



Pengembangan modul pembelajaran tentang teori hamburan sebagai bahan pengayaan pada mata kuliah Mekanika Kuantum untuk mahasiswa Pendidikan Fisika S-1

Alim Mustofa*, Raden Oktova

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

Email: alim1700007040@webmail.uad.ac.id*

* Penulis korespondensi

Informasi artikel

Sejarah artikel:	
Dikirim	25/03/22
Revisi	13/07/22
Diterima	19/07/22

Kata kunci:

Modul Pembelajaran
 Mekanika Kuantum
 Teori Hamburan
 Model ADDIE

ABSTRAK

Teori hamburan adalah salah satu pokok bahasan mekanika kuantum yang menarik dan bermanfaat untuk dipelajari, tetapi tidak diberikan pada kuliah karena di luar silabus mata kuliah. Bahan ajar tentang teori hamburan yang ringkas dan sesuai, serta menggunakan bahasa Indonesia perlu dikembangkan. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan modul pembelajaran yang layak digunakan untuk sumber belajar mandiri sebagai pengayaan. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang terdiri atas 5 tahapan, yakni analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Subjek penelitian ini adalah 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika S-1 Universitas Ahmad Dahlan angkatan 2016, 2017, dan 2018 yang sudah menempuh mata kuliah Mekanika Kuantum dengan nilai minimal B. Subjek dipilih berdasarkan *purposive sampling*. Uji kepuasan mahasiswa terhadap modul dilakukan setelah modul diuji kelayakannya (divalidasi) oleh 2 dosen ahli. Instrumen penelitian yang digunakan adalah angket. Tingkat kelayakan dan kepuasan terhadap modul yang diberikan oleh dosen ahli dan mahasiswa berturut-turut adalah sebesar 86,92% dan 91,17%. Oleh karena itu, modul sangat layak digunakan untuk sumber belajar mandiri sebagai bahan pengayaan.

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



Keywords:

Learning Module
 Quantum Mechanics
 Scattering Theory
 ADDIE Model

ABSTRACT

Development of a learning module on scattering theory as an enrichment material for an Undergraduate Physics Education Quantum Mechanics course. Scattering theory is one of the interesting and useful topics of quantum mechanics to study, but it is not given in lectures because it is outside the syllabus. Teaching materials on scattering theory that are concise and appropriate and using Indonesian need to be developed. This research aims to produce learning modules suitable for use as independent learning resources as an enrichment. This study uses the ADDIE development model of 5 stages: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The subjects of this study were 30 students of the Ahmad Dahlan University Undergraduate Physics Education Study Program batch 2016, 2017, and 2018 who had taken Quantum Mechanics courses with a minimum score of B. The subjects were selected using purposive sampling. The student satisfaction test for the module is carried out after the module has been tested for feasibility (validated) by two expert lecturers. The research instrument used was a questionnaire. The level of eligibility and satisfaction with the modules provided by expert lecturers and students were 86.92% and 91.17%, respectively. Therefore, the module is suitable for being used as an independent learning resource as an enrichment material.

How to Cite:

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), 42–49. <https://doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v13i2.23680>

Pendahuluan

Mekanika Kuantum adalah seperangkat aturan matematika yang menjadi dasar teori fisika. Penerapan aturan mekanika kuantum memungkinkan untuk menghitung observabel dari sistem fisik yang terisolasi setiap saat setelah diketahui Hamiltoniannya (Oliveira et al., 2007). Mekanika Kuantum penting dipelajari karena menjadi satu-satunya kerangka kerja yang valid untuk menggambarkan dunia mikroskopis. Mekanika kuantum juga menjadi dasar semua cabang fisika modern. Tidak hanya itu, mekanika kuantum juga dianggap sebagai dasar kimia dan biologi (Zettili, 2009). Oleh karena itu, mekanika kuantum sangatlah bermanfaat.

