

Pengembangan Bahan Ajar Fisika Matematika Materi Persamaan Diferensial dengan Model ADDIE Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis

I Wayan Gunada^{1*}, Syahrial A¹, Muh Makhrus,¹ Jannatin ‘Ardhuha¹, Ni Nyoman Sri Putu Verawati¹, Lalu Azikri Amrullah¹

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Mataram, Indonesia

*Corresponding Author: wayan_gunada@unram.ac.id

Article History

Received : September 10th, 2025

Revised : September 23th, 2025

Accepted : October 24th, 2025

Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menghasilkan bahan ajar fisika matematika pada materi persamaan diferensial yang berorientasi pada peningkatan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Produk yang dihasilkan berupa modul ajar fisika matematika yang dikembangkan dengan menggunakan model pengembangan ADDIE, yang meliputi lima tahapan utama: *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan ajar berupa modul yang dikembangkan telah melalui proses validasi oleh para ahli dengan tiga aspek penilaian, yaitu kelayakan isi, penyajian, dan kebahasaan. Berdasarkan hasil penilaian dari dua orang ahli, diperoleh rata-rata skor 92,5 dengan persentase 79,74%, yang dikategorikan baik dan layak untuk digunakan dalam pembelajaran. Dari segi efektivitas, hasil implementasi modul ajar pada proses pembelajaran menunjukkan dampak positif terhadap aktivitas, respons, dan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Aktivitas mahasiswa selama pembelajaran mencapai 73,59%, termasuk dalam kategori baik. Hasil respon menunjukkan bahan ajar berupa modul yang dikembangkan termasuk dalam kategori praktis. Mahasiswa menilai bahan ajar ini praktis karena mudah dipahami, memiliki instruksi yang jelas, serta didukung oleh kualitas visual yang baik. Selanjutnya, kemampuan berpikir kritis mahasiswa analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata pretest sebesar 58 meningkat menjadi 75 pada posttest. Artinya, bahan ajar yang dikembangkan cukup efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini membuktikan bahwa modul ajar fisika matematika berbasis model ADDIE pada materi persamaan diferensial memiliki kelayakan dan efektivitas yang baik. Modul ini tidak hanya mempermudah mahasiswa dalam memahami konsep-konsep abstrak fisika matematika, tetapi juga mendorong peningkatan kemampuan berpikir kritis. Dengan demikian, modul ajar ini dinyatakan layak, efektif, dan praktis digunakan sebagai sumber belajar mandiri maupun pendukung dalam proses perkuliahan fisika matematika.

Keywords: ADDIE; Bahan Ajar; Persamaan Diferensial

PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas pendidikan dapat dicapai melalui proses pembelajaran yang efektif, didukung oleh bahan ajar memadai, strategi pembelajaran tepat, dan evaluasi yang terencana. Kualitas proses belajar dan mengajar dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti dosen, mahasiswa, metode pembelajaran, bahan ajar, penggunaan media pembelajaran, serta faktor lain yang mendukung proses tersebut (Adriani, et al., 2020). Di antara faktor-faktor tersebut, bahan ajar merupakan elemen penting yang membantu mahasiswa untuk belajar secara mandiri sesuai dengan kemampuan dan kecepatan belajar

masing-masing. Sejalan dengan tujuan tersebut pemerintah telah menjalankan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) untuk meningkatkan mutu pendidikan. Sejalan dengan KKNI, bahwa lulusan setara S1 harus memiliki beberapa kompetensi antara lain: (1) Mampu mengaplikasikan bidang keahliannya dan memanfaatkan IPTEKS pada bidangnya dalam penyelesaian masalah, (2) Menguasai konsep teoritis bidang pengetahuan tertentu secara umum dan konsep teoritis, serta mampu memformulasikan penyelesaian masalah prosedural, (3) Mampu mengambil keputusan yang tepat berdasarkan analisis informasi, dan mampu memberikan petunjuk dalam memilih

