



Pengembangan modul pembelajaran tentang Efek Zeeman pada mata kuliah fisika atom dan inti untuk S-1 Pendidikan Fisika

Raden Oktova *, Inggrit Khasanah Mega Octaviana

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia
 Email: r.oktova@pfis.uad.ac.id

* Penulis korespondensi

Informasi artikel

Sejarah artikel:
 Dikirim 02/07/23
 Revisi 26/07/23
 Diterima 29/07/23

Kata kunci:

Fisika atom dan inti
 Modul pembelajaran
 Efek Zeeman
 Model ADDIE

ABSTRAK

Fisika Atom dan Inti merupakan salah satu mata kuliah penting dan menarik pada program studi S-1 Pendidikan Fisika, namun proses pembelajaran belum optimal karena mahasiswa kesulitan untuk memahami materi yang abstrak, termasuk efek Zeeman. Oleh karena itu, media pembelajaran diperlukan sebagai alat bantu pembelajaran, dan salah satu jenis media pembelajaran yang menarik dan praktis adalah modul. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan modul pembelajaran tentang efek Zeeman yang layak digunakan untuk menunjang pembelajaran, dan untuk mengetahui kepuasan pengguna terhadap modul yang dikembangkan. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Untuk mengetahui kelayakan modul dilakukan validasi melalui angket oleh dua orang dosen ahli materi. Tingkat kelayakan rata-rata adalah berturut-turut sebesar 87,48%, dengan kategori sangat layak. Setelah uji kelayakan, modul pembelajaran dibagikan dalam bentuk file pdf dan dilakukan uji kepuasan pengguna kepada 22 orang mahasiswa sebagai sampel pengguna. Dari uji kepuasan pengguna diperoleh tingkat kepuasan pengguna sebesar 84,71%, termasuk kategori sangat memuaskan.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



Keywords:

Atomic and Nuclear Physics
 Learning module
 Zeeman effect
 ADDIE model

ABSTRACT

The development of an undergraduate atomic and nuclear physics learning module on the Zeeman effect. Atomic and Nuclear Physics is one of the important and interesting courses in undergraduate physics education, but the teaching and learning process has not gone as expected because students have difficulties to understand abstract materials, including the Zeeman effect, therefore learning media are needed as learning aid, and one of the interesting and practical learning media is a module. The objectives of this study are to develop a module on the Zeeman effect to support independent learning and to investigate the level of users' satisfaction. This study uses the ADDIE development model consisting of five steps: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. To determine the eligibility of the module, validation was carried out through a questionnaire given to two lecturers as subject experts. The average levels of eligibility are 87.48%, corresponding to highly eligible category. After the eligibility test, the module was given out for learning use to 22 students as users and a user satisfaction test was conducted. The satisfaction test gives a satisfaction level of 84.71%, which corresponds to a highly satisfactory category.

How to Cite:

Oktova, R., & Octaviana, I. K. M. (2023). Pengembangan modul pembelajaran tentang Efek Zeeman pada mata kuliah fisika atom dan inti untuk S-1 Pendidikan Fisika. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran Dan Aplikasinya*, 14(2), 82–90. <https://doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v14i2.26589>

