

# Belajar Fisika dengan Arduino: Eksperimen Motor DC untuk Memahami Konsep Daya, Momentum, dan Gaya

Agustina Jafar <sup>1\*</sup>, Sri Rosita <sup>2</sup>, Nurfadillah Agus <sup>3</sup>, Andi Nurul Fitrah <sup>4</sup>,  
Satriani <sup>5</sup>, Riskawati <sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Universitas Negeri Makassar, Indonesia

\* [Srirosita793@gmail.com](mailto:Srirosita793@gmail.com)

## Abstract

This study aims to explore the application of Arduino in physics education, specifically in DC motor experiments to understand the concepts of power, momentum, and force. The urgency of this research lies in the need to bridge the gap between physics theory and practical applications, which can help students better understand abstract physics concepts. This research employs a STEM-based approach that integrates technology and hands-on experiments, where the Arduino Uno acts as the main controller in the experiment. The method used involves a DC motor experiment controlled by Arduino, measuring variables such as voltage, current, and motor speed to analyze the relationship between power, momentum, and system efficiency. The data obtained from this experiment is used to calculate power, momentum, and efficiency, providing insights into the conversion of electrical energy to mechanical energy. The results show that the STEM-based experimental approach with Arduino is effective in enhancing students' understanding of fundamental physics principles and modern technology applications. The use of Arduino enables more accurate measurements and precise control over experimental variables. This study also finds that the experiment can improve students' technical skills in programming and microcontrollers, supporting STEM education.

**Keywords:** Belajar Fisika; Arduino; Eksperimen Motor; Konsep Daya, Momentum, Gaya

## Pendahuluan

Fisika adalah salah satu ilmu dasar yang menjadi landasan dalam pendidikan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dan berperan penting dalam memahami fenomena alam serta teknologi yang berkembang pesat. Konsep-konsep dasar fisika seperti daya, momentum, dan gaya, meskipun fundamental, sering kali sulit dipahami siswa karena sifatnya yang abstrak dan tidak langsung dapat diamati dalam kehidupan sehari-hari. Seiring berkembangnya teknologi, pendekatan berbasis eksperimen semakin diakui sebagai metode yang efektif untuk mengatasi kesulitan ini. Pembelajaran yang mengintegrasikan eksperimen dapat meningkatkan pemahaman siswa, karena mereka tidak hanya mempelajari teori tetapi juga dapat mengamati langsung penerapan konsep fisika dalam eksperimen nyata (Harefa, 2019). Melalui pendekatan ini, siswa dapat merasakan langsung hubungan antara teori dan praktik, yang memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang kompleks. Teknologi juga memiliki peran krusial dalam pendidikan fisika, dengan alat-alat seperti *Arduino* yang memberikan kesempatan bagi siswa untuk belajar melalui aplikasi nyata. *Arduino*, sebuah platform mikrokontroler

yang mudah diakses, memungkinkan siswa untuk merancang eksperimen fisika dan mengontrol komponen elektronik seperti motor DC (Suari, 2017). Penggunaan *Arduino* dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang konversi energi listrik menjadi energi mekanik, melalui eksperimen yang melibatkan motor DC (Afa et al., 2023). Menggunakan motor DC dalam eksperimen ini tidak hanya mempermudah siswa memahami prinsip dasar fisika tetapi juga relevan dengan berbagai aplikasi industri saat ini, seperti kendaraan listrik dan sistem mekanik lainnya. Pembelajaran berbasis *Arduino* juga memperkenalkan siswa pada dunia pemrograman dan elektronika, yang menjadi keterampilan penting di era digital ini (Hamzah et al., 2021).

Masalah utama yang dihadapi dalam pembelajaran fisika adalah kesulitan siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak seperti daya, momentum, dan gaya, yang sering kali tidak langsung terlihat dalam kehidupan sehari-hari (Charli et al., 2019). Salah satu solusi untuk mengatasi hal ini adalah dengan menggunakan pendekatan berbasis eksperimen yang melibatkan teknologi seperti *Arduino*, yang memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen praktis, seperti mengontrol motor DC untuk memahami hubungan antara energi listrik dan mekanik. Eksperimen ini dapat memperkaya pemahaman siswa melalui interaksi langsung dengan sistem fisika dan teknologi yang terlibat (Astuti, 2015).