berbagai alternatif solusi secara mandiri dan kelompok, (4) Bertanggung jawab pada pekerjaan sendiri dan dapat diberi tanggung jawab atas pencapaian hasil kerja organisasi. Salah satu upaya penerapan KKNi adalah melalui peningkatan kualitas sumber daya manusia lewat proses pembelajaran di perguruan tinggi. Peningkatan mutu perkuliahan dapat tercapai apabila tersedia bahan ajar yang memadai. Namun, pada kenyataannya, khususnya dalam perkuliahan fisika-matematika, masih belum tersedia bahan ajar yang mendukung kegiatan belajar. Selama ini, proses perkuliahan masih tergantung pada satu sumber utama, yaitu buku *Mathematical Methods in the Physical Sciences* karya Mary L. Boas.

Fisika matematika bertujuan agar mahasiswa dapat lebih memahami aplikasi matematika untuk bidang fisika dan diharapkan dapat juga mengasah keterampilan analisis fisika menggunakan metode matematika (Yusibani 2017). Perkuliahan fisika matematika seharusnya dapat memberikan bekal kepada mahasiswa sebelum mempelajari fisika modern, pendahuluan fisika kuantum, fisika statistik, pendahuluan fisika inti, hingga pendahuluan fisika zat padat. Kondisi yang terjadi di lapangan nampaknya cukup sulit bagi mahasiswa, karena pada semester satu mahasiswa telah menempuh perkuliahan fisika dasar yang didalamnya banyak memerlukan sentuhan matematis untuk menyelesaikannya. Seperti yang diungkapkan Amilia et al. (2015) menyatakan bahwa fisika matematika merupakan mata kuliah yang menuntut mahasiswa untuk dapat menganalisis berbagai persoalan fisika dengan penguasaan konsep matematis. Setiap konsep dalam berbagai bidang ilmu merupakan hasil dari proses penalaran dan kemampuan berpikir, terutama pada mata kuliah fisika-matematika, yang sering dianggap menantang untuk dipelajari (Nurhidayati et al., 2018), sehingga penguasaan materi fisika matematika tidak merata dan hasil belajarnya menjadi rendah (Marisda & Handayani 2020).

Berdasarkan sebaran RPS pada perkuliahan fisika matematika adalah turunan implisit dari persamaan diferensial (Wulandari et al., 2021) Sebaran materi kuliah fisika matematika meliputi: persamaan diferensial biasa, persamaan diferensial parsial, integral lipat, deret fourir, kalkulus variasi dan solusi deret persamaan diferensial. Dari semua materi tersebut, materi persamaan diferensial yang

paling banyak digunakan untuk membantu memecahkan permasalahan fisika, diantaranya: peluruhan radioaktif, hukum newton tentang gerak, system pegas, kelistrikan, termodinamika dan model ayunan. Sehingga materi persamaan diferensial ini perlu dikembangkan dari berbagai sumber. Disatu sisi, dalam berbagai buku ajar fisika matematika yang telah ada, variasi contoh aplikasinya juga masih kurang, hal inilah yang menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan dalam mempelajari matakuliah ini. Sumber belajar fisika matematika dalam bentuk Bahasa Indonesia sangat dibutuhkan, karena sumber belajar dalam Bahasa Inggris menyulitkan mahasiswa memahami materi (Wulandari et al., 2021). Oleh karena itu, pada pembelajaran fisika matematika perlu disusun bahan ajar fisika matematika yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Penelitian terkait dengan pengembangan bahan ajar fisika matematika yang telah dikembangkan Ellinawati dan Wahyuni (2012) menghasilkan bahan ajar fisika matematika berbasis *self regulated learning* untuk meningkatkan kemampuan belajar mandiri. Rahmadanthi et al (2022) telah mengembangkan e-modul materi vektor pada mata kuliah Fisika Matematika. Bertitik tolak dari permasalahan tersebut dan pemikiran untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa dan memudahkan dosen untuk mengajar di kelas maka peneliti terdorong untuk mengadakan penelitian pengembangan. Pengembangan yang dimaksud adalah pengembangan bahan ajar fisika matematika pada materi persamaan diferensial. Model pengembangannya menggunakan model ADDIE memiliki lima tahapan yang harus ditempuh: *Analysis, Design, Develop, Implement, dan Evaluate*. Model ADDIE adalah salah satu model yang paling umum digunakan dalam bidang desain instruksional panduan untuk menghasilkan desain yang efektif (Aldoobie, 2015). Hasil pengembangan bahan ajar berupa, bahan ajar fisika matematika pada pokok bahasan persamaan diferensial.