Pendahuluan

Efek Zeeman merupakan salah satu pokok bahasan yang menarik pada mata kuliah Fisika Atom dan Inti pada program studi S-1 Pendidikan Fisika karena melibatkan konsep-konsep mekanika kuantum dan interaksi momentum sudut orbital dan spin dengan medan magnetik (Crutcher & Kemball, 2019). Efek Zeeman mempunyai berbagai aplikasi yang penting, antara lain dalam bidang astronomi dan astrofisika untuk menganalisis medan magnetik di matahari dan bintang-bintang yang mirip matahari (Namekata, *et al.*, 2023, Bai, *et al.*, 2021). Dalam salah satu penelitian mutakhir dalam bidang elektronika kuantum, khususnya pengembangan dan aplikasi laser, diteliti pengaruh medan magnetik luar pada medium aktif laser terhadap bentuk *alternating frequency dithering* dalam suatu perangkat laser cincin, dan dianggap terjadi pergeseran nol vibrasi dalam giroskop laser Zeeman akibat modulasi rugi-rugi intrakavitasi selama vibrasi cermin-cermin resonator (Lariontsev, 2021). Dalam penelitian lain (Wu, *et al.*, 2017) dilakukan analisis spektrum Zeeman senyawa gas oksida nitrat di daerah *mid-infrared* dengan menggunakan laser *quantum cascade* resolusi tinggi. Salah satu aplikasi penting efek Zeeman yang masih diteliti hingga kini adalah pendinginan dengan laser (*laser cooling*), khususnya penggunaan pelambat (*slower*) Zeeman (Torres, *et al.*, 2023, Kaebert, *et al.*, 2021, Gurov, *et al.*, 2021, Petzold, *et al.*, 2018, Ali, *et al.*, 2017, Zhang & Xu, 2016, Wang, *et al.*, 2015).

Berdasarkan hasil observasi pembelajaran pada mata kuliah Fisika Atom dan Inti pada program studi S-1 Pendidikan Fisika di Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, dosen pengampu menggunakan metode ceramah, demonstrasi dengan media papan tulis dan media pembelajaran *Powerpoint*. Dosen mengadakan kuis untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa pada tiap pokok bahasan, dan memberikan buku-buku penunjang pembelajaran yang berbentuk *file pdf* dalam bahasa Inggris. Terlihat bahwa mahasiswa kurang aktif dalam menjawab pertanyaan-pertanyaan yang diberikan oleh dosen. Muncul dugaan bahwa di luar pertemuan tatap muka mahasiswa tidak mempelajari buku-buku penunjang yang diberikan, sehingga tidak menguasai materinya. Terkait hal ini, temuan hasil wawancara dengan mahasiswa adalah buku penunjang yang diberikan oleh dosen kurang menarik untuk dijadikan bahan ajar mahasiswa dalam belajar mandiri. Buku tersebut berisi uraian materi yang panjang dan menggunakan lambang-lambang fisika yang berbeda dengan yang diajarkan oleh dosen. Dari hasil observasi dan wawancara tersebut, mahasiswa membutuhkan bahan ajar dalam bahasa Indonesia yang menarik dan ringkas sehingga dapat mendorong mahasiswa untuk belajar mandiri. Salah satu alternatif bahan ajar yang dapat digunakan adalah modul sebab modul merupakan salah satu jenis bahan ajar yang diperlukan untuk menjadikan mahasiswa dapat belajar dengan mandiri tanpa atau dengan arahan dari fasilitator atau pendidik (Utami, *et al.*, 2018), dan pembelajaran dengan menggunakan modul akan lebih efektif, efisien, dan relevan (Husna, *et al.*, 2020). Menurut Kustandi dan Darmawan (2020), fungsi modul adalah untuk mengatasi kelemahan pembelajaran konvensional, meningkatkan motivasi belajar,

meningkatkan kreativitas dosen dalam mempersiapkan pembelajaran individual, mewujudkan prinsip maju berkelanjutan, meningkatkan konsentrasi belajar.

Terkait bahan-bahan ajar yang telah dikembangkan untuk mata kuliah Fisika Atom dan Inti pada program studi S-1 Pendidikan Fisika, dalam penelitian sebelumnya (Oktova, *et al.*, 2018), telah dikembangkan modul pembelajaran dalam bahasa Indonesia tentang reaksi inti dengan menggunakan model pengembangan ADDIE, yang terdiri atas tahap-tahap *Analysis* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Pengembangan modul melibatkan validasi oleh dua orang dosen ahli materi, dan diperoleh tingkat kelayakan rata-rata sebesar 85,42%. Dalam uji coba modul pada pengguna sebanyak 10 orang mahasiswa, diperoleh tingkat kepuasan rata-rata sebesar 88,33%, termasuk kategori sangat memuaskan. Dapat disimpulkan bahwa modul pembelajaran yang dikembangkan sangat layak digunakan sebagai sumber belajar mandiri. Dalam penelitian lain (Pathoni, *et al.*, 2017), dikembangkan modul elektronik untuk pokok bahasan radioaktivitas dan struktur inti yang divalidasi oleh ahli media dan ahli materi. Persepsi mahasiswa terhadap modul elektronik tersebut menunjukkan tingkat kesesuaian rata-rata sebesar 83,5% (pokok bahasan struktur inti) dan 89% (pokok bahasan radioaktivitas), dengan kategori sangat baik. Sejauh penelusuran penulis, sebelum ini tidak pernah dilakukan pengembangan bahan ajar tentang efek Zeeman yang terpublikasi resmi.