Literatur menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis eksperimen dan penggunaan teknologi dapat memberikan manfaat signifikan dalam memahami konsep-konsep fisika. Penggunaan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) pada motor DC melalui *Arduino* memungkinkan siswa untuk mengontrol kecepatan motor dengan presisi tinggi (Permatasari et al., 2019). Pengukuran variabel seperti tegangan dan arus yang digunakan motor, siswa dapat menghitung daya yang dikonsumsi, yang memberikan pemahaman langsung tentang efisiensi energi dalam sistem mekanik. Selain itu, eksperimen ini juga memungkinkan siswa untuk menghitung dan memahami momentum yang dihasilkan oleh motor serta gaya yang diterapkan pada sistem (Rizali et al., 2020). Hasil eksperimen semacam ini menghubungkan konsep-konsep fisika yang sulit dipahami dengan aplikasi praktis yang dapat dilihat dan dirasakan oleh siswa. Melalui pendekatan ini, siswa tidak hanya mempelajari teori dasar fisika, tetapi juga mengembangkan keterampilan teknis yang relevan dengan perkembangan teknologi masa kini. Penggunaan *Arduino* dalam eksperimen fisika tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep-konsep ilmiah tetapi juga membantu siswa mempelajari pemrograman dan elektronika (Rudianto et al., 2023). Keterampilan ini semakin penting di dunia yang semakin bergantung pada teknologi. *Arduino* menyediakan *platform* yang memungkinkan siswa untuk mengontrol dan mengukur variabel-variabel penting dalam eksperimen fisika secara langsung, memberikan mereka pengalaman belajar yang lebih interaktif dan aplikatif (Masyruhan et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa teknologi berbasis eksperimen dapat berfungsi sebagai jembatan antara teori dan praktik, mengubah pembelajaran fisika menjadi pengalaman yang lebih menarik dan bermakna.

Penelitian sebelumnya telah banyak yang mengkaji penggunaan teknologi dalam pembelajaran fisika, sebagian besar fokus pada alat-alat yang lebih mahal atau sulit diakses oleh siswa di sekolah-sekolah dengan fasilitas terbatas. *Arduino*, sebagai *platform mikrokontroler* yang terjangkau dan mudah digunakan, masih terbilang kurang mendapat perhatian dalam konteks pembelajaran fisika dasar. Penggunaan robotika pendidikan dengan fokus pada aplikasi yang lebih rumit, sementara eksperimen berbasis motor DC dengan *Arduino* sebagai alat kontrol masih jarang diterapkan untuk mengajarkan konsep-

konsep dasar seperti daya, momentum, dan gaya (Sholakhudin, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menawarkan pendekatan praktis dan terjangkau untuk memahami konsep-konsep fisika melalui eksperimen berbasis *Arduino*.

Penelitian sebelumnya juga telah mengeksplorasi penggunaan mikrokontroler untuk eksperimen fisika, namun masih sedikit yang menggabungkan eksperimen tersebut dengan pengajaran keterampilan teknis, seperti pemrograman dan elektronika, yang sangat dibutuhkan di era digital. Pentingnya mengintegrasikan pembelajaran berbasis eksperimen dengan keterampilan teknologi, namun masih banyak aplikasi yang belum memanfaatkan potensi penuh dari teknologi seperti *Arduino* untuk memberikan pengalaman belajar yang menyeluru (Hasanah et al., 2024)). Penggabungan pengajaran konsep-konsep fisika dan keterampilan teknologi, penelitian ini memberikan solusi inovatif yang dapat meningkatkan kualitas pendidikan fisika, khususnya dalam konteks STEM.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan pendekatan pembelajaran fisika berbasis eksperimen menggunakan *Arduino* untuk membantu siswa memahami konsep-konsep daya, momentum, dan gaya melalui eksperimen motor DC. Melalui pendekatan ini, siswa diharapkan dapat melihat secara langsung hubungan antara teori dan aplikasi fisika dalam eksperimen nyata. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penggunaan *Arduino* sebagai alat eksperimen yang murah, mudah diakses, dan memberikan kesempatan bagi siswa untuk belajar tidak hanya konsep-konsep fisika dasar tetapi juga keterampilan teknis dalam pemrograman dan elektronika. Penelitian ini juga diharapkan dapat mengisi celah yang ada dalam literatur terkait penggunaan *Arduino* untuk eksperimen fisika dasar, yang sebelumnya belum banyak dieksplorasi.