METODE

Pengembangan bahan ajar fisika matematika pada pokok bahasan persamaan diferensial didasarkan pada model pembelajaran populer ADDIE. Model ADDIE pertama kali muncul pada tahun 1975. Model ini

dikembangkan oleh Pusat Teknologi Pendidikan di Universitas Negeri Florida (*Florida State University*). Selanjutnya, model ADDIE dikembangkan oleh Dick dan Carey pada tahun 1978, dan direvisi oleh Russell Watson pada tahun 1981, serta dianggap sangat penting dalam pengembangan program pendidikan dan pelatihan (Hannum, 2005).

Model ADDIE terdiri dari beberapa fase yang meliputi: *Analyze, Design, Develop, Implement, dan Evaluate* (Suratnu, 2023). Model ADDIE merupakan kerangka kerja sistematis yang mampu merevolusi pendidikan melalui desain dan pengembangan pembelajaran yang terstruktur (Adeoye, et al., 2024). ADDIE termasuk ke dalam konsep pengembangan produk yang sistematis. Branch (2015) menyebutkan bahwa ADDIE sebagai proses fundamental untuk menciptakan sumber belajar yang efektif. Sumber belajar yang akan digunakan sebagai produk pendidikan. Produk yang dimaksud adalah bahan ajar fisika matematika pokok bahasan persamaan diferensial

Penelitian dilaksanakan di Program Pendidikan Fisika FKIP Unram yang beralamatkan di Jalan Majapahit No 62 Mataram Gedung A dan E. Sedangkan waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama 8 bulan, dari perencanaan proposal sampai pelaporan hasil penelitian. Subjek penelitian adalah mahasiswa pendidikan fisika yang menempuh mata kuliah fisika matematika I semester genap 2023/2024 yang menempuh mata kuliah fisika matematika I.

Penelitian ini termasuk jenis penelitian pengembangan pendidikan. Salah satu model pengembangan bahan ajar yang dapat digunakan adalah tahapan model pengembangan ini meliputi:

Tahap Analyze

Tahap analisis kebutuhan bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi nyata pembelajaran fisika-matematika pada materi persamaan diferensial di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Mataram. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan informasi terkait profil pengguna bahan ajar, kompetensi yang akan dicapai, serta kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi aktual pembelajaran. Analisis ini berfokus pada penelusuran faktor penyebab kesenjangan kinerja sebagai dasar dalam merancang solusi pembelajaran yang tepat (Shakeel, et al., 2023). Dengan demikian, tahap analisis menjadi fondasi penting untuk memastikan bahwa bahan ajar yang

dikembangkan relevan dengan kebutuhan peserta didik dan konteks pembelajaran aktual, sehingga proses desain selanjutnya lebih terarah dan efektif.