Penulis telah mengembangkan modul Fisika Atom dan Inti untuk mahasiswa S-1 Pendidikan Fisika tentang efek Zeeman dengan menggunakan bahasa Indonesia yang dibuat secara ringkas, menarik dan praktis yang diharapkan dapat membantu dan memudahkan mahasiswa untuk belajar mandiri serta memudahkan untuk memahami pokok bahasan efek Zeeman tersebut. Modul pembelajaran dapat digunakan dalam bentuk buku tercetak maupun dalam bentuk *file*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan modul pembelajaran tentang efek Zeeman yang layak digunakan dalam pembelajaran mandiri oleh mahasiswa, dan untuk menguji tingkat kepuasan pengguna.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yakni *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*, dengan tujuan utama untuk mendesain dan mengembangkan sebuah produk secara efektif dan efisien (Martatiyana, *et al.*, 2023, Oktova & Jati, 2023, Aldoobie, 2015). Penelitian ini dilaksanakan dari tahap persiapan sampai dengan tahap pelaksanaan mulai bulan Oktober 2020 sampai dengan bulan Juli 2021 di Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Produk yang dihasilkan adalah modul pembelajaran tercetak dan berupa *file* elektronik tentang efek Zeeman untuk digunakan pada mata kuliah Fisika Atom dan Inti untuk S-1 Pendidikan Fisika.

Prosedur penelitian dan pengembangan ini dimulai dengan tahap *analysis* untuk menentukan jenis media dan materi pembelajaran yang dibutuhkan sehingga medium yang dikembangkan sesuai dan memenuhi kebutuhan pengguna. Tahap selanjutnya adalah tahap *design*, pada tahap ini peneliti merencanakan struktur materi dalam modul yang akan dikembangkan. Setelah tahap *design*, penelitian ini berlanjut pada tahap *development* atau pengembangan yang dilakukan meliputi proses pengembangan materi dan uji kelayakan (validasi) oleh dua orang dosen ahli materi. Selanjutnya adalah tahap *implementation*, di mana modul yang telah selesai dikembangkan dan direvisi selanjutnya diujicobakan kepada pengguna yaitu 22 orang mahasiswa Pendidikan Fisika untuk mengetahui tingkat kepuasan pengguna.

Penelitian ini menggunakan instrumen berupa angket dengan model skala Likert (Tanujaya, et al., 2022, Alhassan, et al., 2022) untuk pengambilan data dengan empat respon yang menunjukkan rentang penilaian, skor 4 untuk jawaban Sangat Layak (SL), skor 3 untuk Layak (L), skor 2 untuk Kurang Layak (KL), skor 1 untuk Tidak Layak (TL). Persentase (P) kelayakan dan kepuasan dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$P = \frac{\text{skor hasil penilaian}}{\text{skor maksimum}} \times 100\%. \quad (1)$$

Sesuai dengan karakteristik modul, yaitu dikembangkan sebagai sumber pembelajaran mandiri, ringkas, menarik dan praktis, angket dikembangkan dengan menjabarkan butir-butir pernyataan berdasarkan karakteristik tersebut, dan dikelompokkan ke dalam lima aspek, yaitu aspek materi, manfaat, bahasa, penyajian dan kegrafisan. Terhadap semua pernyataan dalam angket yang sudah dirancang dilakukan validasi isi dengan mencermati kecocokan terhadap karakteristik modul, dan dihasilkan sebanyak 34 butir pernyataan, yaitu 9 butir pada aspek materi, 2 butir pada aspek manfaat, 9 butir pada aspek bahasa, 7 butir pada aspek penyajian dan 7 butir pada aspek kegrafisan.

