

Pengembangan E-Modul Problem Based Learning Berbasis Pendekatan STEM pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke

Muhammad Usman Herdiyanto¹, Fattah Kurniawan².

^{1,2}Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Corresponden e-mail: muhusman.h@student.uns.ac.id^{*}

Abstrak: Penelitian ini dilatarbelakangi oleh anggapan siswa bahwa fisika merupakan pelajaran yang sulit dan abstrak, khususnya pada materi elastisitas dan hukum Hooke yang melibatkan banyak persamaan matematis dan kurang kontekstual di sekolah. Akibatnya, hasil belajar dan pemahaman konsep dasar siswa cenderung masih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan media pembelajaran berupa e-modul pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke dengan model *problem based learning*. (2) mengetahui tingkat kelayakan media pembelajaran berupa e-modul pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke dengan model *problem based learning*. Jenis penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* yang bertujuan untuk mendeskripsikan kelayakan dan karakteristik dari e-modul pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke menggunakan model *problem based learning*. Desain pengembangan yang digunakan yaitu 4D (Four-D) menggunakan tiga tahapan yaitu *Define*, *Design*, dan *Develop*. Adapun hasil penelitian pengembangan media pembelajaran berupa e-modul pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke dengan model *problem based learning* memperoleh persentase 89,38% dinyatakan sangat layak. Hasil validasi aspek kelayakan isi mendapat kriteria "Sangat Layak" dengan persentase 90,62%, aspek kelayakan bahasa mendapat kriteria "Sangat Layak" dengan persentase 91,67%, aspek kelayakan penyajian mendapat kriteria "Sangat Layak" dengan persentase 87,5%, dan aspek kelayakan kegrafisan mendapat kriteria "Sangat Layak" dengan persentase 87,5%. Dari hasil penelitian yang dikembangkan tersebut memiliki kategori "sangat layak" untuk digunakan atau diimplementasikan dalam pembelajaran fisika.

Kata kunci: e-modul pembelajaran; problem based learning; STEM, elastisitas dan hukum Hooke

Abstract: This research is motivated by the perception of students that physics is a difficult and abstract subject, especially regarding the material on elasticity and Hooke's law, which involves many mathematical equations and is less contextual in schools. As a result, students' learning outcomes and understanding of basic concepts tend to be low. This study aims to: (1) develop a learning media in the form of an e-module on elasticity and Hooke's law using a problem-based learning model; (2) determine the feasibility level of the learning media in the form of an e-module on elasticity and Hooke's law using a problem-based learning model. The type of research used is Research and Development, which aims to describe the feasibility and characteristics of the e-module on elasticity and Hooke's law using a problem-based learning model. The development design used is 4D (Four-D) employing three stages: Define, Design, and Develop. The results of the research on the development of learning media in the form of an e-module on elasticity and Hooke's law using a problem-based learning model obtained a percentage of 89.38% declared very feasible. The results of the validation of the content feasibility aspect received the "Very Feasible" criteria with a percentage of 90.62%, the language feasibility aspect received the "Very Feasible" criteria with a percentage of 91.67%, the presentation feasibility aspect received the "Very Feasible" criteria with a percentage of 87.5%, and the graphic feasibility aspect received the "Very Feasible" criteria with a percentage of 87.5%. From the results of the research developed it has a "Very Feasible" category to be used or implemented in physics learning.

Keywords: e-learning module; problem-based learning; STEM; elasticity and Hooke's law.