Tahap Design

Fase desain memanfaatkan hasil dari fase analisis untuk merancang strategi pengembangan bahan ajar (Muruganatham, 2015; Widyastuti, 2019). Tahap Desain bertujuan menghasilkan prototipe bahan ajar fisika-matematika pada topik persamaan diferensial. Pada tahap ini dilakukan penetapan format dan standar pembuatan bahan ajar agar dihasilkan Draft I (prototipe awal) yang sesuai dengan prinsip desain instruksional. Proses perancangan meliputi: (1) penyusunan capaian pembelajaran yang selaras dengan kompetensi yang diharapkan, serta (2) pengembangan materi persamaan diferensial beserta aplikasinya dalam pemecahan masalah fisika kontekstual. Tahap ini menjadi dasar bagi pengembangan selanjutnya agar bahan ajar yang dihasilkan memiliki kesesuaian antara tujuan, isi, dan strategi pembelajaran (Shakeel, 2023; Abuhassna, 2023; Farmer, 2022).

Tahap Develop

Tujuan tahap ini adalah untuk menghasilkan bahan ajar fisika matematika I pokok bahasan persamaan diferensial dan aplikasinya. Tahap ini meliputi: 1) validasi perangkat oleh para pakar diikuti dengan revisi, 2) simulasi yaitu kegiatan mengoperasionalkan rencana pengajaran, dan 3) uji coba pada kelas skala kecil serta respon mahasiswa terhadap bahan ajar yang telah dikembangkan. Tahap *Develop* dilakukan untuk menghasilkan Draft II, Draft III, dan produk akhir bahan ajar Fisika Matematika pokok bahasan persamaan diferensial dan aplikasinya, yang telah dikembangkan.

Tahap Implement

Produk penelitian yang telah dihasilkan harus diuji melalui beberapa tahapan ilmiah sehingga kevalidan dan keterandalan, dan hasilguna terukur (Rayanto, 2020). Pada tahap ini, bahan ajar yang dikembangkan diujicobakan kepada sasaran yang telah ditetapkan. Langkah pelaksanaannya meliputi: (1) mempersiapkan pendidik untuk memfasilitasi penggunaan bahan ajar baru, dan (2) mendorong peserta didik agar berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran menggunakan bahan ajar tersebut.

Tahap Evaluasi

Evaluasi merupakan tahap akhir model ADDIE yang bertujuan menilai hasil pengembangan bahan ajar, melalui dua jenis

evaluasi: formatif dan sumatif (Cahyadi, 2019). Tahap ini diperlukan untuk menilai kualitas bahan ajar yang telah dikembangkan. Kegiatannya meliputi menentukan kriteria evaluasi, memilih alat evaluasi dan melakukan evaluasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada tahap *Analyse* dilakukan studi pendahuluan yang terdiri dari analisis kurikulum Program Studi Pendidikan Fisika, analisis peserta didik, capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK) dan analisis materi. Tahap ini diawali dengan analisis kebutuhan belajar mahasiswa, karakteristik peserta, dan kesesuaian materi persamaan diferensial terhadap capaian pembelajaran program studi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep matematis dengan fenomena fisika nyata. Menurut Branch (2015), tahap analisis berfungsi untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi nyata dalam pembelajaran. Hasil analisis inilah yang menjadi dasar untuk merancang bahan ajar yang mampu mengembangkan kemampuan berpikir kritis, melalui kegiatan pemecahan masalah dan eksplorasi (Perdanasari & Sangka, 2021)

Berdasarkan hasil observasi peneliti, selama mengajar mata kuliah fisika matematika diperoleh gambaran mahasiswa sebagai berikut, kesulitan mahasiswa dalam mata kuliah Fisika Matematika adalah mencakup beberapa hal berikut: 1) ketidakmampuan dalam menginterpretasi konsep-konsep fisika secara tepat, 2) ketidakmampuan dalam menerapkan konsep-konsep dan prinsip-prinsip fisika untuk memecahkan soal, 3) ketidakmampuan dalam memahami konsep-konsep matematika, dan 4) ketidakmampuan dalam menerapkan konsep-konsep matematika untuk membuat model perumusan yang digunakan untuk pemecahan soal fisika. Studi pendahuluan dari analisis kurikulum Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Unram, bahwa mata kuliah fisika matematika diprogram pada semester gasal, dengan bobot 4 sks. Berdasarkan analisis capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK) diperoleh gambaran bahwa mahasiswa diharapkan dapat mengaplikasikan konsep matematika untuk menyelesaikan permasalahan fisika. Gambaran bahwa mahasiswa setelah mempelajari materi,

diharapkan dapat mengaplikasikan konsep persamaan diferensial dalam permasalahan fisika.

