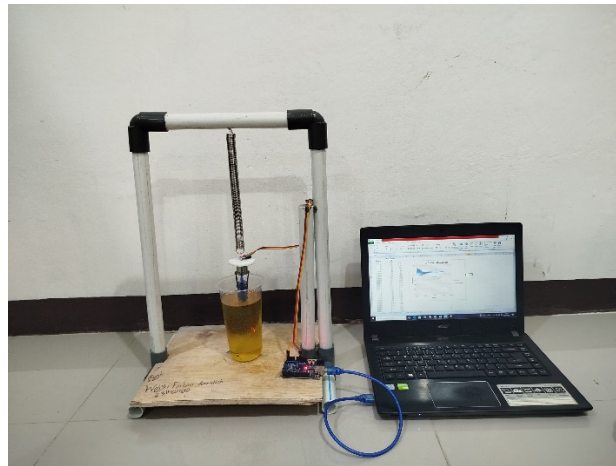
Gambar 2. Skema susunan alat peraga

Komponen input menggunakan sensor accelerometer MPU-6050 yang berfungsi untuk mengukur amplitudo gerak osilasi berdasarkan percepatan pada sumbu Z. Data percepatan ini digunakan untuk menentukan nilai simpangan (amplitudo) dari massa yang berosilasi. Sensor *Accelerometer* MPU-6050 diprogram pada aplikasi Arduino.ide. sehingga dapat memunculkan data hasil osilasi pada excel. Kemudian, komponen pemrosesan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk mengolah sinyal dari sensor menjadi data numerik berupa amplitudo dan waktu tempuh osilasi. Lalu, komponen output pada perangkat keras berupa komputer (PC) yang berfungsi untuk menerima dan menampilkan data hasil pengukuran dalam bentuk grafik. Perancangan perangkat lunak alat peraga ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C++ pada Arduino IDE. Setelah melakukan pengkodean pada aplikasi Arduino, kemudian membuka Software PLX-DAQ yang telah di instal lalu cocokan port di Arduino dengan di PLX-DAQ agar dapat menampilkan data hasil osilasi.

Lalu diakhir dilakukan pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui serta mengevaluasi kinerja setiap komponen sistem, baik mekanik maupun elektronik. Pengujian perangkat mekanik meliputi evaluasi terhadap struktur alat peraga yang terdiri dari pegas, massa beban,udukan pegas, dan wadah fluida (udara, air, dan minyak). Komponen-komponen ini dirancang agar mendukung terjadinya osilasi teredam yang stabil dan terukur. Dalam perancangan mekanik alat peraga, tempat kedudukan pegas dan sensor *accelerometer* MPU-6050 didesain agar dapat dilakukan pengukuran. Pengujian rangkaian elektronik alat peraga osilasi teredam digital mencakup pemeriksaan fungsi sensor accelerometer MPU-6050, mikrokontroler Arduino, dan koneksi ke komputer. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memastikan bahwa sistem mampu mendeteksi dan merekam pola osilasi secara akurat pada berbagai medium redaman. Uji kelayakan alat ini dilakukan untuk menilai sejauh mana alat peraga dapat digunakan sebagai media pembelajaran konsep osilasi teredam, khususnya pada fluida berbeda seperti udara, air, dan minyak.

HASIL

Hasil rancang alat peraga fisika pada kasus gerak osilasi teredam pada pegas menggunakan media fluida berbasis arduino uno dengan sensor acceloremeter MPU-6050 yang dikembangkan pada penelitian ini, dapat digunakan secara efektif untuk melakukan analisis terhadap konsep gerak osilasi teredam. Sehingga dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan pemahaman konsep siswa khususnya pada materi ini. Hasil desain alat peraga ini ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil rancang bangun perangkat keras

