

Pengembangan E-Modul Interaktif Fisika Zat Padat Berbasis *Outcome-Based Education* (OBE) untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Pembelajaran Mandiri Mahasiswa

Liyana Mardova, Febrianto Putra, Rintan Sari

Pendidikan Fisika, Universitas Nurul Huda, OKU Timur, Sumatera Selatan, Indonesia

*Email: liyanamardova@unuha.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan e-modul interaktif berbasis Outcome-Based Education (OBE) pada mata kuliah Fisika Zat Padat untuk meningkatkan literasi sains dan pembelajaran mandiri mahasiswa. Penelitian menggunakan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Subjek penelitian adalah 20 mahasiswa semester VI Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Nurul Huda. Data dikumpulkan melalui angket kebutuhan, validasi ahli, tes literasi sains, dan angket kemandirian belajar. Hasil validasi menunjukkan e-modul memperoleh skor rata-rata 90% (ahli materi) dan 89% (ahli media) dengan kategori layak. Uji coba terbatas menunjukkan peningkatan literasi sains mahasiswa dari rata-rata 58,2 (pre-test) menjadi 78,9 (post-test) dengan indeks gain 0,42 (kategori sedang). Kemandirian belajar meningkat dari skor rata-rata 3,1 menjadi 3,8 (skala Likert 5 poin). Produk ini juga berhasil memperoleh sertifikat Hak Kekayaan Intelektual (HKI). Dengan demikian, e-modul interaktif berbasis OBE layak digunakan sebagai media pembelajaran inovatif yang mendukung capaian pembelajaran mahasiswa.

Kata kunci: e-modul interaktif, Fisika Zat Padat, OBE, literasi sains, pembelajaran mandiri

Abstract

This study aims to develop an interactive e-module based on Outcome-Based Education (OBE) in Solid State Physics courses to improve students' scientific literacy and independent learning. The research employed the ADDIE development model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). The subjects were 20 sixth-semester students of the Physics Education Program, Universitas Nurul Huda. Data were collected through needs assessment questionnaires, expert validation, scientific literacy tests, and independent learning questionnaires. Validation results showed that the e-module obtained an average score of 90% (material expert) and 89% (media expert), categorized as feasible. A limited trial indicated an increase in students' scientific literacy from an average score of 58,2 (pre-test) to 78,9 (post-test) with a gain index of 0,42 (medium category). Independent learning improved from an average score of 3,1 to 3,8 on a 5-point Likert scale. The product has also been granted Intellectual Property Rights (HKI) certification. Therefore, the OBE-based interactive e-module is feasible to be used as an innovative learning medium to support students' learning outcomes

Keywords: interactive e-module, solid state physics, OBE, scientific literacy, independent learning

PENDAHULUAN

Perubahan paradigma pembelajaran abad ke-21 menuntut pendidikan tinggi untuk mengembangkan media pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan keterampilan

berpikir kritis, literasi sains, dan kemandirian belajar mahasiswa (Trilling & Fadel, 2009; OECD, 2018). Mata kuliah Fisika Zat Padat merupakan salah satu mata kuliah inti pada program studi Pendidikan Fisika yang mempelajari konsep abstrak seperti struktur kristal, sifat elastisitas, serta teori pita energi.

Kompleksitas materi ini seringkali menjadi kendala bagi mahasiswa dalam memahami konsep secara mendalam (Kittel, 2019).

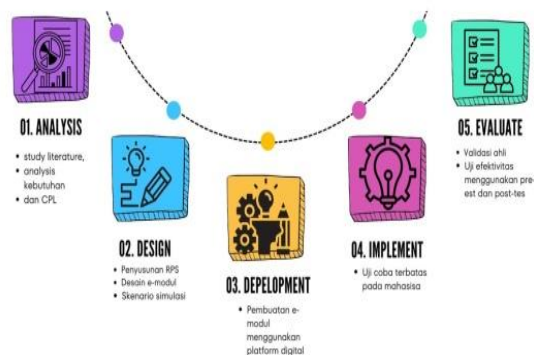
Hasil studi pendahuluan di Universitas Nurul Huda menunjukkan bahwa 73,3% mahasiswa mengalami kesulitan memahami materi struktur kristal dan elastisitas jika hanya disampaikan melalui ceramah. Sebagian besar mahasiswa menyatakan membutuhkan media pembelajaran yang interaktif dan berbasis simulasi untuk mendukung pemahaman (Fadhilah dkk., 2021).