Aplikasi mekanika kuantum dalam fisika, antara lain pada bahan termoelektrik, jam atom pada sistem navigasi satelit, enkripsi dan komunikasi kuantum (Jia et al., 2020). Dalam bidang kimia, teori fungsi kerapatan (*density functional theory*) pada mekanika kuantum digunakan untuk mengembangkan dan mengkarakterisasi bahan polimer (Ruipérez, 2019). Selain itu, dalam industri farmasi digunakan dalam pengembangan obat, dengan fokus pada pemodelan reaksi kimia (Lam et al., 2020). Dalam bidang biologi, efek terowongan kuantum (*quantum tunnelling*) dan koherensi kuantum (*quantum coherence*) terlibat dalam proses yang sangat penting untuk semua sel hidup, seperti transfer energi dan kerja enzim (McFadden & Al-Khalili, 2018).

Mekanika Kuantum merupakan salah satu mata kuliah wajib pada semester VI pada program studi Pendidikan Fisika S-1 Universitas Ahmad Dahlan. Pokok bahasan Mekanika Kuantum yang dipelajari selama perkuliahan, yakni postulat-postulat mekanika kuantum hingga mekanika kuantum relativistik. Salah satu pokok bahasan yang penting dan bermanfaat, namun tidak dipelajari pada kuliah Mekanika Kuantum adalah teori hamburan karena di luar silabus atau rencana pembelajaran semester.

Hamburan adalah suatu peristiwa di mana gelombang elektromagnetik atau partikel menyimpang dari garis lurus karena interferensi atau tumbukan dalam suatu medium (Wade & Drake, 2019). Dengan kata lain, hamburan merupakan interaksi antara dua partikel atau lebih yang dapat mengubah keadaan awal dari masing-masing partikel tersebut. Studi tentang teori hamburan penting karena mewakili salah satu metode terbaik untuk mempelajari sifat-sifat atom, inti dan interaksi partikel elementer antar sesamanya dan juga dengan sistem atom dan inti (Aruldas, 2009).

Teori hamburan kuantum bermanfaat karena dapat digunakan untuk mempelajari beberapa proses dalam sistem beberapa partikel yang terkait dengan hamburan proton dengan atom dan ion dan elektron dengan molekul diatomik dalam keadaan dasar dan keadaan vibrasi tereksitasi (Pozdneev, 2019). Lalu, hamburan kuantum dapat dimanfaatkan perhitungannya pada reaksi kimia molekul poliatomik dalam fase gas dengan memberikan interpretasi yang sangat akurat dari hasil eksperimen pada rincian reaksi kimia (Fu et al., 2017). Selain itu, sifat hamburan nanopartikel emas digunakan dalam pencitraan biomedis dan aplikasi terapi fototermal (Jain et al., 2006).

Berdasarkan hasil observasi peneliti, ketersediaan literatur atau buku penunjang tentang teori hamburan sebagian besar menggunakan bahasa asing (Inggris) dan tidak semua buku memaparkan materi dengan gaya penyampaian yang mudah dipahami mahasiswa. Peneliti pernah mendapati media pembelajaran tentang teori hamburan yang sebagian materinya berbahasa Indonesia, namun sebagiannya lagi masih berbahasa Inggris. Kekurangan dari media tersebut menyajikan materi teori hamburan yang sedikit sulit dipahami jika dijadikan pengantar untuk pemula, terutama bagi mahasiswa pendidikan karena mengaitkan materinya dengan matriks T , hamburan relativistik, dan sebagainya sehingga kurang sesuai jika dijadikan pengantar untuk mahasiswa Pendidikan Fisika S-1. Jadi, materi pada media tersebut dinilai cukup tinggi levelnya dan luas cakupannya sehingga lebih mengarah pada pembelajaran tingkat lanjut. Selain itu, media tersebut tidak menyajikan contoh soal dan penyelesaian. Oleh karena itu, diperlukan media atau sumber belajar yang sesuai untuk mempelajari teori hamburan.