Prinsip kerja dari alat peraga ini didasarkan pada proses pengukuran amplitudo osilasi pegas serta durasi gerak osilasinya, yang dilakukan menggunakan sensor accelerometer MPU-6050 dan dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino dengan bantuan fungsi timer. Data amplitudo dan waktu yang didapat kemudian dikirim ke komputer melalui komunikasi serial yang direkam menggunakan aplikasi PLX-DAQ. Rancangan perangkat keras alat ini mencakup tiga elemen utama, yaitu sensor MPU-6050, Arduino, dan komputer. Sementara itu, perangkat lunak alat peraga yang digunakan untuk menghitung hubungan antara amplitudo osilasi dan waktu, ditunjukkan pada potongan kode berikut ini.

```
void loop() {
    static unsigned long startTime = millis();
    unsigned long currentTime = millis();

    int16_t ax, ay, az;
    mpu.getAcceleration(&ax, &ay, &az);

    // Konversi nilai akselerasi ke 'g'
    float accZ = az / 16384.0;

    // Hitung waktu dalam detik
    float timeInSeconds = (currentTime - startTime) / 1000.0;

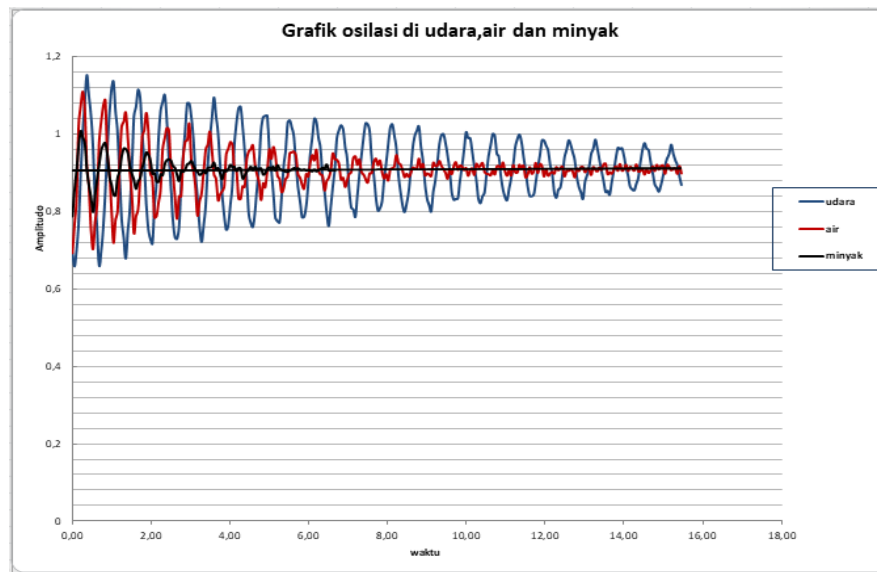
    // Kirim data ke PLX-DAQ
    Serial.print("DATA,TIME,");
    Serial.print(timeInSeconds, 3); // Waktu dalam detik, 3 desimal
    Serial.print(",");
    Serial.println(accZ, 3); // Nilai akselerasi sumbu Z, 3 desimal

    delay(50); // Sesuaikan kecepatan pengambilan data
}
```

Gambar 4. Hasil perancangan perangkat lunak

Perangkat lunak yang dirancang dalam alat peraga ini berfungsi sebagai sistem kendali utama dalam mengoperasikan alat peraga osilasi teredam melalui tahapan-tahapan yang tersusun secara sistematis. Fungsi perangkat lunak meliputi inisialisasi pin pada Arduino, pembuatan fungsi penghitung waktu (timer), pengukuran amplitudo osilasi, serta transmisi data secara serial ke komputer. Proses pengujian alat dilakukan dengan melihat amplitudo serta lama waktu osilasi dari sistem pegas dalam berbagai jenis fluida. Data yang diperoleh dikirim ke komputer menggunakan aplikasi PLX-DAQ melalui koneksi serial, dan kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik. Grafik tersebut dianalisis dengan menggunakan persamaan gerak osilasi teredam untuk menilai tingkat redaman pada setiap

medium. Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan adanya perbedaan pola osilasi pada masing-masing media, yaitu udara, air, dan minyak, seperti yang tergambar dalam grafik hasil pengukuran dibawah ini.