Ruang lingkup penelitian ini mencakup desain eksperimen fisika yang menggunakan *Arduino* untuk mengontrol motor DC, pengukuran variabel seperti tegangan, arus, dan kecepatan, serta analisis daya, momentum, dan gaya yang dihasilkan. Penelitian ini akan dilakukan di lingkungan pendidikan dengan fokus pada siswa tingkat menengah yang sedang mempelajari konsep-konsep dasar fisika. Penelitian ini juga bertujuan untuk memperkenalkan siswa pada dunia pemrograman dan elektronika, memberikan mereka keterampilan praktis yang relevan dengan dunia teknologi dan rekayasa masa depan.

## Metode

Penelitian ini dirancang untuk mengeksplorasi penggunaan teknologi *Arduino* dalam eksperimen motor DC, dengan tujuan untuk memfasilitasi pemahaman siswa tentang konsep-konsep dasar fisika seperti daya, momentum, dan gaya. Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis STEM yang mengintegrasikan teknologi dan eksperimen praktis, di mana *Arduino Uno* berperan sebagai pengendali utama dalam eksperimen. Melalui penggunaan *Arduino*, siswa dapat mengatur dan memonitor variabel eksperimen, seperti kecepatan motor, tegangan, dan arus, serta menghitung parameter fisika penting seperti daya, momentum, dan gaya yang dihasilkan oleh motor DC. Eksperimen ini berfokus pada penggunaan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dikendalikan oleh *Arduino* untuk mengatur kecepatan motor, serta pengukuran arus dan tegangan untuk menganalisis konsumsi daya dan efisiensi konversi energi dalam sistem motor DC. Eksperimen dirancang sedemikian rupa untuk menghubungkan teori fisika dengan praktik langsung, memberikan siswa pengalaman belajar yang lebih mendalam dan aplikatif.

Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan menggunakan komponen-komponen utama, yaitu motor DC, *transistor NPN*, *resistor shunt*, *dioda flyback*, dan *breadboard*. Sistem pengukuran yang digunakan melibatkan *pin analog* pada *Arduino* untuk mengukur tegangan dan arus yang digunakan oleh motor DC. *Resistor shunt* berfungsi untuk mengukur arus dengan mengukur tegangan yang jatuh pada resistor, yang kemudian digunakan untuk menghitung daya yang digunakan motor. Selain itu, simulasi awal dilakukan menggunakan perangkat lunak seperti *Tinkercad* untuk memastikan kestabilan sistem dan meminimalisir potensi kesalahan dalam eksperimen fisik yang sesungguhnya. Simulasi ini memungkinkan perancangan sirkuit dan pengujian kode pemrograman sebelum diterapkan pada komponen fisik, sehingga dapat mengidentifikasi kesalahan desain atau pemrograman secara lebih awal dan efisien.

Analisis data penelitian dilakukan untuk menghitung daya yang digunakan motor DC, serta momentum dan gaya yang dihasilkan. Daya dihitung menggunakan rumus dasar fisika:

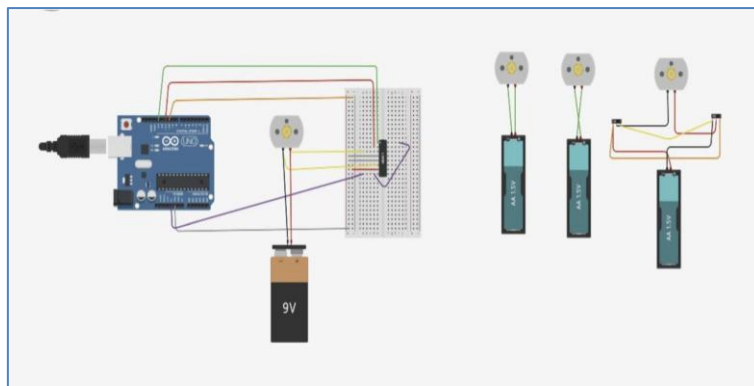
|          | Rumus          | Keterangan                                                                   |
|----------|----------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Daya     | $P=V \times I$ | $P$ = daya<br>$V$ = tegangan<br>$I$ = arus.                                  |
| Momentum | $p=I \times v$ | $p$ = momentum<br>$I$ = momen inersia,<br>$v$ = kecepatan rotasi motor       |
| gaya     | $F=m \times a$ | $F$ = gaya<br>$m$ = massa yang dipengaruhi<br>$a$ = percepatan rotasi motor. |

Penelitian bertujuan untuk memahami efisiensi konversi energi dan hubungan antara variabel-variabel yang terlibat dalam sistem motor DC, yang selanjutnya dapat digunakan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik kepada siswa mengenai konsep-konsep fisika yang terlibat. Penelitian ini menggunakan sejumlah komponen penting untuk memastikan eksperimen dapat dijalankan dengan presisi yang tinggi.