Berdasarkan analisis CPMK, KA, dan sebaran materi fisika matematika, terlihat bahwa materi bahasan persamaan diferensial biasa paling banyak diaplikasikan dalam penyelesaian masalah fisika. Meskipun pokok bahasan lainnya seperti persamaan diferensial parsial, integral lipat, deret fourir, kalkulus variasi, dan pokok bahasan solusi deret persamaan diferensial, juga bermanfaat dalam fisika. Analisis CPMK, KA, dan sebaran pokok bahasan ini, yang dijadikan pertimbangan peneliti untuk mengembangkan materi/pokok bahasan persamaan diferensial.

Bahan ajar berupa modul ajar persamaan diferensial dan aplikasinya disusun untuk menunjang mata kuliah lain yang membutuhkan aplikasi persamaan diferensial dan membantu mengembangkan kemampuan mahasiswa dalam berpikir analitis kuantitatif berdasarkan pola penalaran matematis logis dalam memecahkan setiap persoalan fisika.

Pada tahap *desain*, struktur modul disusun berdasarkan prinsip *constructive alignment* yang mengaitkan Capaian Pembelajaran (CP), indikator berpikir kritis, aktivitas pembelajaran, dan evaluasi. Pada tahap ini, di hasilkan draf bahan ajar fisika berupa modul ajar fisika matematika pada pokok bahasan persamaan diferensial dan aplikasinya. Setiap bab dalam modul memuat: 1) fenomena kontekstual, 2) eksplorasi fisika matematika, 3) kegiatan refleksi, dan 4) latihan berbasis masalah terbuka.

Pada tahap *develop*, setelah draf bahan ajar berupa modul dirancang, tahap selanjutnya, adalah merancang capaian pembelajaran perkuliahan (*course learning outcomes*) dan indikator pada masing-masing bab. Pada tahap ini, produk yang telah dibuat dilakukan pengujian pada 2 tahap yaitu: 1) uji validitas produk, 2) uji efektifitas produk. Uji efektifitas produk dilihat dari hasil pengamatan aktivitas mahasiswa pada saat proses pembelajaran, respon mahasiswa, dan hasil ujicoba modul pada kelas uji coba kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Bahan ajar berupa modul yang telah dibuat, kemudian direveiw melalui angket yang berisikan pernyataan dengan skala penilaian 1 sampai 4 yang kelompokkan dalam tiga aspek yaitu (1) aspek kelayakan isi, (2) penyajian, dan (3) kebahasaan. Tabulasi hasil validasi oleh para ahli, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabulasi skor penilaian ahli/reviewer

REKAPITULASI SKORING			
No	Butir	Reviewer I	Reviewer II
		Skor	Skor
I	Komponen Kelayakan Isi	12	13
II	Komponen Penyajian	49	44
II	Komponen Kebahasaan	33	34
	Skor Total	94	91
	Skor maksimum	116	116
		81,03 %	78,45 %