Gambar 5. Osilasi pada medium fluida

Hasil interpolasi osilasi teredam menunjukkan respons sistem osilasi teredam dalam tiga medium berbeda, yaitu udara, air, dan minyak, dengan menganalisis perubahan amplitudo terhadap waktu. Dari hasil visualisasi data, dapat terlihat bahwa masing-masing medium memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik peredaman sistem.

Tabel 1. Hasil pengujian alat peraga terhadap variasi media fluida

Medium	Massa Beban (kg)	Konstanta Pegas (N/m)	Simpangan (m)	Amplitudo Awal (cm)	Amplitudo Akhir (cm)	Waktu Redaman (s)	b (s^{-1})	Frekuensi (Hz)	ω (rad/s)
Udara	0,059	9,63	0,025	1,15	0,91	47,8	$4,89 \cdot 10^{-3}$	2,035	12,78
Air	0,059	9,63	0,025	1,13	0,91	15	$1,44 \cdot 10^{-2}$	2,034	12,78
Minyak	0,059	9,63	0,025	1,09	0,91	4,6	$3,92 \cdot 10^{-2}$	2,034	12,78

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa setiap pengujian dilakukan dengan menggunakan massa beban yang sama, yaitu 0,059 kg, dan konstanta pegas sebesar 9,63 N/m. Hasil percobaan menunjukkan bahwa medium memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju redaman osilasi. Koefisien redaman (b) tertinggi diperoleh pada medium minyak sebesar $3,92 \times 10^{-2} s^{-1}$, diikuti oleh air sebesar $1,44 \times 10^{-2} s^{-1}$, dan yang terendah adalah pada medium udara sebesar $4,89 \times 10^{-3} s^{-1}$. Nilai ini mencerminkan bahwa semakin besar viskositas medium, maka gaya hambat yang bekerja pada sistem juga semakin besar, yang menyebabkan energi mekanik sistem lebih cepat hilang.

Amplitudo awal pada ketiga medium berkisar antara 1,09 cm hingga 1,15 cm, sementara amplitudo akhir berada pada rentang 0,9 cm hingga 0,91 cm. Penurunan amplitudo terbesar terjadi pada medium minyak, yang menunjukkan bahwa redaman pada medium ini paling efektif dalam mereduksi energi osilasi dalam waktu yang singkat. Hal ini didukung oleh data waktu redaman, di mana sistem pada medium minyak memerlukan waktu 4,6 detik untuk meredam osilasi secara signifikan, jauh lebih cepat dibandingkan dengan air (15 detik) dan udara (47,3 detik). Sementara itu, frekuensi osilasi dan kecepatan sudut osilasi (ω) relatif konstan pada ketiga medium, masing-masing sebesar 2,034–2,035 Hz dan 12,78 rad/s. Stabilitas nilai frekuensi ini disebabkan karena massa dan konstanta pegas yang digunakan dalam seluruh percobaan adalah identik, sehingga nilai frekuensi alami sistem ($\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$)

) tetap konstan. Dalam sistem osilasi teredam ringan seperti ini, pengaruh redaman terhadap frekuensi osilasi sangat kecil sehingga tidak menimbulkan perubahan signifikan.

Secara umum, hasil pengujian memperlihatkan bahwa medium yang lebih kental (minyak) menghasilkan osilasi dengan redaman lebih cepat dan amplitudo yang lebih cepat menurun. Sebaliknya, medium dengan viskositas rendah (udara) menyebabkan redaman yang sangat lambat, sehingga osilasi berlangsung lebih lama. Temuan ini sesuai dengan teori osilasi teredam, di mana gaya redaman yang lebih besar akan mempercepat berkurangnya energi mekanik sistem.