Outcome-Based Education (OBE) menjadi pendekatan yang relevan dalam merancang bahan ajar, karena menekankan pada pencapaian capaian pembelajaran (CPL) melalui strategi pembelajaran berorientasi hasil (Biggs & Tang, 2011). Dengan pendekatan ini, e-modul tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar, tetapi juga sebagai instrumen untuk mengukur ketercapaian CPL mahasiswa. Meskipun penelitian terdahulu (Puspitasari dkk., 2022; Sutrisno dkk., 2021; Sudibyo & Rahayu, 2020) telah membuktikan efektivitas e-modul interaktif dalam meningkatkan literasi sains dan motivasi belajar, sebagian besar penelitian tersebut belum menerapkan pendekatan OBE secara sistematis dalam perancangan modulnya. Selain itu, fokus penelitian sebelumnya lebih banyak pada topik Fisika Modern atau Mekanika, bukan pada mata kuliah Fisika Zat Padat yang memiliki karakter konsep abstrak dan visualisasi tinggi.

Keterbatasan inilah yang menjadi dasar perlunya penelitian ini, yaitu mengembangkan e-modul interaktif berbasis OBE yang secara eksplisit mengaitkan capaian pembelajaran dengan aktivitas mahasiswa untuk meningkatkan literasi sains dan kemandirian belajar.

METODE/EKSPERIMEN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model **ADDIE** (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) (Branch, 2009). Adapun metodenya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian ADDIE

Tahap Analisis (Analysis)

Analisis kebutuhan dilakukan melalui survei kepada 20 mahasiswa semester VI yang menempuh mata kuliah Fisika Zat Padat. Hasilnya menunjukkan bahwa 73,3% mahasiswa mengalami kesulitan memahami materi tanpa media interaktif, dan 80% belum pernah menggunakan bahan ajar berbasis OBE dengan simulasi virtual.

Tahap Perancangan (Design)

E-modul dirancang dengan menautkan capaian pembelajaran lulusan (CPL) dan capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK) ke aktivitas pembelajaran. Struktur modul memuat uraian materi, aktivitas berbasis simulasi PhET dan GeoGebra 3D, latihan kontekstual, serta rubrik penilaian berbasis hasil belajar (OBE-oriented rubric).

Tahap Pengembangan (Development)

Pengembangan dilakukan menggunakan platform flipbook digital dengan integrasi video dan simulasi interaktif. Modul divalidasi oleh dua ahli: ahli materi dan ahli media. Rata-rata skor validasi adalah 90% dan 89%, menunjukkan kriteria sangat layak.

Tahap Implementasi (Implementation)

Uji coba dilakukan pada 20 mahasiswa selama empat pertemuan:

1. Pertemuan 1: Pre-test literasi sains dan pengenalan e-modul.
2. Pertemuan 2–3: Pembelajaran mandiri dengan modul berbasis simulasi virtual.
3. Pertemuan 4: Post-test dan pengisian

angket kemandirian belajar.

Dosen berperan sebagai fasilitator, sementara mahasiswa aktif menggunakan e-modul untuk mengeksplorasi konsep struktur kristal dan elastisitas.

Tahap Evaluasi (Evaluation)

Evaluasi dilakukan melalui analisis hasil pre-test dan post-test, analisis tanggapan mahasiswa, serta saran validator. Kendala teknis seperti akses internet diatasi dengan menyediakan versi offline e-modul.

Instrumen penelitian:

1. Tes literasi sains: berbentuk pilihan ganda, mengacu pada indikator literasi sains OECD (2018).
2. Angket kemandirian belajar: skala Likert 1–5 berdasarkan indikator (Suardana, 2012).
3. Validitas & reliabilitas: diuji melalui expert judgment dan perhitungan Cronbach's Alpha ($\alpha = 0,86$ untuk angket kemandirian belajar, menunjukkan reliabel).

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif (skor validasi, gain literasi sains, kemandirian belajar) dan kualitatif (saran validator dan tanggapan mahasiswa).

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Produk e-modul interaktif ini telah memperoleh **sertifikat Hak Cipta (HKI)** dari Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual Kemenkumham RI dengan nomor pencatatan **000949898 (2025)** atas nama penulis pertama. Hal ini menunjukkan bahwa produk memiliki orisinalitas dan potensi penerapan luas dalam pembelajaran digital.