1. Pendahuluan

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang menuntut siswa untuk berpikir kreatif, logis, dan terampil karena proses pembelajarannya lebih menekankan pada pemahaman konsep fisis secara mendalam dibandingkan sekadar aktivitas menghafal rumus. Materi-materi di dalam ilmu fisika erat kaitannya dengan penerapan konsep fisis dan matematis secara bersamaan, sehingga siswa dituntut mampu menghubungkan keduanya untuk menjelaskan fenomena alam secara utuh (Hidayatulloh, 2020). Namun pada kenyataannya, banyak siswa yang menganggap fisika sebagai pelajaran yang sulit, teoritis, dan membosankan akibat banyaknya rumus abstrak serta penyajian materi yang kurang kontekstual di sekolah. Salah satu materi yang dinilai rumit dan sering memicu kesalahan pemahaman konsep adalah materi elastisitas dan hukum Hooke karena memiliki tingkat kompleksitas rumus yang tinggi serta membutuhkan penalaran mekanika yang cermat (Vitrianingsih et al., 2021; Auliyah et al., 2024). Kesulitan siswa dalam memahami materi elastisitas dan hukum Hooke berpusat pada empat aspek utama: penguasaan konsep, keterkaitan antar-konsep, pemahaman rumus, dan aplikasinya dalam penyelesaian soal (Benda et al., 2022). Masalah ini berimplikasi pada rendahnya hasil belajar siswa dan kecenderungan bersikap pasif selama kegiatan belajar mengajar berlangsung. Oleh karena itu, diperlukan inovasi sumber belajar alternatif digital yang menarik guna memfasilitasi kemandirian dan pemahaman konsep siswa.

Pengembangan bahan ajar mandiri berupa modul merupakan solusi efektif untuk menunjang ketercapaian kompetensi dasar siswa secara terencana (Setiyadi et al., 2017). Seiring pesatnya kemajuan teknologi informasi pada era Kurikulum Merdeka, transformasi modul cetak konvensional menjadi modul elektronik (e-modul) berbasis digital menjadi sangat relevan karena menawarkan aksesibilitas yang fleksibel, interaktif, serta efisien tanpa terbatas ruang dan waktu (Rusmulyanti et al., 2022; Aisyah, 2024). Inovasi e-modul ini dapat dioptimalkan dengan memanfaatkan platform pengembangan cloud seperti Wix Website yang mampu mengintegrasikan teks, audio, gambar, hingga simulasi video interaktif dalam bentuk situs web yang ramah pengguna (user friendly) tanpa memerlukan pemrograman yang rumit (Suriansyah & Indrawati, 2022; Insani, 2023). Agar e-modul ini memiliki dampak signifikan terhadap penalaran ilmiah, pembelajarannya perlu dipadukan dengan model *problem based learning* yang menghadapkan siswa pada pemecahan masalah nyata di kehidupan sehari-hari (Aripin et al., 2021). Selain penggunaan model *problem based learning*, tuntutan pendidikan abad ke-21 juga mengamanatkan integrasi pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) untuk melatih pemikiran kritis, kreatif, dan kemampuan rekayasa siswa dalam memecahkan masalah kontekstual secara multidisipliner (Milaturrahmah et al., 2017; Suryani et al., 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Diraya & Umamah (2022) menunjukkan bahwa media pembelajaran fisika berbasis *web* dengan bantuan platform *Wix* dinyatakan sangat layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Media tersebut efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang disajikan serta mampu mendukung kegiatan belajar mandiri. Sejalan dengan hal tersebut Lathifah et al. (2023) mengembangkan e-modul pada materi Elastisitas dan Hukum Hooke yang terbukti layak dan praktis untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif peserta didik. Selain itu, Nasbey et al. (2024) juga menegaskan bahwa modul digital interaktif berbasis STEM-PBL efektif digunakan sebagai bahan ajar fisika SMA untuk membantu pemahaman konsep energi terbarukan sekaligus melatih keterampilan pemecahan masalah siswa. Namun, masih sedikit peneliti yang meneliti tentang pembuatan dan penerapan modul elektronik dengan pendekatan STEM model *Problem Based Learning* pada materi Elastisitas dan Hukum Hooke. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian laboratorium fisika ini bertujuan untuk menjelaskan spesifikasi teknis

dari e-modul *problem based learning* berbasis pendekatan STEM pada materi elastisitas dan hukum Hooke untuk kelas XI SMA serta menganalisis hasil penilaian kelayakan oleh para ahli validator sebagai pemenuhan prasyarat implementasi pembelajaran (Marcinauskas et al., 2024).

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development* atau R&D). Menurut Borg dan Gall (1989), penelitian pengembangan merupakan metode yang digunakan untuk menghasilkan serta memvalidasi produk yang dimanfaatkan dalam bidang pendidikan dan pembelajaran. Sejalan dengan itu, Sugiyono (2016) menyatakan bahwa metode R&D bertujuan untuk menghasilkan suatu produk tertentu sekaligus menguji tingkat keefektifannya.