PEMBAHASAN

Pada uji coba yang telah dilakukan dengan medium udara, osilasi menunjukkan penurunan amplitudo yang relatif lambat dan kontinu atau tetap, yang mencerminkan sifat osilasi teredam ringan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya viskositas udara yang menghasilkan gaya redam kecil, sehingga energi osilasi berkurang secara perlahan. Osilasi berlangsung lebih lama, dan simpangan benda tetap terlihat jelas hingga akhir pengamatan. Berbeda dengan udara, medium air menunjukkan penurunan amplitudo yang lebih cepat. Fenomena ini mengindikasikan adanya gaya redam yang lebih besar, mengingat viskositas air lebih tinggi dibandingkan udara. Akibatnya, energi kinetik sistem lebih cepat terserap oleh medium, sehingga durasi osilasi menjadi lebih pendek dan amplitudo meredam lebih cepat.

Medium minyak menunjukkan karakteristik peredaman paling besar di antara ketiganya. Amplitudo turun secara drastis sejak awal osilasi dan mencapai titik keseimbangan dalam waktu yang singkat. Hal ini sesuai dengan sifat minyak yang memiliki viskositas tinggi, sehingga memberikan resistansi terhadap gerak yang lebih besar. Secara karakteristik, osilasi ini mendekati bentuk osilasi teredam berat, di mana sistem tidak sempat berosilasi dalam waktu lama sebelum berhenti sepenuhnya. Secara keseluruhan, grafik di atas mengkonfirmasi bahwa besar kecilnya gaya redam sangat dipengaruhi oleh sifat viskositas medium. Semakin besar viskositas suatu medium, maka gaya redam yang dialami sistem semakin besar, sehingga amplitudo osilasi menurun lebih cepat.

Fenomena osilasi teredam merupakan contoh nyata bagaimana energi mekanik dalam sistem fisika tidak dapat bertahan selamanya, terutama ketika sistem tersebut berinteraksi dengan lingkungan yang memberikan gaya redam. Dalam konteks ini, fluida sebagai medium memainkan peran penting dalam menentukan kecepatan redaman suatu osilasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik fluida seperti viskositas berpengaruh langsung terhadap seberapa cepat sistem pegas yang berosilasi kehilangan energinya. Berdasarkan pengamatan, waktu redaman terlama terjadi pada medium udara (47,8 detik), kemudian lebih cepat pada air (15 detik), dan paling cepat pada minyak (4,6 detik). Pola ini mencerminkan hubungan antara viskositas fluida dan gaya hambat yang dihasilkan, di mana semakin kental suatu medium, semakin besar gaya redam yang diberikan terhadap sistem. Temuan ini secara langsung menjawab pertanyaan penelitian dan mengonfirmasi hipotesis bahwa viskositas berbanding lurus dengan laju redaman osilasi. Redaman yang terjadi dalam udara dikategorikan sebagai redaman ringan, pada air sebagai redaman sedang, dan pada minyak sebagai redaman berat.

Interpretasi terhadap hasil ini dapat dijelaskan melalui teori redaman gerak harmonik yang menyatakan bahwa gaya hambat pada benda berosilasi sebanding dengan kecepatan dan viskositas medium (Mukharomah et al., 2021). Dalam hal ini, fluida dengan viskositas rendah seperti udara menghasilkan gaya hambat yang kecil, sehingga energi mekanik sistem menurun secara perlahan. Sebaliknya, fluida dengan viskositas tinggi seperti minyak menyerap energi lebih cepat, mengakibatkan osilasi terhenti dalam waktu yang singkat. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian sebelumnya oleh Rada & Panuluh (2021), yang menunjukkan bahwa redaman kuat terjadi lebih cepat pada medium fluida dengan viskositas tinggi. Penelitian lain oleh Tissos et al (2014) juga membuktikan bahwa kecepatan peredaman meningkat seiring dengan bertambahnya koefisien viskositas, terutama dalam fluida non-Newtonian. Sementara itu, studi eksperimental oleh Astuti dan Ramadhan (2018) menggarisbawahi bahwa viskositas tidak hanya memengaruhi laju redaman, tetapi juga memengaruhi frekuensi osilasi sistem melalui pengurangan energi total yang tersedia. Selain itu, Sari dan Hidayat (2021) menegaskan bahwa aplikasi sensor berbasis mikrokontroler mampu merekam fenomena osilasi teredam secara akurat dan konsisten, memperkuat pentingnya pendekatan berbasis teknologi dalam studi fenomena dinamis. Dengan demikian, tidak ditemukan anomali atau hasil yang bertentangan dengan teori atau