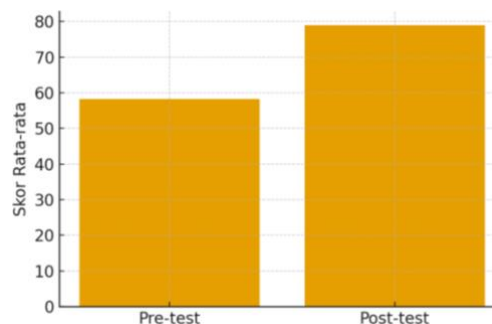
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan e-modul interaktif berbasis OBE pada mata kuliah Fisika Zat Padat memberikan dampak positif terhadap peningkatan literasi sains dan pembelajaran mandiri mahasiswa. Hal ini sejalan dengan pendekatan Outcome-Based Education (OBE) yang menekankan ketercapaian capaian pembelajaran (CPL) melalui aktivitas yang berorientasi pada hasil belajar mahasiswa (Biggs & Tang, 2011).

1. Validasi Produk oleh Ahli

Validasi ahli materi menghasilkan skor rata-rata 90% (kategori layak) dengan saran perbaikan berupa penambahan soal kontekstual dan penerapan konsep dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini menunjukkan bahwa substansi materi sudah relevan dengan CPL mata kuliah, namun masih perlu penguatan dalam aspek aplikasi nyata. Sementara itu, validasi ahli media memperoleh skor rata-rata 89% (kategori sangat layak), dengan masukan perbaikan navigasi dan integrasi video. Hasil ini membuktikan bahwa modul interaktif berbasis flip-book dapat diterima dari segi desain dan fungsionalitas, sebagaimana juga dilaporkan oleh Nugroho & Riyadi (2021) yang menemukan bahwa e-modul digital flip-book meningkatkan interaktivitas pembelajaran.

2. Peningkatan Literasi Sains Mahasiswa

Peningkatan skor literasi sains mahasiswa dari 58,2 (pre-test) menjadi 78,9 (post-test) dengan indeks gain 0,42 (kategori sedang) menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan efektif membantu mahasiswa memahami konsep abstrak pada materi struktur kristal dan elastisitas. Hasil ini konsisten dengan penelitian Puspitasari dkk. (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan e-modul interaktif mampu meningkatkan literasi sains mahasiswa karena memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan berbasis simulasi. Peningkatan Literasi sains mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 2.

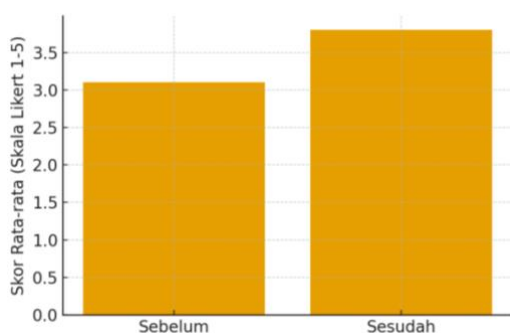


Gambar 2. Diagram Peningkatan Literasi Sains

Lebih lanjut, keterlibatan mahasiswa dalam aktivitas berbasis OBE memungkinkan mereka tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis. Hal ini sesuai dengan pendapat OECD (2018) yang menekankan pentingnya literasi sains sebagai keterampilan abad ke-21 yang harus dikembangkan dalam pendidikan tinggi.

3. Peningkatan Kemandirian Belajar

Hasil angket menunjukkan adanya peningkatan skor kemandirian belajar dari rata-rata 3,1 menjadi 3,8 (skala Likert 5 poin). Terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Peningkatan Kemandirian Belajar

Peningkatan ini menandakan bahwa e-modul interaktif mampu mendorong mahasiswa untuk lebih aktif mengatur strategi belajar, mengakses materi, dan mengevaluasi pemahaman mereka secara mandiri. Temuan ini mendukung studi Wahyuni & Prastowo (2020) yang melaporkan bahwa kemandirian belajar mahasiswa meningkat melalui penggunaan e-modul karena sifatnya yang fleksibel dan self-paced.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa e-modul interaktif berbasis *Outcome-Based Education* (OBE) efektif dalam meningkatkan literasi sains dan kemandirian belajar mahasiswa pada mata kuliah Fisika Zat Padat. Temuan ini perlu dianalisis lebih dalam untuk memahami mengapa peningkatan tersebut terjadi, apa maknanya dalam konteks teori pembelajaran, serta bagaimana kontribusinya

terhadap pengembangan media digital berbasis OBE di pendidikan fisika.