Tabel 1. Klasifikasi tingkat kelayakan (Oktova & Jati, 2023)

No.	Interval Nilai (P)	Tingkat Kelayakan
1	76 – 100%	Sangat Layak
2	51 – 75%	Layak
3	26 – 50%	Kurang Layak
4	0 – 25%	Tidak Layak

Tingkat kelayakan modul pembelajaran diperoleh dengan cara mengubah nilai P ke dalam kalimat kualitatif sesuai Tabel 1, dan diperoleh tingkat kelayakan modul pembelajaran dari aspek materi dan media (Mustofa & Oktova, 2022). Modul pembelajaran dikatakan layak untuk diujicobakan pada pengguna bila tingkat kelayakan berada pada rentang 76-100% (sangat layak).

Selanjutnya pada uji coba dan uji kepuasan pengguna, modul dibagikan dalam bentuk *file pdf*, dan tingkat kepuasan pengguna dihitung dengan persamaan (1), lalu tingkat kepuasan diubah ke dalam kategori kualitatif sesuai Tabel 2, yang disusun mirip dengan Tabel 1 untuk uji kelayakan.

Tabel 2. Klasifikasi tingkat kepuasan mahasiswa (Oktova & Jati, 2023)

No.	Nilai P (%)	Tingkat Kepuasan
1	$80 \leq P < 100$	Sangat Memuaskan
2	$60 \leq P < 80$	Memuaskan
3	$40 \leq P < 60$	Cukup Memuaskan
4	$20 \leq P < 40$	Kurang Memuaskan
5	$P < 20$	Tidak Memuaskan

Hasil dan Pembahasan

Setelah melalui beberapa tahapan pengembangan, penelitian ini menghasilkan modul pembelajaran tentang efek Zeeman untuk mata kuliah Fisika Atom dan Inti pada S-1 Pendidikan Fisika. Modul ini menggunakan format penulisan SOS (*Schaum's Outline Series*) yang terdiri atas ringkasan materi, contoh soal dan penyelesaian, serta latihan soal dengan kunci jawaban (Gautreau & Savin, 1999). Selengkapnya modul terdiri atas Halaman Judul, Kata Pengantar, Daftar Isi, Spesifikasi Modul Tinjauan Mata Kuliah, Capaian Pembelajaran, Pedoman Penggunaan, Daftar Lambang, Daftar Tabel, Daftar Gambar, Ringkasan Materi, Contoh Soal dan Penyelesaian, Latihan dan Kunci Jawaban, Daftar Pustaka, Indeks Istilah, Lampiran, dan halaman belakang.

Tampilan sampul depan disajikan pada Gambar 1. Susunan isi materi dalam format SOS yang terdiri atas ringkasan materi, contoh soal dan penyelesaian, serta latihan soal dengan kunci jawaban disajikan dalam dua bab, yaitu Bab 1 Pendahuluan yang berisi konsep-konsep dasar yang menunjang konsep utama efek Zeeman dan Bab 2 tentang efek Zeeman itu sendiri. Hal ini dapat dilihat pada tampilan Daftar Isi yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Tampilan sampul depan.

Daftar Isi	
Daftar Isi	v
Spesifikasi Modul	vi
Tinjauan Mata Kuliah	vii
Capaian Pembelajaran	viii
Pedoman Penggunaan	ix
Daftar Lambang	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
BAB I. Pendahuluan	1
1.1 Model Atom Mekanika Kuantum	1
1.2 Momen Dipol Magnetik Orbital Elektron	2
1.3 Momen Dipol Magnetik Spin Elektron	3
Contoh Soal dan Penyelesaian	4
Latihan	11
BAB II. Efek Zeeman	14
2.1 Efek Zeeman	14
2.2 Jenis-Jenis Efek Zeeman	15
2.3 Efek Zeeman Normal	15
2.4 Efek Zeeman Anomali	16
Contoh Soal dan Penyelesaian	18
Latihan	26
Daftar Pustaka	29
Indeks Istilah	30
Gambaran Vektor Kopling L-S	31

Gambar 2. Tampilan Daftar Isi.