*Arduino Uno* digunakan sebagai pengendali utama untuk mengatur motor DC dan menghasilkan sinyal PWM yang mengontrol kecepatan motor. Selain itu, *transistor NPN* digunakan untuk mengalirkan arus ke motor, dan *resistor shunt* digunakan untuk mengukur arus secara langsung. *Dioda flyback* melindungi rangkaian dari lonjakan tegangan yang dapat terjadi ketika motor dimatikan atau beroperasi pada kecepatan tinggi. Semua komponen ini disusun di atas *breadboard* untuk mempermudah penghubungan antar komponen. Perangkat lunak simulasi seperti *Tinkercad* digunakan untuk merancang sirkuit dan menguji kode pemrograman sebelum diterapkan pada eksperimen fisik. Melalui penggunaan IDE *Arduino*, kode pemrograman disusun untuk mengontrol motor dan mencatat data eksperimen secara real-time, termasuk kecepatan rotasi, tegangan, dan arus yang dihasilkan oleh motor. Spesifikasi alat dan bahan ini memungkinkan eksperimen untuk dijalankan dengan efisien dan memungkinkan pengumpulan data yang akurat, yang sangat penting untuk pemahaman konsep-konsep dasar fisika seperti konversi energi, efisiensi, dan dinamika motor DC. Pendekatan berbasis teknologi ini, diharapkan siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang prinsip dasar fisika, serta keterampilan teknis yang relevan dengan perkembangan teknologi masa kini.

## Hasil

Hasil penelitian yang ditunjukkan dalam rangkaian pada gambar memperkuat konsep penggunaan *Arduino* untuk mengontrol motor DC secara praktis dalam pembelajaran fisika. Gambar tersebut menampilkan beberapa aspek penting, mulai dari pengaturan sumber daya hingga implementasi komponen utama, seperti *transistor*, *breadboard*, dan baterai, yang saling terhubung dengan *Arduino*. Komponen-komponen ini berperan dalam membentuk sistem pengendalian motor berbasis sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengatur kecepatan motor. Motor DC dihubungkan dengan *Arduino* melalui *breadboard*. *Transistor* digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengontrol aliran arus yang diterapkan ke motor berdasarkan sinyal PWM dari *Arduino*. Baterai 9V berfungsi sebagai sumber daya utama motor, menyediakan daya yang cukup untuk menggerakkan motor pada berbagai tingkat beban. *Arduino* menerima daya melalui koneksi USB, yang juga memberikan kestabilan tegangan untuk menghasilkan sinyal kontrol yang presisi.



**Gambar 1.** Konsep penggunaan *Arduino* untuk mengontrol motor DC

Hubungan antara sinyal PWM dan kecepatan motor DC yang diamati dalam eksperimen menunjukkan bahwa peningkatan nilai PWM meningkatkan rata-rata tegangan yang diterapkan pada motor. Tegangan yang lebih tinggi menghasilkan energi kinetik lebih besar, meningkatkan kecepatan rotasi motor. Hal ini sesuai dengan teori dasar fisika tentang hubungan antara daya dan kecepatan rotasi. Penelitian ini memberikan siswa kesempatan untuk mengamati langsung hubungan ini melalui data yang direkam dalam waktu nyata menggunakan *Arduino*. Konfigurasi rangkaian baterai paralel untuk menggerakkan beberapa motor DC secara bersamaan. Penggunaan rangkaian paralel ini memperlihatkan strategi penguatan daya untuk memastikan setiap motor menerima suplai tegangan yang memadai tanpa mengalami penurunan performa. Pengaturan ini juga menunjukkan kepada siswa pentingnya pemilihan sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan spesifik motor. Selain itu, penelitian ini memperkenalkan konsep distribusi daya yang sering diterapkan dalam sistem kelistrikan skala besar. Eksperimen ini juga menyoroti efisiensi energi dalam sistem motor DC. Sebagian besar energi listrik diubah menjadi energi mekanik, tetapi sebagian kecil hilang dalam bentuk panas akibat resistansi internal dan gesekan mekanis. Hal ini mencerminkan pentingnya efisiensi dalam desain sistem nyata. *Arduino* memungkinkan siswa untuk mengukur tegangan, arus, dan kecepatan rotasi secara langsung, sehingga siswa dapat menghitung efisiensi energi sistem. Sebagai contoh, siswa dapat membandingkan daya masukan dengan daya keluaran mekanik untuk mengevaluasi kehilangan energi dalam bentuk panas atau resistansi.