Modul adalah salah satu bahan ajar yang memiliki tujuan menjadikan mahasiswa dapat belajar dengan mandiri tanpa atau dengan arahan dari fasilitator (pendidik), sehingga setidaknya modul terdiri atas komponen inti bahan ajar (Utami et al., 2018). Pembelajaran yang menggunakan modul akan lebih efektif, efisien, dan relevan (Husna et al., 2020). Selain itu, dengan adanya modul peran pendidik dalam proses pembelajaran hanya akan berfokus sebagai fasilitator, bukan lagi menjadi pihak yang selalu mendominasi sehingga pembelajaran akan terpusat pada mahasiswa (Permadi et al., 2018).

Dengan latar belakang tersebut, peneliti akan mengembangkan modul pembelajaran tentang teori hamburan sebagai bahan pengayaan pada mata kuliah Mekanika Kuantum untuk mahasiswa Pendidikan Fisika S-1 dengan menggunakan bahasa pengantar bahasa Indonesia yang dikemas secara ringkas, menarik, dan sesuai sehingga dapat digunakan mahasiswa untuk salah satu sumber belajar mandiri sebagai pengayaan.

Metode

Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE. Tahapan model pengembangan ini meliputi analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi (Cheung, 2016; Oktova et al., 2018). Pada tahap analisis, peneliti melakukan studi literatur dan observasi terhadap mahasiswa Pendidikan Fisika S-1 Universitas Ahmad Dahlan yang telah menempuh mata kuliah Mekanika Kuantum, serta wawancara informal dengan dosen yang mengampu mata kuliah tersebut. Selanjutnya, pada tahap desain, dilakukan penentuan media pembelajaran, isi (konten), pemilihan format dan pembuatan rancangan tampilan, serta penentuan instrumen pengumpulan data (penilaian) dan subjek uji coba. Isi terdiri atas materi, contoh soal dan penyelesaian, serta latihan soal dan kunci jawaban. Instrumen pengumpulan data yang digunakan adalah lembar angket. Subjek uji coba (pengguna) adalah mahasiswa yang dipilih berdasarkan teknik pengambilan sampel yang digunakan, yaitu *purposive sampling*.

Pada tahap pengembangan, modul disusun dengan bantuan perangkat lunak *Ms. Word 2019* untuk merancang (membuat) kerangka beserta isi modul dan menggunakan aplikasi *Adobe Illustrator 2020* untuk membuat sampul depan dan belakang, serta membuat beberapa gambar pada materi. Kemudian, untuk modul yang telah dikembangkan, dilakukan divalidasi oleh dosen ahli (validator), dan direvisi sebelum diujicobakan. Dalam tahapan implementasi, modul diujicobakan pada mahasiswa. Subjek uji coba pada penelitian yang dilangsungkan adalah 30 mahasiswa pendidikan Fisika S-1 Universitas Ahmad Dahlan yang telah menempuh mata kuliah Mekanika Kuantum dengan nilai minimal, yakni B. Terakhir, pada tahap evaluasi, hasil angket yang diperoleh dari tahap implementasi dianalisis.

Terdapat dua jenis data yang dianalisis pada teknik analisis data kuantitatif, yaitu uji kelayakan (validasi) oleh dosen ahli dan uji kepuasan pengguna oleh mahasiswa. Uji kelayakan dilakukan oleh dua orang dosen ahli. Skala peringkat Likert digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan modul dari penilaian dosen ahli (Croasmun & Ostrom, 2011). Pada uji kelayakan, skala peringkat Likert yang digunakan hanya memuat 4 klasifikasi karena menghindari pilihan netral agar dapat mengetahui produk layak atau tidak untuk diujicobakan. Sementara itu, uji kepuasan yang ditujukan kepada mahasiswa menggunakan 5 klasifikasi untuk memberikan kesempatan lebih dalam menentukan pilihan. Persentase (P) kelayakan dan kepuasan dapat dihitung dengan persamaan (1)

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

Persentase didapat diubah dalam bentuk teks yang bersifat kualitatif dan klasifikasi tingkat kelayakan disajikan pada Tabel 1. Jika persentase kelayakan yang didapat minimal 51% atau modul termasuk dalam kategori layak, maka penelitian dapat dilanjutkan ke tahap uji kepuasan mahasiswa.