Berdasarkan penilaian dari dua reviewer, yang dinilai dari segi kelayakan isi, penyajian dan kebahasaan modul ajar yang telah dibuat, terlihat bahwa komponen kelayakan isi memberikan rata-rata skor 12,50 (78,13%) yang termasuk dalam kategori baik, komponen penyajian memperoleh skor rata-rata 46,5 (77,5) dan dikategorikan baik, sedangkan dari segi kebahasaan memperoleh skor rata-rata 33,5 (83,75%) dikategorikan sangat baik. Secara keseluruhan, hasil penilaian reviewer I dan reviewer II terhadap modul ajar ditinjau dari aspek kelayakan isi, penyajian, dan kebahasaan dapat direkapitulasi dan diklasifikasikan seperti pada Tabel 1. Total skor rata-rata dari kedua reviewer diperoleh skor 92,5 dan jika diprosentase menjadi 79,74%. Hal ini menunjukkan bahwa dari segi kelayakan, modul ajar persamaan difensial dikategorikan baik dan layak digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Hasil ini sejalan dengan temuan Astuti & Nurlaela (2021), bahwa modul yang dirancang berdasarkan model ADDIE memiliki keunggulan pada kejelasan isi dan keterpaduan antara konsep dan latihan. Tahap pengembangan memastikan bahwa bahan ajar memenuhi prinsip *validity*, *practicality*, dan *effectiveness* (Thiagarajan et al., 1974; Van, et al, 2012). Tahap **Implementasi**, pada tahap ini pelaksanaan pembelajaran menggunakan modul pada kelas ujicoba, pengumpulan data pretest, posttest, observasi, dan kuesioner respon. Dalam pelaksanaan uji coba, mahasiswa menunjukkan peningkatan aktivitas belajar, seperti menganalisis permasalahan dan berargumentasi secara matematis. Diskusi kelompok menumbuhkan kemampuan mengevaluasi langkah-langkah penyelesaian dan memperbaiki kesalahan konseptual. Data hasil respon dan interpretasi hasil ditunjukkan seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Hasil Respon Mahasiswa Terhadap Kepraktisan Modul Ajar

No	Aspek Penilaian	Skor Rata-Rata
1	Kemudahan dalam memahami materi	3,8
2	Keterjangkauan isi materi	4,0
3	Kejelasan instruksi dan panduan	4,0
4	Keterpaduan dengan konsep fisika	3,8
5	Kualitas tampilan visual	4,0
6	Menarik minat belajar mahasiswa	4,3
7	Mendorong keterlibatan aktif	3,6
8	Kesesuaian modul dengan kebutuhan	4,2
	Rata-rata	3,96

Tabel 3. Intepretasi Hasil Respon Mahasiswa Terhadap Kepraktisan Modul Ajar

No	Rentang Skor	Intepretasi	Penjelasan
1	4,1-5,0	Sangat Praktis	Modul sangat mudah digunakan, sesuai dengan kebutuhan, efektif dalam mendukung pemahaman.
2	3,1- 4,0	Praktis	Modul cukup mudah digunakan dan efektif, tetapi masih ada ruang untuk perbaikan di beberapa aspek.
3	2,1-3,0	Cukup Praktis	Modul dapat digunakan, namun terdapat beberapa kendala dalam pemahaman atau penggunaannya.
4	1,1- 2,0	Kurang Praktis	Modul sulit digunakan, kurang mendukung proses belajar, dan memerlukan banyak perbaikan.

5	1,0 - kurang	Tidak Praktis	Modul sangat tidak praktis dan tidak layak digunakan dalam proses pembelajaran.
---	--------------	---------------	---

Dengan skor rata-rata 3.96 bahan ajar berupa modul yang dikembangkan termasuk dalam kategori praktis berdasarkan skala interpretasi (3.1–4.0). Berdasarkan hasil kuesioner, mahasiswa menilai bahan ajar ini praktis karena mudah dipahami, memiliki instruksi yang jelas, serta didukung oleh kualitas visual yang baik. Selain itu, bahan ajar ini dianggap sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dan mampu meningkatkan keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran. Temuan ini menunjukkan bahwa bahan ajar berupa modul tersebut ternyata praktis digunakan dalam pembelajaran persamaan diferensial untuk mata kuliah fisika matematika.