Penelitian ini dapat diperluas dengan menggunakan sensor tambahan untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Sensor arus dan tegangan, misalnya, dapat membantu siswa dalam menghitung daya secara lebih presisi. Selain itu, eksperimen dapat mencakup jenis motor lain, seperti motor stepper atau servo, yang memungkinkan pengajaran konsep fisika tambahan seperti pengaturan posisi dan kontrol sudut. Pendekatan ini memberikan pemahaman lebih luas tentang aplikasi kontrol motor pada perangkat teknologi modern, seperti robotika dan otomasi.

Penelitian ini menghasilkan data yang mengukur tegangan, arus, daya, kecepatan rotasi motor, serta perhitungan momentum dan gaya yang dihasilkan oleh motor DC. Penggunaan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dalam penelitian ini memungkinkan kontrol kecepatan motor dengan lebih halus, yang tercermin dalam variasi daya yang dikonsumsi motor pada tingkat PWM yang berbeda. Hasil pengukuran daya motor diperoleh dengan mengalikan nilai tegangan dan arus yang diukur. Kecepatan motor, yang juga diukur secara *real-time* menggunakan *Arduino*, berbanding langsung dengan siklus kerja PWM, yang mempengaruhi durasi sinyal ON dan OFF, sehingga mengontrol lama waktu motor menerima daya. Selain itu, perhitungan momentum dan gaya yang dihasilkan juga dilakukan. Momentum dihitung menggunakan rumus  $p = I \times v_p = I \times v$ , sementara gaya dihitung dengan rumus  $F = m \times a_F = m \times a$ , dengan  $I$  sebagai momen inersia dan  $v$  sebagai kecepatan rotasi motor. Variasi PWM menunjukkan hubungan yang jelas antara kecepatan motor dan konsumsi daya. Kecepatan motor meningkat seiring dengan peningkatan duty cycle PWM, yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan daya yang dikonsumsi. Sementara itu, gaya yang diterapkan pada motor juga bervariasi dengan perubahan kecepatan, karena gaya bergantung pada percepatan rotasi motor.

## Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa eksperimen motor DC yang dikendalikan oleh *Arduino* memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang konversi energi, efisiensi, dan hubungan antara daya, momentum, dan gaya. Konversi energi dari listrik ke mekanik dapat diamati dengan jelas melalui perubahan daya dan kecepatan motor. Penggunaan *Arduino* sebagai pengendali, proses ini dapat dipantau secara *real-time*, memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai cara kerja motor DC serta variabel-variabel yang memengaruhi kinerjanya. Misalnya, pengaruh tegangan yang diberikan terhadap kecepatan motor dan perubahan arus yang diterima motor dapat dianalisis lebih mendalam untuk melihat seberapa efisien energi listrik dikonversi menjadi energi mekanik. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan bahwa penggunaan *Arduino* untuk mengendalikan motor DC memungkinkan pengukuran yang akurat dan kontrol yang presisi terhadap variabel eksperimen, seperti kecepatan motor dan konsumsi daya (Aprilia et al., 2022). Penelitian tersebut juga menekankan pentingnya kemampuan *Arduino* dalam memberikan pengaturan yang halus, yang pada gilirannya meningkatkan akurasi hasil eksperimen, khususnya dalam hal pengukuran arus dan tegangan yang lebih tepat. Pengukuran yang lebih tepat ini memungkinkan analisis efisiensi energi yang lebih akurat, yang sangat penting untuk memahami prinsip dasar fisika terkait konversi energi.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan studi yang menunjukkan bahwa *Arduino* dapat digunakan untuk eksperimen pendidikan guna mempelajari konsep-konsep dasar fisika,