Pengembangan media pembelajaran dalam penelitian ini mengacu pada model 4D (*Four-D Model*), yang meliputi empat tahapan, yaitu *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), *Develop* (pengembangan), dan *Disseminate* (penyebarluasan). Namun, penelitian ini hanya menerapkan tiga tahapan, yaitu *Define*, *Design*, dan *Develop*. Hal tersebut karena penelitian difokuskan pada pengembangan, penilaian kelayakan dan karakteristik produk yang dihasilkan, sehingga tahap *Disseminate* tidak dilakukan.

a. Tahap pendefinisian (*Define*)

Tahap pendefinisian (*Define*) bertujuan untuk mengidentifikasi dan menetapkan permasalahan yang menjadi dasar dalam pengembangan media pembelajaran. Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan sebagai langkah awal untuk memperoleh informasi yang relevan terkait proses pembelajaran. Analisis kebutuhan meliputi analisis kurikulum, karakteristik peserta didik, dan tugas atau kegiatan pembelajaran yang diberikan kepada peserta didik. Selain itu, dilakukan pula analisis materi pembelajaran dan kondisi pembelajaran fisika yang berlangsung sebelum pengembangan media dilakukan. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui kebutuhan dan kendala yang ada dalam proses pembelajaran sehingga dapat ditentukan solusi yang tepat dalam mengembangkan media pembelajaran fisika yang layak dan sesuai dengan kebutuhan peserta didik.

b. Tahap perancangan (*Design*)

Tahap perancangan (*Design*) bertujuan untuk menyusun dan merancang media pembelajaran yang akan dikembangkan. Pada tahap ini dilakukan beberapa kegiatan, yaitu penyusunan instrumen evaluasi, pemilihan media, penentuan format media pembelajaran, dan penyusunan rancangan awal produk. Penyusunan instrumen evaluasi dilakukan dengan merancang soal yang digunakan untuk kegiatan *pre-test* dan *post-test* guna mengukur hasil belajar peserta didik. Media yang dipilih dalam pengembangan ini adalah Wix Website karena mudah digunakan dan mendukung penyajian materi secara interaktif. Setelah media ditentukan, langkah berikutnya adalah memilih format media pembelajaran yang akan digunakan. Format tersebut mencakup berbagai komponen pembelajaran, seperti capaian pembelajaran, tujuan pembelajaran, indikator pembelajaran, fenomena kontekstual, lembar kerja peserta didik (LKPD), uraian materi, latihan soal, rangkuman, glosarium, dan tes evaluasi. Tahap selanjutnya adalah menyusun rancangan awal media pembelajaran berdasarkan komponen yang telah ditetapkan. Hasil dari tahap ini berupa desain awal e-modul elastisitas dan hukum Hooke yang mengintegrasikan model *Problem Based Learning* dan pendekatan STEM. Rancangan awal tersebut kemudian menjadi dasar dalam proses pengembangan lebih lanjut untuk menghasilkan media pembelajaran yang layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

c. Tahap pengembangan (*Develop*)

Tahap pengembangan (*Develop*) bertujuan untuk menghasilkan e-modul pembelajaran berbasis *Problem Based Learning* dan STEM pada materi elastisitas dan hukum Hooke yang layak digunakan dalam proses pembelajaran. Pada tahap ini, rancangan awal yang telah disusun pada tahap sebelumnya dikembangkan menjadi produk e-modul yang utuh dan siap untuk dievaluasi. Selain itu, disusun pula instrumen validasi yang digunakan untuk menilai kualitas produk yang dikembangkan. Instrumen validasi mencakup beberapa aspek penilaian, yaitu kelayakan isi, kelayakan bahasa, kelayakan penyajian, dan kelayakan kegrafisan. Selanjutnya, e-modul beserta instrumen validasi diberikan kepada validator untuk memperoleh penilaian dan masukan terkait kualitas produk. Hasil validasi tersebut digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan atau revisi terhadap e-modul yang dikembangkan. Dengan demikian, produk yang dihasilkan diharapkan memenuhi kriteria kelayakan dan dapat digunakan secara efektif dalam kegiatan pembelajaran.