temuan riset sebelumnya, yang memperkuat validitas data eksperimen ini dan mengukuhkan konsistensinya dalam kerangka struktur pengetahuan fisika klasik maupun modern.

Lebih dari sekadar verifikasi teori, temuan ini memiliki implikasi pendidikan dan praktis yang signifikan. Alat peraga osilasi berbasis Arduino dan sensor MPU-6050 yang dikembangkan mampu menyajikan data kuantitatif yang akurat dan real-time, sehingga sangat potensial untuk diterapkan dalam pembelajaran fisika berbasis praktikum digital. Dengan pendekatan ini, siswa tidak hanya mempelajari konsep secara teoretis, tetapi juga mengamati langsung bagaimana viskositas memengaruhi dinamika gerak. Selain itu, perangkat ini dapat dijadikan alternatif alat praktikum hemat biaya yang relevan untuk konteks pendidikan Indonesia, sekaligus mendukung kurikulum berbasis teknologi.

Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini. Medium fluida yang digunakan masih terbatas pada tiga jenis umum, sehingga generalisasi ke fluida lain perlu dikaji lebih lanjut. Selain itu, variabel lingkungan seperti suhu dan tekanan yang dapat memengaruhi viskositas tidak dikontrol secara spesifik. Pergerakan sistem juga hanya dianalisis dalam satu dimensi vertikal, sehingga belum menggambarkan kompleksitas osilasi dalam sistem tiga dimensi. Ke depan, pengembangan alat dapat diarahkan untuk mengukur variabel tambahan seperti perubahan suhu, serta memanfaatkan teknologi visualisasi berbasis kamera atau sensor multiaspek. Sebagai kesimpulan dari pembahasan ini, viskositas fluida terbukti memengaruhi tingkat redaman osilasi secara signifikan. Penelitian ini menguatkan konsep redaman dalam fisika klasik dan menegaskan relevansi teori osilasi teredam dalam konteks eksperimen modern. Integrasi teknologi mikrokontroler dalam pengamatan fisika terbukti memberikan hasil yang efektif, membuka peluang bagi inovasi alat peraga pendidikan yang lebih adaptif, interaktif, dan aplikatif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan osilasi teredam dengan variasi medium, dapat disimpulkan bahwa medium fluida memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik redaman suatu sistem osilasi. Medium dengan viskositas tinggi seperti minyak menyebabkan laju redaman lebih cepat, yang ditunjukkan dengan nilai koefisien redaman terbesar ($b = 3,92 \times 10^{-2} \text{s}^{-1}$) dan waktu redaman yang paling singkat (4,6 s). Sebaliknya, medium udara yang memiliki viskositas paling rendah menghasilkan redaman paling lambat dengan nilai $b = 4,89 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$ dan waktu redaman mencapai 47,3 s. Frekuensi osilasi dan kecepatan sudut osilasi pada semua medium relatif tetap karena massa dan konstanta pegas tidak berubah. Hal ini menunjukkan bahwa redaman yang terjadi termasuk dalam kategori redaman ringan (*underdamped*), di mana osilasi masih berlangsung meskipun amplitudonya berkurang secara bertahap. Alat peraga osilasi teredam ini efektif digunakan sebagai media pembelajaran fisika karena mampu memvisualisasikan secara nyata pengaruh redaman terhadap gerak osilasi. Dengan alat ini, siswa dapat memahami hubungan antara medium peredam, amplitudo, waktu redaman, dan energi sistem secara lebih konkret. Namun pada alat peraga ini masih terdapat kekurangan pada keakuratan pengukuran amplitudo dan waktu redaman, disarankan menggunakan sensor accelerometer dengan resolusi lebih tinggi atau menambahkan sensor optik/ultrasonik untuk pengukuran posisi secara langsung.