seperti hukum kekekalan energi dan hubungan antara gaya, momentum, serta daya pada sistem mekanik (Pramuda et al., 2024). Eksperimen motor DC menjadi lebih terstruktur dan dapat diulang secara konsisten melalui pemanfaatan *Arduino*, yang memungkinkan siswa atau peneliti untuk memperoleh data yang lebih valid dan relevan dengan prinsip-prinsip fisika yang diajarkan. Hal yang sama juga diungkapkan pada temuan terdahulu yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *Arduino* dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep fisika yang kompleks, termasuk dalam topik-topik yang melibatkan energi dan gaya (Jhoni et al., 2022). Penelitian motor DC yang dikendalikan oleh *Arduino* tidak hanya memperkuat pemahaman tentang konversi energi dan efisiensinya, tetapi juga memberikan kesempatan untuk mengkaji secara langsung hubungan antara daya, kecepatan, dan arus listrik dalam konteks eksperimen yang dapat dikendalikan dengan presisi. Hal ini membuka peluang besar dalam pendidikan fisika, di mana alat ini dapat membantu siswa dan peneliti untuk mengembangkan keterampilan eksperimen serta analisis data yang lebih mendalam, sambil memperkenalkan teknologi yang relevan dalam dunia teknik dan fisika.

Perhitungan momentum dan gaya yang diterapkan pada motor berdasarkan data eksperimen juga menunjukkan hasil yang konsisten dengan teori dasar fisika. Momentum yang dihitung berdasarkan momen inersia dan kecepatan rotasi motor memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana motor DC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Hasil ini mengonfirmasi temuan yang menekankan pentingnya pemahaman momentum dan gaya dalam konteks eksperimen motor DC (Wahyuningsih et al., 2019). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis teknologi dengan *Arduino* sangat efektif dalam menghubungkan teori fisika dengan praktik nyata, memberikan pemahaman yang lebih jelas dan aplikatif.

Temuan penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting baik dari perspektif ilmiah maupun praktis. Eksperimen ini memperkuat pemahaman tentang konversi energi, efisiensi, dan prinsip-prinsip dasar fisika, seperti daya, momentum, dan gaya, yang dapat diamati langsung oleh siswa. Menggunakan *Arduino* dalam eksperimen memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan aplikatif, memungkinkan siswa untuk tidak hanya memahami konsep-konsep tersebut secara teoretis, tetapi juga merasakan dan mengamati penerapannya dalam eksperimen yang nyata. Pentingnya penggunaan teknologi dalam pendidikan fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep-konsep ilmiah (Halimah & Oktawati, 2021).

Penelitian ini dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan teknis yang relevan dengan perkembangan teknologi dan rekayasa masa kini. Penggunaan *Arduino* dan pemrograman untuk mengendalikan motor DC memberikan siswa keterampilan dalam bidang elektronika dan pemrograman yang sangat dibutuhkan di era digital ini. Temuan sebelumnya juga menyatakan bahwa pendekatan berbasis STEM, yang mengintegrasikan teknologi dan eksperimen, membantu siswa mengembangkan keterampilan teknis yang dapat diterapkan dalam dunia industri dan rekayasa (Putra et al., 2020). Penelitian ini memberikan wawasan yang signifikan dalam hal pemahaman konsep-konsep fisika dasar melalui penggunaan *Arduino* dan motor DC. Data yang diperoleh dari eksperimen ini menunjukkan bahwa *Arduino* sebagai alat pengendali memberikan kontrol yang efektif terhadap kecepatan motor dan konsumsi daya, serta memungkinkan pengukuran yang lebih presisi terhadap variabel-variabel penting seperti tegangan, arus, dan kecepatan rotasi motor. Melalui pendekatan berbasis eksperimen ini, siswa dapat memperoleh

pemahaman yang lebih baik tentang konversi energi, efisiensi, dan dinamika motor DC. Namun, penelitian ini masih dalam tahap rancangan, dan beberapa pengujian lanjutan perlu dilakukan untuk memastikan akurasi dan reliabilitas data, serta untuk mengeksplorasi berbagai skenario eksperimen yang lebih kompleks. Penelitian ini memberikan dasar yang kuat untuk eksperimen fisika berbasis teknologi, dan dapat diperluas lebih lanjut untuk mengeksplorasi konsep-konsep lain dalam fisika yang relevan dengan penggunaan teknologi di dunia industri dan rekayasa.