3. Hasil dan Pembahasan

E-Modul *problem based learning* berbasis pendekatan STEM pada materi elastisitas dan hukum Hooke untuk kelas XI SMA terdiri dari halaman awal/beranda, halaman petunjuk penggunaan, halaman deskripsi modul, peta konsep, identitas modul, identifikasi kesiapan peserta didik, karakteristik materi pembelajaran, dimensi profil lulusan pembelajaran, tujuan pembelajaran, pertanyaan pemantik, langkah pembelajaran, pengayaan dan remedial, refleksi, glosarium, daftar pustaka, lembar kerja peserta didik (LPKD), dan bahan ajar. E-Modul ini dapat diakses secara online melalui Wix Website. E-Modul *problem based learning* berbasis pendekatan STEM berisi materi tentang elastisitas bahan, Hukum Hooke, dan susunan pegas.

Hasil validasi e-modul disajikan secara ringkas agar hemat ruang tanpa menghilangkan informasi utama. Lima tabel pada draft awal diringkas menjadi rekapitulasi kelayakan per aspek dan ringkasan indikator penting.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Validasi E-Modul

Aspek Kelayakan	Validator 1	Validator 2	Rerata Skor	Skor Maks.	Persentase	Kategori
Isi	32	26	29,0	32	90,62%	Sangat Layak
Bahasa	11	11	11,0	12	91,67%	Sangat Layak
Penyajian	22	20	21,0	24	87,50%	Sangat Layak
Kegrafisan	11	10	10,5	12	87,50%	Sangat Layak
Total Produk	76	67	71,5	80	89,38%	Sangat Layak

Sumber: Hasil validasi oleh validator, 2026

Berdasarkan rekapitulasi tersebut, validasi keseluruhan memperoleh 89,38% dan termasuk kategori sangat layak. Aspek bahasa memperoleh skor tertinggi, sedangkan penyajian dan kegrafisan tetap layak tetapi menjadi prioritas perbaikan tampilan dan struktur belajar. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul berada pada kategori sangat layak. Capaian ini mengindikasikan bahwa proses pengembangan melalui tahap define, design, dan develop telah menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan awal pembelajaran, meskipun belum sampai pada tahap penyebarluasan. Dalam penelitian pengembangan, kualitas produk pada tahap awal dapat dilihat dari validitas isi, kejelasan penyajian, dan kesesuaian produk dengan tujuan pembelajaran sebelum diuji lebih luas pada pengguna (Thiagarajan et al., 1974; Plomp & Nieveen, 2013; Nadira et al., 2022).

Kelayakan isi yang memperoleh persentase 90,62% menunjukkan bahwa materi elastisitas, hukum Hooke, dan susunan pegas telah disusun sesuai dengan capaian

pembelajaran dan disajikan secara kontekstual. Integrasi problem based learning memperkuat fungsi e-modul karena siswa diarahkan untuk memahami konsep melalui masalah nyata, bukan hanya melalui penjelasan rumus. Karakter PBL yang menempatkan masalah sebagai pemicu belajar dapat membantu siswa membangun konsep dan strategi pemecahan masalah secara lebih aktif (Hmelo-Silver, 2004; Aripin et al., 2021; Marcinauskas et al., 2024).

Pendekatan STEM dalam e-modul memberi nilai tambah karena konsep elastisitas dan hukum Hooke tidak hanya dipahami sebagai materi fisika, tetapi juga dikaitkan dengan teknologi, rekayasa, dan matematika. Pada materi ini, siswa dapat menghubungkan gaya, pertambahan panjang, konstanta pegas, dan energi elastik dengan fenomena seperti pegas kendaraan, neraca pegas, dan rancangan alat sederhana. Integrasi STEM mendukung pembelajaran yang menuntut keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah lintas bidang (Bybee, 2013; Milaturrahmah et al., 2017; Nasbey et al., 2024).