Tabel 1. Klasifikasi tingkat kelayakan (Sugiyono, 2015)

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

Pada tahap implementasi dilakukan uji kepuasan diberikan angket tanggapan mahasiswa dengan sampel sebanyak 30 mahasiswa Pendidikan Fisika S-1 Universitas Ahmad Dahlan yang sudah menempuh mata kuliah Mekanika Kuantum dengan nilai minimal B pada angkatan 2016, 2017 dan 2018. Analisis data kuantitatif tanggapan mahasiswa disesuaikan dengan Tabel 2 untuk mengetahui tingkat kepuasan mahasiswa terhadap modul yang dibuat.

Tabel 2. Klasifikasi tingkat kepuasan mahasiswa (Veronica et al., 2020)

No.	Interval Tanggapan Mahasiswa (%)	Klasifikasi Kepuasan
1	$80 \leq P < 100$	Sangat Puas
2	$60 \leq P < 80$	Puas
3	$40 \leq P < 60$	Cukup Puas
4	$20 \leq P < 40$	Kurang Puas
5	$P < 20$	Tidak Puas

Hasil dan Pembahasan

Peneliti memperoleh informasi bahwa mahasiswa mengalami kendala bahasa dalam mempelajari Mekanika Kuantum karena buku penunjang menggunakan bahasa Inggris. Berdasarkan hasil studi literatur, teori hamburan dalam mekanika kuantum penting dan menarik untuk dipelajari. Peneliti pernah menjumpai media pembelajaran tentang teori hamburan yang sebagian materinya berbahasa Indonesia, namun materi yang disajikan relatif sulit dipahami jika dijadikan pengantar untuk pemula, terutama bagi mahasiswa Pendidikan Fisika S-1.

Pada tahap desain, peneliti mengembangkan media pembelajaran berupa modul Mekanika Kuantum tentang teori hamburan yang disajikan secara ringkas, menarik, praktis dan berbahasa Indonesia. Materi yang disusun menggunakan buku acuan yang disesuaikan dengan perkuliahan. Modul yang disusun menggunakan format penulisan SOS (*Schaum's Outline Series*) yang terdiri atas ringkasan materi, contoh soal dan penyelesaian, serta latihan soal dengan kunci jawaban. Tampilan sampul depan dan sampul belakang modul berturut-turut disajikan pada Gambar 1 (a) dan (b).



Gambar 1. Tampilan sampul pada modul yang dikembangkan: (a) depan dan (b) belakang

Modul disusun dengan mengikuti arahan dari dosen pembimbing, yang kemudian direvisi oleh peneliti. Setelah itu, modul divalidasi oleh dosen ahli. Tabel 3 menyajikan hasil uji kelayakan oleh 2 dosen ahli. Aspek yang dinilai oleh dosen ahli terdiri atas materi, kebahasaan, penyajian, kegrafisan, dan kebermanfaatan. Secara keseluruhan, hasil uji kelayakan tersebut menunjukkan modul sangat layak untuk diujicobakan pada mahasiswa, dengan tingkat kelayakan rata-rata sebesar 86,92%.