Secara teoritis, efektivitas e-modul ini tidak hanya berasal dari konten atau tampilan visualnya, tetapi juga dari kerangka OBE yang diterapkan secara sistematis. OBE menekankan bahwa setiap aktivitas pembelajaran harus diarahkan pada capaian pembelajaran yang jelas (*intended learning outcomes*). Dalam konteks ini, setiap bagian e-modul mulai dari kegiatan eksplorasi, simulasi, hingga penilaian formatif dirancang agar mahasiswa aktif mencapai capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK) dan capaian pembelajaran lulusan (CPL). Pendekatan berorientasi hasil ini menjadikan mahasiswa lebih sadar terhadap tujuan pembelajaran dan berperan aktif untuk mencapainya, sejalan dengan prinsip *constructive alignment* (Biggs & Tang, 2011).

Selain itu, fitur interaktif dalam e-modul seperti integrasi simulasi *PhET* dan *GeoGebra 3D* berperan besar dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa. Visualisasi struktur kristal dan elastisitas melalui simulasi memungkinkan mahasiswa menghubungkan konsep abstrak dengan representasi konkret. Hal ini mendukung teori *dual coding* (Paivio, 2014), yang menyatakan bahwa informasi yang disajikan secara verbal dan visual secara simultan akan lebih mudah dipahami dan diingat. Dengan demikian, peningkatan literasi sains mahasiswa dapat dijelaskan melalui mekanisme kognitif yang menekankan keterlibatan multisensori dalam pembelajaran.

Dari perspektif pembelajaran mandiri, keberhasilan e-modul ini juga terkait dengan karakteristik *student-centered learning* yang diadopsi oleh OBE. Modul dirancang agar mahasiswa dapat belajar dengan kecepatan masing-masing (*self-paced learning*), melakukan refleksi terhadap hasil belajarnya, dan mengevaluasi kemajuan secara mandiri. Hal ini berkontribusi terhadap peningkatan *self-regulated learning* sebagaimana dijelaskan oleh Zimmerman (2002), di mana kemandirian belajar muncul ketika peserta didik memiliki kesadaran metakognitif terhadap strategi dan tujuan belajar. Dengan demikian, penggunaan

e-modul interaktif berbasis OBE tidak hanya memperkaya aspek kognitif, tetapi juga menumbuhkan tanggung jawab dan inisiatif belajar mahasiswa.

Temuan penelitian ini juga memiliki implikasi penting bagi bidang pendidikan fisika dan pengembangan media digital. Pertama, hasil ini menegaskan bahwa penerapan OBE dalam pengembangan e-modul memberikan arah baru bagi desain pembelajaran berbasis hasil (*outcome-driven design*). Kedua, model pengembangan ini dapat menjadi acuan bagi dosen dalam merancang pembelajaran fisika berbasis capaian, bukan sekadar berbasis konten. Ketiga, keberhasilan integrasi media interaktif membuktikan bahwa pembelajaran berbasis simulasi dapat menjembatani kesenjangan antara teori abstrak dan praktik visual dalam Fisika Zat Padat.

Selain itu, tren pengembangan e-modul interaktif dalam pembelajaran fisika menunjukkan peningkatan efektivitas terutama ketika modul dirancang dengan memperhatikan prinsip interaktivitas dan scaffolding. Fitrah & Hasanah (2023) menegaskan bahwa e-modul interaktif yang mengintegrasikan visualisasi, animasi, dan umpan balik otomatis terbukti meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa pada berbagai topik fisika. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan kajian Santosa & Wijaya (2022) yang menunjukkan bahwa penggunaan simulasi virtual interaktif sangat efektif untuk memvisualisasikan struktur kristal dan fenomena mikroskopis lain dalam fisika zat padat.

Lebih jauh, implementasi OBE dalam modul digital juga didukung oleh temuan Wibowo & Rahmawati (2024) yang menjelaskan bahwa pendekatan OBE dalam pembelajaran STEM mampu meningkatkan fokus mahasiswa pada hasil belajar dan memperjelas hubungan antara aktivitas pembelajaran dan capaian pembelajaran.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, jumlah subjek penelitian relatif kecil (20 mahasiswa), sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan ke populasi yang lebih luas. Kedua, durasi uji coba terbatas pada empat

pertemuan, yang mungkin belum cukup untuk menggambarkan dampak jangka panjang terhadap kemampuan berpikir kritis atau performa akademik mahasiswa. Ketiga, penelitian hanya difokuskan pada dua topik dalam Fisika Zat Padat (struktur kristal dan elastisitas), sehingga efektivitas modul pada topik lain belum teruji. Selain itu, faktor eksternal seperti ketersediaan perangkat dan stabilitas jaringan internet juga dapat memengaruhi pengalaman belajar mahasiswa dalam menggunakan e-modul ini.