Aspek bahasa yang memperoleh persentase 91,67% menunjukkan bahwa e-modul telah menggunakan kalimat yang cukup komunikatif, istilah yang tepat, dan struktur bahasa yang dapat dipahami peserta didik. Keterbacaan bahasa penting karena e-modul dirancang sebagai bahan ajar mandiri. Siswa perlu memahami instruksi, penjelasan konsep, dan aktivitas belajar tanpa selalu bergantung pada penjelasan guru. Modul mandiri yang baik harus memberi arah belajar yang jelas, sistematis, dan mudah diikuti oleh pengguna (Setiyadi et al., 2017; Rusmulyanti et al., 2022).

Aspek penyajian dan kegrafisan sama-sama memperoleh persentase 87,50%. Nilai ini masih berada pada kategori sangat layak, tetapi tetap menunjukkan adanya ruang perbaikan. Penyajian berbasis Wix Website sudah mendukung akses digital, integrasi LKPD, asesmen, bahan ajar, dan fitur diskusi. Namun, daftar rujukan, rangkuman, konsistensi huruf, dan keselarasan elemen visual perlu diperkuat agar pengalaman belajar lebih nyaman. Prinsip multimedia learning menekankan bahwa teks, gambar, video, dan navigasi perlu disusun secara terarah agar tidak membebani pemrosesan kognitif siswa (Mayer, 2021; Suriansyah & Indrawati, 2022; Diraya & Umamah, 2022).

E-modul ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu tidak memerlukan ruang penyimpanan besar, dapat diakses melalui laptop maupun smartphone, mudah dioperasikan, menyediakan fitur diskusi, serta memungkinkan pengerjaan LKPD dan asesmen langsung pada website. Kelebihan tersebut sesuai dengan karakter bahan ajar digital yang fleksibel, hemat kertas, dan mendukung pembelajaran mandiri. Keterbatasannya terletak pada akses yang masih bergantung pada jaringan internet karena e-modul belum tersedia dalam versi offline. Oleh karena itu, penelitian lanjutan perlu menguji kepraktisan dan efektivitas e-modul pada pembelajaran nyata, serta mempertimbangkan pengembangan mode akses offline atau paket unduhan ringan agar produk dapat digunakan pada kondisi jaringan yang beragam (Rusmulyanti et al., 2022; Bhardwaj et al., 2025).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan pengembangan produk laboratorium fisika, dapat disimpulkan bahwa: Pertama, spesifikasi e-modul problem based learning berbasis pendekatan STEM pada materi elastisitas dan hukum Hooke terdiri dari tiga kegiatan pembelajaran utama (Elastisitas Bahan, Hukum Hooke, dan Susunan Pegas) dengan metode eksperimen dan diskusi. E-modul dikemas secara utuh dalam bentuk website interaktif berbasis platform Wix Website yang memuat halaman beranda, petunjuk penggunaan, deskripsi e-modul, peta konsep, informasi umum kesiapan peserta didik, kompetensi inti bersintaks model PBL, glosarium alfabetis, daftar pustaka, Lembar Kerja

Peserta Didik (LKPD), dan modul bahan ajar pendukung. Hasil penelitian pengembangan media pembelajaran berupa e-modul pembelajaran elastisitas dan hukum Hooke dengan model problem based learning memperoleh persentase 89,38% dinyatakan sangat layak. Kedua, hasil validasi aspek kelayakan isi mendapat kriteria “Sangat Layak” dengan persentase 90,62%, aspek kelayakan bahasa mendapat kriteria “Sangat Layak” dengan persentase 91,67%, aspek kelayakan penyajian mendapat kriteria “Sangat Layak” dengan persentase 87,5%, dan aspek kelayakan kegrafisan mendapat kriteria “Sangat Layak” dengan persentase 87,5%. Dari hasil penelitian yang dikembangkan tersebut memiliki kategori “sangat layak” untuk digunakan atau diimplementasikan dalam pembelajaran fisika.