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

Aspek	Persentase Kelayakan	Klasifikasi Kelayakan
Materi	87,50 %	Sangat Layak
Kebahasaan	81,94 %	Sangat Layak
Penyajian	91,07 %	Sangat Layak
Kegrafisan	92,86 %	Sangat Layak
Kebermanfaatan	81,25 %	Sangat Layak

Berdasarkan hasil penilaian pada tahap uji kelayakan, modul ini memiliki keunggulan pada aspek kegrafisan. Modul didesain dengan tampilan sampul depan dan belakang yang modern, serta menggunakan kombinasi warna sesuai agar menambah daya tarik pembaca. Proporsi ukuran huruf disesuaikan dengan ukuran modul. Konsep materi dalam modul disajikan dengan jelas dan lengkap. Selain itu, tata letak judul, teks, gambar, dan persamaan disusun secara teratur.

Pada tahap implementasi, modul pembelajaran diujicobakan kepada 31 mahasiswa Pendidikan Fisika S-1 Universitas Ahmad Dahlan, yakni 7 mahasiswa angkatan 2016, 15 mahasiswa angkatan 2017, dan 9 mahasiswa angkatan 2018. Mahasiswa yang dipilih telah menempuh mata kuliah Mekanika Kuantum dengan nilai minimal B. Dari 31 mahasiswa tersebut, isian angket yang kembali atau yang dikembalikan kepada peneliti adalah sebanyak 30 mahasiswa. Uji coba berlangsung secara daring pada tanggal 17 – 23 Januari 2022.

Tabel 4 menyajikan hasil uji kepuasan terhadap 30 mahasiswa. Aspek yang dinilai oleh mahasiswa sama dengan yang dinilai oleh dosen ahli, namun dengan butir dan bobot pernyataan yang berbeda pada tiap aspek. Secara keseluruhan, mahasiswa sangat puas terhadap modul yang telah dikembangkan sehingga dapat digunakan untuk sumber belajar mandiri sebagai pengayaan, dengan persentase kepuasan sebesar 91,17%.

Tabel 4. Tingkat kepuasan pada masing-masing aspek terhadap mahasiswa

Aspek	Persentase Kepuasan	Klasifikasi Kepuasan
Materi	94,67 %	Sangat Puas
Kebahasaan	89,33 %	Sangat Puas
Penyajian	89,86 %	Sangat Puas
Kegrafisan	92,00 %	Sangat Puas
Kebermanfaatan	90,00 %	Sangat Puas

Berdasarkan hasil penilaian pada tahap uji kepuasan, modul ini memiliki keunggulan 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 posisi materi teori hamburan dengan jelas.

Modul ini ditujukan agar dapat digunakan sebagai bahan pengayaan untuk mahasiswa Pendidikan Fisika S-1 dalam belajar teori hamburan secara mandiri. Dari hasil penilaian yang diperoleh, modul ini dapat dikategorikan sangat layak digunakan untuk sumber belajar mandiri sebagai bahan pengayaan. Sebagai tambahan sekaligus penilaian pribadi penulis, walaupun mendapat penilaian yang baik dari berbagai aspek, penulis menyiasati kekurangan yang ada pada modul ini, antara lain modul tidak interaktif dan masih diperlukan penjelasan yang lebih detail untuk beberapa rumus pada materi yang disusun.

Simpulan

Tingkat kelayakan dan kepuasan terhadap modul pembelajaran tentang teori hamburan oleh dosen ahli dan mahasiswa berturut-turut adalah sebesar 86,92% dan 91,17%. Dapat disimpulkan bahwa modul yang dikembangkan sangat layak digunakan untuk sumber belajar mandiri sebagai pengayaan.

Salah satu hal yang menjadi kendala selama penelitian adalah waktu pengembangan modul pembelajaran. Dikarenakan materi pada modul bersifat pengayaan dan memiliki tingkat kesulitan yang cukup tinggi maka peneliti memerlukan waktu yang cukup banyak ketika mengembangkan modul tersebut. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan media pembelajaran tentang teori hamburan yang lebih aktual dengan penjelasan rumus yang detail langkah demi langkah agar lebih memudahkan pemahaman mahasiswa.