Pengukuran kemampuan berpikir kritis dilakukan melalui tes pretest dan posttest yang mencakup empat indikator: (1) klarifikasi masalah, (2) interpretasi informasi, (3) evaluasi argumen, dan (4) penarikan kesimpulan logis. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai rata-rata pretest sebesar 58 meningkat menjadi 75 pada posttest. Peningkatan ini menunjukkan adanya perbedaan skor sebesar 17 poin, atau peningkatan persentase sebesar 29,3% dari kemampuan awal. Hasil uji gain score diperoleh nilai N-Gain sebesar 0,40, yang termasuk kategori sedang (Hake, 1998). Artinya, bahan ajar yang dikembangkan cukup efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Akhirnya, pada tahap *evaluation*, hasil tes menunjukkan adanya peningkatan nyata kemampuan berpikir kritis. Mahasiswa yang semula cenderung meniru prosedur, mulai mampu mengkaji asumsi, memberikan alasan matematis, dan mengaitkan konsep dengan fenomena fisika. Evaluasi dilakukan melalui pretest dan posttest. Nilai posttest yang lebih tinggi menunjukkan bahwa mahasiswa telah mampu menggunakan penalaran logis dalam menyelesaikan persoalan diferensial. Hasil ini memperkuat efektivitas bahan ajar yang menumbuhkan kemampuan berpikir kritis. Secara keseluruhan, hasil ini sejalan dengan temuan Ennis (2011) dan Facione (2011) yang menegaskan bahwa kemampuan berpikir kritis dapat ditingkatkan melalui pembelajaran dan bahan ajar yang menantang secara konseptual.

KESIMPULAN

Bahan ajar fisika matematika pada materi persamaan diferensial yang dikembangkan menggunakan model ADDIE dinyatakan valid oleh para ahli berdasarkan penilaian terhadap kelayakan isi, penyajian, dan aspek kebahasaan. Bahan ajar fisika matematika materi persamaan diferensial terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Hal tersebut terlihat dari peningkatan signifikan antara nilai pretest dan posttest, serta nilai N-gain yang berada dalam kategori sedang. Hasil respon mahasiswa menunjukkan bahan ajar yang dikembangkan dengan model ADDIE pada materi persamaan diferensial dikatakan praktis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan (FKIP) Unram atas dana penelitian yang bersumber dari PNBPK FKIP Unram tahun 2024.

REFERENCES

- Abuhassna, H. (2023). *Instructional Design Made Easy: The Essential Guide to Creating Effective Learning Experiences*. IGI Global.
- Adeoye, M. A., Wirawan, K. A. S. I., Pradnyani, M. S. S., & Septiarini, N. I. (2024). Revolutionizing education: Unleashing the power of the ADDIE model for effective teaching and learning. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 13(1), 202-209.
- Adriani, D., Lubis, P., & Triono, M. (2020). Teaching material development of educational research methodology with Addie Models. In *3rd International Conference Community Research and Service Engagements, IC2RSE 2019, 4 December 2019, North Sumatra, Indonesia*.
- Aldoobie, N. (2015). ADDIE Model. *American International Journal of Contemporary Research* 5(6) 68-72
- Aldoobie, N. (2023). *The ADDIE Model: Instructional Design and Development Framework in Modern Education*. Journal