Tabel 3 menyajikan hasil uji kelayakan oleh dua dosen ahli materi. Aspek yang dinilai oleh dosen ahli materi terdiri atas materi, kebahasaan, penyajian, kegrafisan, dan kebermanfaatan. Hasil uji kelayakan menunjukkan bahwa persentase tertinggi adalah aspek materi. Modul menyajikan materi dengan runtut serta disesuaikan dengan capaian pembelajaran dan indikator. Konsep materi dalam modul disajikan dengan jelas dan lengkap. Selain itu, contoh soal dan penyelesaian serta latihan soal sesuai dengan materi. Persentase terendah berada pada aspek manfaat. Hasil penilaian tersebut menunjukkan bahwa modul perlu dioptimalkan agar dapat dijadikan sumber belajar mandiri mahasiswa untuk mencapai capaian pembelajaran. Secara keseluruhan, berdasarkan hasil validasi oleh dosen ahli I dan dosen ahli II, modul sangat layak untuk diujicobakan pada mahasiswa, dengan tingkat kelayakan rata-rata sebesar 87,48%.

Tabel 3. Tingkat kelayakan pada masing-masing aspek oleh dosen ahli

Aspek	Persentase Kelayakan (%)	Klasifikasi Kelayakan
Materi	94,44	Sangat Layak
Kebahasaan	81,25	Sangat Layak
Penyajian	90,28	Sangat Layak
Kegrafisan	89,28	Sangat Layak
Kebermanfaatan	82,14	Sangat Layak

Selain menghasilkan tingkat kelayakan, validasi oleh dosen ahli juga menghasilkan beberapa saran perbaikan yang kemudian diimplementasikan sebelum modul diujicobakan kepada mahasiswa. Saran-saran ini dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Rangkuman saran-saran perbaikan modul oleh dosen ahli

No	Saran
1	Contoh soal dan penyelesaian kurang banyak
2	Gambar 1.1 kurang sempurna (ada bagian lingkaran dan bagian panjang sisi yang tidak utuh).
3	Akan sangat baik apabila ada gambar nyata foto hasil eksperimen efek Zeeman.

Uji coba pada pengguna mahasiswa dilakukan secara daring menggunakan aplikasi *WhatsApp* karena terhalang pandemi Covid-19. Kendala pada tahap uji coba adalah kurangnya partisipasi mahasiswa untuk mengisi lembar angket. Dari 30 mahasiswa yang dikirim angket dan *file* modul melalui aplikasi *WhatsApp*, hanya 22 mahasiswa yang memberikan tanggapan. Untuk penelitian selanjutnya, kesulitan ini dapat diatasi dengan melakukan uji coba secara langsung atau dengan menggunakan panggilan melalui telepon seluler. Tabel 5 menyajikan hasil uji kepuasan terhadap 22 mahasiswa tersebut. Aspek-aspek yang dinilai oleh mahasiswa sama dengan yang dinilai oleh dosen ahli materi, namun dengan butir dan bobot pernyataan yang berbeda pada tiap aspek. Dari tahap uji coba pada mahasiswa, persentase tertinggi adalah pada aspek materi. Modul menyajikan materi dengan menggunakan lambang-lambang besaran fisika sesuai dengan yang digunakan dalam kuliah serta modul dilengkapi dengan tinjauan mata kuliah untuk mengetahui dengan jelas posisi materi efek

Zeeman dalam silabus. Persentase terendah berada pada aspek manfaat. Hasil penilaian tersebut menunjukkan bahwa modul perlu dioptimalkan agar dapat dijadikan sumber belajar mandiri mahasiswa. Secara keseluruhan, hasil uji coba pada mahasiswa adalah modul sangat baik untuk digunakan sebagai pelengkap bahan pembelajaran mandiri, dengan persentase kepuasan mahasiswa sebesar 84,71%.