Referensi

- Aruldas, G. (2009). *Quantum Mechanics* (2nd ed.). PHI Learning.
- Cheung, L. (2016). Using the ADDIE model of instructional design to teach chest radiograph interpretation. *Journal of Biomedical Education*, 2016, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2016/9502572>
- Croasmun, J. T., & Ostrom, L. (2011). Using Likert-type scales in the social sciences. *Journal of Adult Education*, 40(1), 19–22.
- Fu, B., Shan, X., Zhang, D. H., & Clary, D. C. (2017). Recent advances in quantum scattering calculations on polyatomic bimolecular reactions. *Chemical Society Reviews*, 46(24), 7625–7649. <https://doi.org/10.1039/C7CS00526A>
- 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>
- Jain, P. K., Lee, K. S., El-Sayed, I. H., & El-Sayed, M. A. (2006). Calculated absorption and scattering properties of gold nanoparticles of different Size, shape, and composition: Applications in biological imaging and biomedicine. *Journal of Physical Chemistry B*, 110(14), 7238–7248. <https://doi.org/10.1021/JP057170O>
- Jia, X., Sun, Y., Wen, B., Zhang, M., Wu, Y., Cui, H., & Cheng, J. (2020). Research on the relationship between solid physics and quantum mechanics based on computer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1744, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1744/3/032176>
- Lam, Y. H., Abramov, Y., Ananthula, R. S., Elward, J. M., Hilden, L. R., Nilsson Lill, S. O., Norrby, P. O., Ramirez, A., Sherer, E. C., Mustakis, J., & Tanoury, G. J. (2020). Applications of quantum chemistry in pharmaceutical process development: Current state and opportunities. *Organic Process Research & Development*, 24(8), 1496–1507. <https://doi.org/10.1021/ACS.OPRD.0C00222>
- McFadden, J., & Al-Khalili, J. (2018). The origins of quantum biology. *Proceedings of the Royal Society A*, 474(2220). <https://doi.org/10.1098/RSPA.2018.0674>
- 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 (JMPPF)*, 2(8), 58–64.
- Oliveira, I. S., Bonagamba, T. J., Sarthour, R. S., Freitas, J. C. C., & deAzevedo, E. R. (2007). Fundamentals of Quantum Computation and Quantum Information. In *NMR Quantum Information Processing* (pp. 93–136). Elsevier Science B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-044452782-0/50005-1>
- Permadi, B. A., Syafi, N., & Ah Khotim. (2018). Pengembangan modul IPA berbasis integrasi islam dan sains untuk meningkatkan hasil belajar siswa kelas VI Min 2 Mojokerto. *Nazhruna: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(2), 294–311. <https://doi.org/10.31538/NZH.V1I2.62>
- Pozdneev, S. A. (2019). Application of quantum scattering theory in calculation of the simplest chemical reactions (dissociative attachment, dissociation, and recombination). *Technical Physics*, 6(64), 749–756. <https://doi.org/10.1134/S1063784219060161>
- Ruipérez, F. (2019). Application of quantum chemical methods in polymer chemistry. *International Reviews in Physical Chemistry*, 38(3–4), 343–403. <https://doi.org/10.1080/0144235X.2019.1677062>

- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian dan Pengembangan*. Alfabeta.
- 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>
- Veronica, R., Gunawan, G., Harjono, A., & 'Ardhuha, J. (2020). Pengembangan perangkat pembelajaran dengan pendekatan konflik kognitif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah momentum dan impuls peserta didik. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 1(4), 167–173. <https://journal.publication-center.com/index.php/ijast/article/view/587>
- Wade, D., & Drake, D. (2019). A brief review of modern uses of scattering techniques. *Georgia Journal of Science*, 77(2), 1–11. <https://digitalcommons.gaacademy.org/gjs/vol77/iss2/7>
- Zettili, Nouredine. (2009). *Quantum Mechanics: Concepts and Applications* (2nd ed.). A John Wiley and Sons LTD.