REFERENSI

- Asih, R., Pratapa, S., Arifin, Z., Asrori, M. Z., & Nurdiansah, H. (2022). Analisis pemahaman materi getaran dan viskositas dari siswa sma trensains Tebuireng Jombang pada pelatihan praktikum penentuan viskositas zat cair menggunakan konsep getaran teredam. *Sewagati*, 6(2), 239–245.
- Aulia, M. R., Zannah, N., Darajat, S. Z. A., Atmojo, T., & Karina, W. (2018). Osilasi Teredam Pada Pegas Dengan Medium Fluida. *Journal of Teaching and Learning Physics*, 3(1), 22–26.
- Azis, R. S., & Ramli, I. (2021). Implementasi Metode Euler Pada Gerak Pegas Dengan Menggunakan Scilab. *Applied Physics of Cokroaminoto Palopo*, 2(1), 9–14.
- Boimau, I., Irmawanto, R., & Taneo, M. F. (2019). Rancang Bangun Alat Ukur Laju Bunyi Di Udara Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. *Cyclotron*.

- Ryna Aulia Falamy*, Kartini Herlina, Hanifah Zakiya, Wahyu Amrullah, Sri Rahayu/ JPFS 8 (1) (2025) 36-45
- Ewar, H. A., Bahagia, M. E., Jeluna, V., Astro, R. B., & Nasar, A. (2021). Penentuan Konstanta Pegas Menggunakan Aplikasi Phyphox Pada Peristiwa Osilasi Pegas. *Jurnal Kumparan Fisika*, 4(3), 155–162.
- Fachri, M. R., Sara, I. D., & Away, Y. (2015). Pemantauan parameter panel surya berbasis arduino secara real time. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(4), 123–128.
- Fitria, N. S. (2022). Pengembangan Modul Praktikum Osilasi Teredam Pada Pegas Berbasis Analisis Video Berbantuan Tracker. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 11(2), 9–16.
- Ghifari, M. R., Agung Pramono, R., & Nur Aziz, K. (2023). Aplikasi Gaya Magnet Pada Fenomena Osilasi Teredam Dalam Sistem Gerak Harmonik Sederhana. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 5(1), 16–22. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v5i1.11839>
- Hadiningrum, K., Yuningsih, N., & Sardjito, S. (2011). MODEL OSILASI HARMONIK LOGARITMIK PADA GERAK BEBAN DENGAN MASSA YANG BERUBAH SECARA LINIER TERHADAP WAKTU. *Sigma-Mu*, 3(1), 1–10.
- Hasnita, U. (2019). *Studi Efektivitas Sensor Accelerometer MPU 6050 Sebagai Pendeteksi Geteran Secara Nirkabel*. Universitas Sumatera Utara.
- Kause, M. C. (2019). Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas). *Cyclotron*.
- Matabenu, K. D. F. (2018). Development of a Simple Heat Learning Media to Enhance Student Science Process Skill. *International Journal of Science and Research*, 7(5), 1698–1703.
- Mukharomah, F., Mutiarani, A., Supiyadi, S., & Sulhadi, S. (2021). Gerak Harmonik Teredam Untuk Menentukan Koefisien Viskositas Fluida Berbantuan Software Tracker Video. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 6(1), 17–22.
- Nurdin, A., & Hastuti, S. (2019). Analisa Gerakan Osilator Harmonik Teredam Menggunakan Metode Numerik. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(2), 13–19.
- Permatasari, A., Yuberti, Y., & Anggraini, W. (2019). Pengembangan lampu sensor berbasis Arduino uno sebagai alat peraga fisika. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 380–387.
- Pili, U., Violanda, R., & Ceniza, C. (2022). Measurement of g Using a Magnetic Pendulum and a Smartphone Magnetometer. In *Smartphones as Mobile Minilabs in Physics: Edited Volume Featuring more than 70 Examples from 10 Years The Physics Teacher-column iPhysicsLabs* (pp. 177–181). Springer.
- Qomariyah, N., & Wirawan, R. (2018). Aplikasi Sensor Infrared dan Arduino Uno untuk Alat Peraga Sederhana Gerak Jatuh Bebas. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 1, 652–659.
- Rada, M. K. D., & Panuluh, A. H. (2021). Penggunaan Aplikasi Logger Pro untuk Menentukan Nilai Viskositas Air. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya*, 5(1), 28–35.
- Romadhon, A. D. (2019). Desain Sistem Pengaturan Posisi Sudut Aero pendulum Menggunakan Pengendali Pid Berbasis Labview. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(3).
- Sari, U. (2019). Using the Arduino for the experimental determination of a friction coefficient by movement on an inclined plane. *Physics Education*, 54(3), 35010.
- Shakur, A., & Emmert, J. (2019). Damped oscillations with a smart cart. *The Physics Teacher*, 57(7), 490–492.
- Silahooy, S., Nggolaon, D., & Fitrianingrum, A. M. (2024). Analisis Pengaruh Massa Beban Terhadap Koefisien Redaman Menggunakan Software Python. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 7(1), 28–34.
- Suari, M. (2017). Pemanfaatan arduino nano dalam perancangan media pembelajaran fisika. *Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA Dan Pendidikan IPA*, 3(2), 474–480.
- Sulthoni, A., & Suprianto, B. (2018). Rancang bangun sistem pendeteksi vibrasi pada motor sebagai