Tabel 5. Tingkat kepuasan mahasiswa

Aspek	Persentase Kepuasan (%)	Klasifikasi Kepuasan
Materi	88,64	Sangat Memuaskan
Kebahasaan	83,33	Sangat Memuaskan
Penyajian	85,51	Sangat Memuaskan
Kegrafisan	83,12	Sangat Memuaskan
Kebermanfaatan	82,95	Sangat Memuaskan

Selain tingkat kepuasan mahasiswa, dari uji coba pada pengguna mahasiswa juga diperoleh sebanyak 14 komentar dan saran. Tabel 6 menyajikan cuplikan sebanyak 5 di antara ke-14 komentar dan saran tersebut, dan secara umum komentar-komentar sejalan dengan data tingkat kepuasan yang diperoleh.

Tabel 6. Rangkuman saran dan komentar dari pengguna mahasiswa

No.	Komentar dan Saran
1	Di halaman cover judul bisa ditambahkan icon terkait substansi pembahasan. Hal tersebut agar ketika melihat cover judul, pembaca sudah dapat mengetahui modul tersebut berisi materi terkait icon yang tercantum di bagian halaman cover. Bagian lengkungan hitam dan biru terlalu besar sehingga membuat judul dan nama pengarang susah untuk penempatannya.
2	Pengkajian materi disampaikan dengan runtut dan sistematis, dapat diikuti dan memudahkan dalam memahami materi. Contoh soal dan pembahasan serta latihan soal disajikan sistematis seperti materi yang sudah dijelaskan sebelumnya. Desain modul cukup menarik, pemilihan warna yang tidak mencolok, dan sederhana menjadi salah satu hal yang menarik. Bahasa yang digunakan tidak menyulitkan.
3	Sudah bagus, ntuk tata letak bisa diteliti lagi sepertinya ada yang masih kurang pas, penggunaan warna sangat menarik. Contoh soal dan penyelesaian sudah teratur dan mudah dipahami.
4	Tidak ada. Modul yang disajikan cukup mudah untuk dibaca dan dipahami.
5	Modulnya menarik, memudahkan untuk memahami materi efek zeeman. Contoh soal, penyelesaian, dan juga latihan cukup banyak diberikan sehingga membuat mahasiswa merasa senang

Dari segi metode penelitian, keterbatasan penelitian ini adalah tidak ada uji validitas empiris dan uji reliabilitas empiris (Maenani & Oktova, 2015) terhadap instrumen pengukuran (angket) yang digunakan, melainkan hanya dilakukan validasi secara teoritis atau validasi isi sebelum angket digunakan, yaitu dengan cara butir-butir pernyataan disesuaikan dengan karakteristik modul yang hendak dikembangkan. Penggunaan instrumen angket tanpa melalui uji empiris validitas dan reliabilitas lazim dijumpai dalam beberapa penelitian tentang pengembangan bahan ajar fisika, khususnya modul (Oktova & Jati, 2023, Mustofa & Oktova, 2022, Husna, *et al.*, 2020, Oktova, *et al.*, 2018, Hamid, *et al.*, 2013). Walaupun demikian, dalam sebuah penelitian tentang pengembangan modul pembelajaran Elektronika Dasar (Pathoni, *et al.*, 2017), dilakukan uji empiris validitas dengan teknik korelasi *Pearson* dan uji empiris reliabilitas dengan teknik korelasi *Alpha Cronbach*.