Keunggulan utama dari penelitian ini adalah kesederhanaan penggunaan *Arduino* sebagai alat kontrol sekaligus perangkat pengumpulan data. Pendekatan ini memberikan siswa pengalaman langsung dalam merancang dan menguji sistem fisika yang realistis. *Arduino* juga memudahkan pengintegrasian berbagai sensor dan aktuator, sehingga membuka peluang untuk mengeksplorasi lebih banyak konsep fisika dan teknik. Penggunaan *Arduino* melatih keterampilan siswa dalam pemrograman, pengolahan data, dan pemecahan masalah berbasis teknologi, yang sangat relevan di era digital. Temuan ini sejalan dengan hasil yang diperoleh dalam penelitian sebelumnya yang juga menunjukkan bahwa PWM adalah teknik yang efektif untuk mengontrol kecepatan motor dan mengurangi pemborosan daya (Muspa & Suwondo, 2020). Berdasarkan rangkaian yang ditampilkan dalam gambar, penelitian ini membuktikan bahwa teknologi *Arduino* dapat menjadi alat pengajaran yang efektif untuk mempelajari konsep fisika seperti daya, momentum, torsi, dan efisiensi energi. Pendekatan praktis ini tidak hanya membantu siswa memahami teori, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan teknologi yang relevan untuk masa depan. Penambahan sensor atau eksperimen lanjutan menggunakan komponen yang lebih kompleks dalam eksperimen ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang hubungan antara teori dan aplikasi di dunia nyata.

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *Arduino* dalam pembelajaran fisika memberikan pengalaman belajar langsung yang sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep seperti daya, momentum, dan gaya. Melalui pendekatan berbasis eksperimen, siswa dapat menghubungkan teori yang dipelajari di kelas dengan aplikasi praktis melalui pengamatan dan manipulasi variabel secara real-time. Hal ini menjadikan konsep-konsep abstrak dalam fisika lebih mudah dipahami dan lebih relevan dalam konteks kehidupan sehari-hari. Selain itu, penelitian ini memperkenalkan siswa pada teknologi modern, seperti mikrokontroler dan pemrograman, yang merupakan keterampilan penting di era digital. Melalui *Arduino*, siswa tidak hanya memahami prinsip-prinsip fisika dasar, tetapi juga mengembangkan keterampilan teknis yang relevan dalam pendidikan STEM. Penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya pengenalan teknologi berbasis mikrokontroler dalam pembelajaran fisika, khususnya dalam pengukuran variabel seperti tegangan, arus, dan kecepatan rotasi. Data yang dihasilkan dapat dianalisis untuk menghitung daya, momentum, dan efisiensi sistem, memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang konversi energi.

Keterbatasan dalam penelitian ini yakni penggunaan sensor terbatas pada pengukuran arus dan tegangan saja, sementara sensor torsi atau sensor kecepatan tambahan bisa meningkatkan akurasi dan cakupan analisis. Selain itu, eksperimen ini hanya mencakup motor DC tertentu dengan pengaturan tegangan terbatas. Penelitian lebih lanjut dapat

mengembangkan berbagai variasi motor dan pengaturan tegangan, serta melibatkan perangkat lain seperti motor servo atau stepper untuk memperoleh perspektif yang lebih luas tentang aplikasi penggerak dalam teknologi modern. Penelitian ini membuka peluang untuk mengembangkan sistem pembelajaran berbasis teknologi yang lebih interaktif dan fleksibel, sekaligus memperkenalkan siswa pada keterampilan teknis yang mendukung masa depan pendidikan STEM.