- Ryna Aulia Falamy*, Kartini Herlina, Hanifah Zakiya, Wahyu Amrullah, Sri Rahayu/ JPFS 8 (1) (2025) 36-45 indikator pengaman terhadap perubahan beban menggunakan sensor accelerometer GY-521 MPU 6050 berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(3).
- Susilo, A., Yuniarto, M., & Varihani, V. I. (2012). Simulasi gerak harmonik sederhana dan osilasi teredam pada Cassy-E 524000. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 2(2), 124–137.
- Taneo, M., Boimau, I., & Mataubenu, K. D. F. (2021). Rancang Bangun Alat Peraga Gerak Harmonik Sederhana Berbasis Arduino Pada Sistem Pegas. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) FKIP UM Metro*, 9(2), 239–253.
- Tanza, N. E., & Sumariyah, S. (2019). Rancang bangun sistem kendali pid untuk intensitas cahaya lampu dc menggunakan mikrokontroler arduino uno. *BERKALA FISIKA*, 22(1), 32–40.
- Tissos, N. P., Yulkifli, Y., & Kamus, Z. (2014). Pembuatan Sistem Pengukuran Viskositas Fluida Secara Digital Menggunakan Sensor Efek Hall Ugn3503 Berbasis Arduino Uno328. *Jurnal Sainstek IAIN Batusangkar*, 6(1), 71–83.
- Utomo, B., Setyaningsih, N. Y. D., & Iqbal, M. (2020). Kendali Robot Lengan 4 Dof Berbasis Arduino Uno Dan Sensor Mpu-6050. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 89–96.
- Yulkifli, Y., Yohandri, Y., & Azis, H. (2022). Development of physics e-module based on integrated project-based learning model with Ethno-STEM approach on smartphones for senior high school students. *Momentum: Physics Education Journal*, 6(1), 93–103.