- of Educational Technology Studies, 12(2), 45–56.
- Amilia, T. N., Andriani, N., Zulherman. (2005). Pengembangan Bahan Ajar Cetak Mata Kuliah Fisika Matematika Pokok Bahasan Bilangan Kompleks Di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*. Hal:1-7.
- Astuti, E., & Nurlaela, L. (2021). *Development of Learning Modules Using the ADDIE Model to Improve Students' Critical Thinking Skills*. *Journal of Education Research*, 15(2), 113–122.
- Boas, M.L. (2005). *Mathematical Methods in the Physical Sciences* (Third Edition). Singapore: John Wiley & Sons (Asia) Pte. Ltd
- Branch, R. M. (2015). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York: Springer Science.
- Ellianawati, & Wahyuni, S. (2012). Pengembangan Bahan Ajar Fisika Matematika Berbasis *Self Regulated Learning* Sebagai Upaya Peningkatan Kemampuan Belajar Mandiri. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 10(2), 33-40
- Ennis, R. (2011). Critical thinking: Reflection and perspective Part II. *Inquiry: Critical thinking across the Disciplines*, 26(2), 5-19.
- Facione, P. A. (2011). Critical thinking: What it is and why it counts. *Insight assessment*, 1(1), 1-23.
- Farmer, T. (2022). *Design Judgments in the Creation of eLearning Modules: Integrating Theory and Practice*. Routledge
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Handriani, L.S., Harjono, A., & Doyan, A. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terstruktur dengan Pendekatan Sainstifik terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Fisika Siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(3), 210-220.
- Hannum, W.H. (2005). *Instructional systems development: A thirty year retrospective*. Educational Technology.
- Marisda, D. H., & Handayani, Y. (2020). Model Pembelajaran Kolaboratif Berbasis Tugas Sebagai Alternatif Pembelajaran Fisika Matematika. *Fisika PPs UNM*, 2(1), 9–12
- Muruganantham, G. (2015). Developing of E-content package by using ADDIE model. *International Journal of Applied Research*, 1(3), 52-54.
- Nurhidayah, Sairi, A. P., Hamdi, H., & Alfitri, S. R. A. (2018). Peningkatan Motivasi Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Fisika Metematika II Menggunakan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*2(1), 21–27.
- Perdanasari, A., & Sangka, K. B. (2021, March). Development needs analysis of teaching materials for improving critical thinking skills students in century 21. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1808, No. 1, p. 012035). IOP Publishing.
- Ramadhanti, A., Astalini, A., & Darmaji, D. (2022). Analisis Kebutuhan Mahasiswa terhadap Penggunaan E-Modul pada Perkuliahan Fisika Matematika I Materi Vektor. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(1), 13-19.
- Rayanto, Y. H. (2020). *Penelitian pengembangan model addie dan r2d2: teori & praktek*. Lembaga Academic & Research Institute.
- Shakeel, S. I. (2023). *Instructional Design with ADDIE and Rapid Prototyping for Technology-Enhanced Learning*. Springer
- Shakeel, S. I., Al Mamun, M. A., & Haolader, M. F. A. (2023). *Instructional design with ADDIE and rapid prototyping for blended learning: validation and its acceptance in the context of TVET Bangladesh*. *Education and Information Technologies*, 28(6), 7601-7630.
- Sugiyarti, H., Sunarno, W., & Aminah, N.S. (2015). Pembelajaran Fisika dengan Pendekatan Sainstifik Menggunakan Metode Proyek dan Eksperimen ditinjau dari Kreativitas dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Inkuiri*, 4(4), 34-42.
- Suratnu, R. (2023). The adoption of the ADDIE model in designing an instructional module: The case of Malay language remove students. *IJJET (International Journal of Indonesian Education and Teaching)*, 7(2), 262-270.

- Thiagarajan, S. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*
- Van den Akker, J., Branch, R. M., Gustafson, K., Nieveen, N., & Plomp, T. (Eds.). (2012). *Design approaches and tools in education and training*. Springer Science & Business Media.v
- Widyastuti, E. (2019, March). Using the ADDIE model to develop learning material for actuarial mathematics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1188, No. 1, p. 012052). IOP Publishing Widodo dan Jasmad. (2008). *Panduan Menyusun Bahan Ajar Berbasis Kompetensi*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Wulandari, M., Astalini, A., & Darmaji, D. (2021). Analisis Kebutuhan Mahasiswa terhadap Pengembangan E-Modul Fisika Matematika I di Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jambi. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 11(2), 23-28.
- Yusibani, E. (2017). *Fisika Matematika I*. Syiah Kuala University Press.