Daftar Pustaka

- Aisyah, S. (2024). Pemanfaatan Model Simulasi Berbasis Teknologi Informasi Dan Komunikasi Terhadap Minat Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Qur'an Hadits. *Afkaruna: International Journal of Islamic Studies*, 2(1), 16-23. <https://doi.org/10.38073/aijis.v2i1.1674>
- Aripin, A., Rizal, R., & Handayani, R. (2021). Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis Problem Based Learning (PBL) pada Materi Fluida Statis. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 7(2), 114-123.
- Auliyah, N., Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2024). Analisis Kesulitan Pemahaman Konsep Fisika Siswa SMA Pada Materi Elastisitas Dan Hukum Hooke. *Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 12(1), 45-54.
- Azwar, S. (2010). *Tes Prestasi: Fungsi dan Pengembangan Pengukuran Prestasi Belajar*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Bhardwaj, V., Zhang, S., Tan, Y., & Pandey, V. (2025). Redefining learning: student-centered strategies for academic and personal growth. *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1518602>
- Diraya, I., & Umamah, C. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Web Berbantuan Platform Wix Pada Materi Gelombang Untuk Siswa SMK. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 347-359. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i2.5321>
- Hidayatulloh, M. (2020). Kemampuan Menghubungkan Konsep Fisis Dan Formulasi Matematis Dalam Pemecahan Masalah Fisika Materi Mekanika. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 8(2), 11-23.
- Insani, A. (2023). The effect of The Wix Website Assisted Problem-Based Learning Model To Improve Student Learning Outcomes. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, XI, 213-218. <https://doi.org/10.21009/03.1102.PF29>
- Krualunteerayut, P., Meethaisong, T., & Phanchan, C. (2024). The Integration of Local Wisdom with Learning Innovations in the 'Buddhism' Course for Lower Secondary School Students in Thailand's Educational Opportunity Expansion Schools. *Journal of Education and Learning*. <https://doi.org/10.5539/jel.v13n5p48>
- Lasmi, N. K. (2022). *Fisika SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Lathifah, M. F., Rokhmat, J., & Kosim. (2023). Pengembangan E-Modul Elastisitas Dan Hukum Hooke Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *Journal of Classroom Action Research*, 5, 326-331.
- Marcinauskas, L., Iljinas, A., Čyviene, J., & Stankus, V. (2024). Problem-Based Learning versus Traditional Learning in Physics Education for Engineering Program Students. *Education Sciences*. <https://doi.org/10.3390/educsci14020154>

- Milaturrahmah, N., Mardiyana, & Pramudya, I. (2017). Mathematics Learning With STEM Approach For 21st Century Skills. *Global Conference on Business and Social Sciences Proceeding*, 5(1), 112-118.
- Milliniawati, S., & Isnaeni, W. (2023). Critical Thinking Ability, Cognitive Learning Outcomes, and Student Learning Activities in Excretion System Learning Using PBL-Based E-LKPD. *Journal of Biology Education*.
<https://doi.org/10.15294/jbe.v12i1.61050>
- Nadira, S., Festiyed, F., & Jufrida, J. (2022). Validitas Instrumen Penilaian Kelayakan E-Modul Fisika Berbasis Digital. *Jurnal Edukasi Fisika*, 7(1), 32-41.
- Radjawane, M. M., Tinambunan, A., & Jono, S. (2022). *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Rusmulyanti, T., Setiawan, A., & Siahaan, P. (2022). Transformasi Bahan Ajar Cetak Ke Digital: Analisis Kebutuhan Pengembangan E-Modul Fisika Abad 21. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 8(1), 89-98.
- Serway, A. R., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics Ninth Edition*. Boston: Physical Sciences: Mary Finch.
- Setiyadi, M. W., Ramlawati, & Rinanda, P. (2017). Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika Berbasis Komputer Untuk Meningkatkan Kemandirian Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Lontar*, 5(2), 12-22.
- Suriansyah, E., & Indrawati, A. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Web Desain Wix Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Pendidikan (JEBP)*, 2(2), 202-215.
<https://doi.org/10.17977/um066v2i22022p202-215>
- Suryani, E., Dwijanantha, K., & Putu, I. (2020). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Ipa Terintegrasi Pendekatan Stem (Science, Technology, Engineering, And Mathematics). *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(3), 221-230.
- Borg, W. R., & Gall, M. D. (1989). *Educational research: An introduction (5th ed.)*. New York: Longman.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What And How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
<https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning (3rd ed.)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Plomp, T., & Nieveen, N. (Eds.). (2013). *Educational Design Research*. Enschede: SLO.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development For Training Teachers Of Exceptional Children: A Sourcebook*. Bloomington: Indiana University.