## Acknowledgment

## References

- Afa, A. N., Fahrudin, A., Rusdiana, D., & Musfiroh, M. (2023). Efektivitas Media Pembelajaran Magnetic Field Meter Berbasis Arduino untuk Meningkatkan Hasil Belajar Fisika Siswa SMA/MA. *Karst: Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapannya*, 6(1), 1-7. <https://doi.org/10.46918/karst.v6i1.1640>
- Aprilia, R. D., Harijanto, A., & Subiki, S. (2022). Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Efek Doppler Menggunakan Modul Sensor Suara dan Arduino. *Jurnal Fisika Unand*, 11(2), 139-145.
- Astuti, S. P. (2015). Pengaruh kemampuan awal dan minat belajar terhadap prestasi belajar fisika. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.30998/formatif.v5i1.167>
- Azizah, R., Yulianti, L., & Latifah, E. (2015). Kesulitan pemecahan masalah fisika pada siswa SMA. *Jurnal penelitian fisika dan aplikasinya (JPFA)*, 5(2), 44-50. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v5n2.p44-50>
- Charli, L., Ariani, T., & Asmara, L. (2019). Hubungan minat belajar terhadap prestasi belajar fisika. *Science and Physics Education Journal (SPEJ)*, 2(2), 52-60. <https://doi.org/10.31539/spej.v2i2.727>
- Halimah, N. S., & Oktawati, U. Y. (2021). *Semua Bisa Belajar Arduino*. Penerbit Lindan Bestari.
- Hamzah, H., Hajati, K., & Darmawan, D. (2021). Pengembangan Osiloskop Berbasis Arduino Uno Sebagai Media Pembelajaran Fisika. *PHYDAGOGIC: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, 3(2), 80-87. <https://doi.org/10.31605/phy.v3i2.1348>
- Harefa, A. R. (2019). Peran ilmu fisika dalam kehidupan sehari-hari. *Warta Dharmawangsa*, 13(2). <https://doi.org/10.46576/wdw.voi60.411>
- Hasanah, N., Saehana, S., Paramitha, I., Werdhiana, I. K., & Untara, K. A. A. (2024). Perbedaan Hasil Belajar Siswa Antara Menggunakan Alat Sains Sederhana Dengan Alat Peraga Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Melalui Alur Pembelajaran Merdeka. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 12(2), 77-83. <https://doi.org/10.22487/jpft.v12i2.3376>
- Jhoni, M., Afiah, N., Alparesa, I., Sugiarni, A., & Putri, S. (2022). Pengembangan media pembelajaran fisika berbasis arduino uno r3 pada materi gerak jatuh bebas. *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 8(1), 160-168. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i1.8419>
- Masyruhan, M., Pratiwi, U., & Al Hakim, Y. (2020). Perancangan alat peraga hukum hooke berbasis mikrokontroler arduino sebagai media pembelajaran Fisika. *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 6(2), 134-145.

- Muspa, R. M., & Suwondo, N. (2020). Pengembangan perangkat praktikum penentuan percepatan gravitasi bumi menggunakan pegas berbasis arduino-lin-labview. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 11(2), 165-171. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v11i2.6155>
- 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. <https://dx.doi.org/10.24042/ij sme.v2i3.4364>
- Pramuda, A., Hadiati, S., & Angraeni, L. (2024). Teknologi Pengeringan Makanan Tradisional Terakusisi Dengan Sensor Arduino Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Fisika Yang Selaras Dengan Perkembangan Sistem Otomatisasi. *Kappa Journal*, 8(1), 46-50. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i1.24758>
- Putra, V. G. V., Wijayono, A., Ngadiyono, N., & Purnomosari, E. (2020). Pengembangan Alat Uji Efisiensi Lampu Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno untuk Evaluasi Tingkat Pencahayaan Lampu Meja Belajar di Laboratorium Fisika-Mekatronika Politeknik STTT Bandung. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 4(2), 65-71. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v4i2.640>
- Rizali, M., Uli, A. H., Siska, M. S. M. O., & Wusko, I. U. (2020). Akuisisi Data untuk Percobaan Fisika Berbasis Arduino Uno Di SMKN 1 Gambut. *Jurnal IMPACT: Implementation and Action*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.31961/impact.v3i1.876>
- Rudianto, R., Annovasho, J., & Mardaya, M. (2023). Studi literatur: media belajar berbasis arduino uno pada pembelajaran fisika. *Schrodinger Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Fisika*, 4(2), 91-99. <https://doi.org/10.30998/sch.v4i2.6911>
- Sholakhudin, M. N. (2024). Alat Praktikum Gerak Lurus dengan Sensor IR Berbasis Arduino. *SAINTIFIK@: Jurnal Pendidikan MIPA*, 9(1), 20-27. <https://doi.org/10.33387/saintifik.v9i1.8139>
- Suari, M. (2017). Pemanfaatan arduino nano dalam perancangan media pembelajaran fisika. *Natural Science*, 3(2), 474-480. <https://doi.org/10.15548/nsc.v3i2.443>
- Wahyuningsih, F. T., Al Hakim, Y., & Ashari, A. (2019). Pengembangan Alat Peraga Pengukur Debit Air Menggunakan Sensor Flow Berbasis Arduino Sebagai Media Pembelajaran Fluida. *RADIASI: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 12(1), 38-45. <https://doi.org/10.37729/radiasi.v12i1.31>