Saran Penelitian Selanjutnya

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian berikutnya disarankan untuk:

1. Melibatkan jumlah partisipan yang lebih besar dari berbagai perguruan tinggi untuk memperoleh hasil yang lebih representatif.
2. Memperluas cakupan materi e-modul mencakup topik lain dalam Fisika Zat Padat atau bidang Fisika Modern untuk menguji konsistensi efektivitasnya.
3. Mengintegrasikan e-modul ke dalam Learning Management System (LMS) agar interaksi dan asesmen dapat terekam secara otomatis.

PENUTUP

Penelitian ini menghasilkan e-modul interaktif Fisika Zat Padat berbasis OBE yang telah terbukti valid dan efektif dalam meningkatkan literasi sains dan kemandirian belajar mahasiswa. Pendekatan OBE menjadikan modul ini tidak hanya media pembelajaran, tetapi juga alat asesmen capaian pembelajaran mahasiswa. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada integrasi sistematis antara desain instruksional berbasis hasil belajar dan teknologi interaktif, yang dapat menjadi model pengembangan bahan ajar serupa pada mata kuliah lain. Secara praktis, e-modul ini dapat diimplementasikan oleh dosen dan mahasiswa sebagai sarana pembelajaran mandiri di lingkungan perguruan tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan melalui skema Hibah BIMA Tahun Anggaran 2025 dental nomor kontrak penelitian 166 /LL2/DT.05.00/PL/2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Nurul Huda yang telah memberikan dukungan administratif serta fasilitas dalam pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University* (4th ed.). McGraw-Hill and Open University Press.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Fadhilah, A., Widodo, S., & Fathurrohman, M. (2021). Analisis kebutuhan pengembangan e-modul interaktif berbasis literasi sains pada materi fisika di perguruan tinggi. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 17(2), 45–52. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v17i2.28901>
- Fitrah, M., & Hasanah, U. (2023). Interactive e-module design in physics learning: Trends and effectiveness. *Journal of Science Education and Technology*, 32(4), 455–468. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10045-1>
- Kittel, C. (2019). *Introduction to Solid State Physics* (8th ed.). Wiley.
- OECD. (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264300002-en>
- Paivio, A. (2014). *Mind and Its Evolution: A Dual Coding Theoretical Approach*. Psychology Press.
- Puspitasari, E., Nugraheni, D. Y., & Wulandari, S. (2022). Pengaruh e-modul interaktif terhadap literasi sains dan kemandirian belajar mahasiswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 8(3), 612–621. <https://doi.org/10.21831/jipi.v8i3.49126>
- Santosa, D., & Wijaya, R. A. (2022). Pengembangan simulasi virtual interaktif dalam pembelajaran struktur kristal. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 24(3), 155–168. <https://doi.org/10.21009/jtp.v24i3.29321>
- Suardana, I. K. (2012). Implementasi model belajar mandiri untuk meningkatkan aktivitas, hasil, dan kemandirian belajar mahasiswa. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran*, 45(1), 50–60. <https://doi.org/10.23887/jppundiksha.v45i1.1785>
- Sudibyo, E., & Rahayu, W. (2020). E-modul interaktif berbasis OBE sebagai media pembelajaran di era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 3(1), 80–86.
- Sutrisno, H., Wahyuni, S., & Prasetya, A. (2021). Pengembangan e-modul interaktif berbasis simulasi untuk meningkatkan literasi sains mahasiswa. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika*, 10(1), 87–98. <https://doi.org/10.24127/jipf.v10i1.3314>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*. Jossey-Bass.
- Wahyuni, S., & Prastowo, A. (2020). Kemandirian belajar mahasiswa melalui pembelajaran berbasis e-modul. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 12(1), 23–34.
- Wibowo, A., & Rahmawati, S. (2024). Integrating Outcome-Based Education in STEM learning modules: A review of impacts on higher education. *International Journal of Instructional Media*, 51(2), 120–135. <https://doi.org/10.1016/j.ijimed.2024.02.006>