Simpulan

Telah dikembangkan modul pembelajaran efek Zeeman untuk mata kuliah Fisika Atom dan Inti pada S-1 Pendidikan Fisika. Berdasarkan uji kelayakan oleh dosen ahli materi, modul mempunyai tingkat kelayakan sebesar 87,48%, termasuk kategori sangat layak. Modul diujicobakan kepada mahasiswa dan memperoleh tingkat kepuasan mahasiswa sebesar 84,71%, termasuk kategori sangat memuaskan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk pengembangan modul fisika selanjutnya digunakan format penulisan SOS (*Schaum's Outline Series*). Selain itu, uji coba melalui WhatsApp pada penelitian ini mengalami kurangnya partisipasi mahasiswa dalam mengisi lembar angket, maka akan lebih baik pada penelitian selanjutnya uji coba dilakukan secara langsung atau melalui panggilan telepon. Terkait instrumen yang digunakan (angket) disarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan uji validitas dan reliabilitas secara empiris.

Referensi

- Aldoobie, N. (2015). ADDIE model, *Am. Int. J. Contemp.*, 5(6), 68–72. <http://www.ajcrnet.com/journal/index/969>
- Alhassan, I., Asiamah, N., Opuni, F. F., & Alhassan, A. (2022). The Likert scale: exploring the unknowns and their potential to mislead the world. *UDS International Journal of Development (UDSIJD)*, 9(2), 867–880. <https://doi.org/10.47740/586.UDSIJD6i>
- Ali, D. B., Badr, T., Brézillon, T., Dubessy, R., Perrin, H., & Perrin, A. (2017). Detailed study of a transverse field Zeeman slower, *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 50(5), 055008. <https://doi.org/10.1088/1361-6455/aa5a6a>
- Bai, X.-Y., Zhang, Z.-Y., Feng, Z.-W., Deng, Y.-Y., & Bao, X.-M. (2021). Solar observation with the Fourier transform spectrometer I : Preliminary results of the visible and near-infrared solar spectrum, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 21(10), 267. <https://doi.org/10.1088/1674-4527/21/10/267>
- Crutcher, R. M., & Kembal, A. J. (2019). Review of Zeeman effect observations of regions of star formation, *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 6. <https://doi.org/10.3389/fspas.2019.00066>
- Gautreau, R., & Savin, W. (1999). *Schaum's Outline of Modern Physics (Schaum's Outline Series) 2nd Edition*. St. Louis: McGraw-Hill.
- Gurov, M. G., Gurova, E. G., & Pustovoy, N. V. (2021). Toward the use of an additional degree of freedom of the Zeeman slower frequency tuning, *Journal of Physics: Conference Series*, 2032, 012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2032/1/012005>
- Hamid, M. A., Nyeneng, I. D. P., & Rosidin, U. (2013). Perbandingan Penggunaan Feedback pada Lembar Jawaban Siswa terhadap Penguasaan Konsep Fisika Melalui Pembelajaran Kontekstual, *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 1(5), 79–87.
- Husna, A., Hasan, M., Mustafa, M., Syukri, M., & Yusrizal, Y. (2020). Pengembangan modul fisika berbasis integrasi Islam-sains pada materi gerak lurus untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 8(1), 55–66. <https://doi.org/10.24815/JPSI.V8I1.15539>
- Kustandi, C., & Darmawan, D. (2020). *Pengembangan Media Pembelajaran: Konsep dan Aplikasi Pengembangan Media Pembelajaran Bagi Pendidik di Sekolah dan Masyarakat*. Jakarta: Kencana, hal. 159-164.
- Lariontsev, E. G. (2021). Zero shift in a Zeeman laser gyroscope with periodic modulation of intracavity losses, *Quantum Electronics*, 51(6), 562. <https://doi.org/10.1070/QEL17561>
- Maenani, L., & Oktova, R. (2015). Analisis Butir Soal Fisika Ulangan Umum Kenaikan Kelas X Madrasah Aliyah se-Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah Tahun Pelajaran 2011/2012, *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya*, 7(1), 5–11.
- Martatiana, D. R., Usman, H., & Lestari, H. D. (2023). Application of the ADDIE Model in Designing Digital Teaching Materials. *Journal of Education & Teaching Primary School Teachers*, 6(1), 105–109.

- Kaebert, P., Stepanova, M., Poll, T., Petzold, M., Xu, S., Siercke, M., & Ospelkaus, S. (2021). Characterizing the Zeeman slowing force for $^{40}\text{Ca}^{19}\text{F}$ molecules, *New Journal of Physics*, 23(9), 093013. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ac1ed7>
- Namekata, K., Toriumi, S., Airapetian, V. S., Shoda, M., Watanabe, K., & Notsu, Y. (2023). Reconstructing the XUV spectra of active sun-like stars using solar scaling relations with magnetic flux, *The Astrophysical Journal*, 945(2), 147. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/acbe38>
- Oktova, R., Hijjiyana, S., & Hidayatuloh, S. (2018). Pengembangan modul pembelajaran mata kuliah Fisika Atom dan Inti pada pokok bahasan reaksi inti untuk mahasiswa S-1 Pendidikan Fisika. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*, 2(8), 58–64.
- Oktova, R., & Jati, P. W. (2023). Pengembangan Video Pembelajaran *Online* tentang Efek Fotolistrik Menggunakan Sparkol Videoscribe pada Mata Kuliah Fisika Modern untuk S-1 Pendidikan Fisika. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya*, 14(1), 10–18. <http://dx.doi.org/10.12928/bfi-jfpa.v14i1.25024>
- Pathoni, H., Jufrida, J., Saputri, I., & Sari, W. (2017). Persepsi Mahasiswa terhadap E-Modul Pembelajaran Mata Kuliah Fisika Atom dan Inti. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, 1(1), 55-52. <https://doi.org/10.24036/jep/vol1-iss1/35>
- Petzold, M., Kaebert, P., Gersema, P., Siercke, M. & Ospelkaus, S. (2018). A Zeeman slower for diatomic molecules, *New Journal of Physics*, 20, 042001. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/aab9f5>
- Mustofa, A., & Oktova, R. (2022). Pengembangan modul pembelajaran tentang teori hamburan sebagai bahan pengayaan pada mata kuliah Mekanika Kuantum untuk mahasiswa Pendidikan Fisika S-1. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya*, 13(2), 1–8. <https://doi.org/10.12928/bfi-jfpa.v13i2.23680>
- Tanujaya, B., Prahmana, R. C. I., & Mumu, J. (2022). Likert scale in social sciences research: problems and difficulties. *FWU Journal of Social Sciences*, 16(4), 89-101. <https://doi.org/10.51709/19951272/Winter2022/7>
- Torres, M. A. L., Passagem, H. F., Fernández, D. R., Paul, E. d. C., Casique, C. A. M., Dulieu, O., Bouloufa-Maafa, N., & Luis Gustavo Marcassa, L. G. (2023) Proposal for Zeeman slowing of Rb_2 molecules in a supersonic beam, inducing internal cooling, *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 56(6), 065301. <https://doi.org/10.1088/1361-6455/acbdd6>
- Utami, T. N., Jatmiko, A., & Suherman, S. (2018). Pengembangan modul matematika dengan pendekatan science, technology, engineering, and mathematics (STEM) pada materi segiempat. *Desimal: Jurnal Matematika*, 1(2), 165–172. <https://doi.org/10.24042/DJM.V1I2.2388>
- Wang, Q., Lin, Y.-G., Gao, F.-L., Li, Y., & Lin, B.-K. (2015). A longitudinal Zeeman slower based on ring-shaped permanent magnets for a strontium optical lattice clock, *Chinese Physics Letters*, 32(10), 100701. <https://doi.org/10.1088/0256-307X/32/10/100701>
- Wu, K., Liu, L., Chen, Z., Cheng, X., Yang, Y., & Li, F. (2017). High-resolution and broadband mid-infrared Zeeman spectrum of gas-phase nitric oxide using a quantum cascade laser around $5.2\ \mu\text{m}$, *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 50(3), 035401. <https://doi.org/10.1088/1361-6455/aa54cd>
- Zhang, X., & Xu, X. (2016). Optimized design of a permanent Zeeman slower for an ytterbium optical lattice clock, *Laser Physics*, 26(7), 075501. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/5/1/007>