

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR DIGITAL BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA PADA MATERI FISIKA INSTRUMENTASI

Development of Stem-Based Digital Teaching Materials to Increase Critical Thinking Ability College Students on Instrumentation Physics Theory

Ielda Paramita*, Gustina, Wahyuni Laratu

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Tadulako, Kota Palu, Indonesia

Kata Kunci

Bahan Ajar Digital
STEM
Kemampuan Berpikir
Kritis
Fisika Instrumentasi

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan Bahan ajar digital Berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis Mahasiswa pada Materi Fisika Instrumentasi. Model Pengembangan Bahan ajar yang digunakan adalah menggunakan model ADDIE. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah bahwa bahan ajar digital berbasis STEM pada mata Kuliah Fisika Instrumen adalah berdasarkan hasil validasi dari dua orang ahli bahan ajar digital yang dikembangkan dalam kriteria sangat baik, dan layak untuk digunakan. Bahan ajar juga dinilai Efektif dan Praktis berdasarkan respon mahasiswa yang berada dalam kategori positif atau sangat baik. Bahan ajar digital Berbasis STEM pada Materi Fisika Instrumen dinilai mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa, hal tersebut ditandai dari perubahan nilai rerata antara pre test dan post test yaitu dari 31.32 menjadi 61.60.

Keywords

Digital Teaching
Material
STEM
Critical Thinking Ability
Instrumentation
Physics Theory

Abstract

This study aims to develop STEM-based digital teaching materials to improve students' critical thinking skills in Instrumentation Physics. Development Model The teaching material used is the ADDIE model. The results obtained in this study are that the STEM-based digital teaching materials in the Instrument Physics course are based on the validation results of two digital teaching materials experts which were developed in very good criteria, and are feasible to use. Teaching materials are also assessed as Effective and Practical based on student responses that are in the positive or very good category. STEM-based digital teaching materials on Instrumental Physics Materials are considered to be able to improve students' critical thinking skills, this is indicated by the change in the average value between pre-test and post-test, from 31.32 to 61.60.

©2020 The Author
p-ISSN 2338-3240
e-ISSN 2580-5924

Received 2 September; Accepted 29 November 2021; Available Online 30 December 2021

*Corresponding Author: ieldaparamita@gmail.com

PENDAHULUAN

Pada era revolusi industri 4.0 Perkembangan teknologi, digital, dan perkembangan internet membuat bahan ajar semakin canggih, menarik, dan materi menjadi mudah diperoleh. Namun perkembangan teknologi ini tidak diiringi dengan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Mahasiswa cenderung langsung menyerap setiap informasi yang mereka baca tanpa melakukan pemilahan apakah sumber tersebut valid atau tidak. Ketidak mampuan membaca secara kritis inilah yang memberikan salah persepsi atau miskonsepsi terhadap beberapa teori atau persolan. Pemilihan media ataupun sumber belajar seperti bahan ajar sangat menentukan kualitas pembelajaran. Setiap pengampu mata

kuliah harus mampu mengembangkan bahan ajar yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dan menggabungkan materi ajar dengan beragam model atau pendekatan pembelajaran yang mendukung meningkatnya kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa Hasil analisis kepuasan mahasiswa pada proses perkuliahan tahun 2018 pada program studi pendidikan fisika FKIP Untad menyatakan bahwa masih ada sekitar 35% mahasiswa dalam kategori cukup puas, 40 % berada dalam kategori puas dan 25 % kategori sangat puas. Sehingga Pada tahun 2019 Program Studi melakukan kajian kembali demi memperbaiki kualitas proses pembelajaran dengan melakukan analisis ketersediaan bahan ajar pada seluruh mata Kuliah. Dimana diperoleh hasil masih terdapat beberapa mata kuliah yang

belum tersedia bahan ajarnya termasuk Fisika Instrumentasi [1].

Bahan ajar yang lazim digunakan di Universitas maupun disekolah saat ini masih banyak dalam bentuk bahan ajar yang berbentuk cetak, misalnya buku. Pendekatan pengembangan yang digunakan dalam buku tersebut belum tampak adanya pengintegrasian dengan konsep STEM. Padahal, pada beberapa pokok materi tertentu, integrasi STEM dalam pembelajaran efektif digunakan sebagai sumber pembelajaran [2]. STEM merupakan pendekatan dalam pendidikan di mana Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika terintegrasi dengan proses pendidikan. Pendekatan ini berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang nyata serta dalam kehidupan profesional. Pendekatan STEM menunjukkan kepada peserta didik bagaimana konsep, prinsip, teknik sains, teknologi, teknik dan matematika (STEM) digunakan secara terintegrasi untuk mengembangkan produk, proses, dan sistem yang bermanfaat bagi kehidupan manusia.

Fisika instrumentasi merupakan salah satu mata kuliah yang menuntut kompetensi mahasiswa dalam mengaplikasikan sejumlah instrument yang digunakan dalam bidang fisika serta merancang project yang melibatkan penggunaan instrument fisika yang dapat di manfaatkan dalam kehidupan sehari hari. Mata kuliah juga menuntut untuk mahasiswa memiliki sikap kemampuan berpikir kritis, memiliki kemampuan problem solving serta daya kreasi. Sehingga melalui proses pembelajaran pada mata kuliah ini dapat menyiapkan mahasiswa menjadi seorang pemikir kritis (critical thinker) sehingga mereka mampu memecahkan masalah (problem solver), mampu berpikir independen.

Berdasarkan permasalahan tersebut penting untuk menyiapkan proses perkuliahan yang mampu membuat siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis melalui penyediaan bahan ajar digital yang berorientasi pada Pendekatan STEM. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses pengembangan bahan ajar digital berbasis STEM dan menguji efektifitas kelayakan Bahan ajar digital berbasis STEM pada materi fisika instrumentasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian dan pengembangan atau dikenal Research and Development (R&D) yaitu model penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk

tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Model yang digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan bahan ajar digital berbasis pendekatan STEM merupakan model ADDIE. Model ADDIE memiliki beberapa tahapan yaitu *analyze, design, development, implementation, dan evaluation* [3].

Rancangan penelitian

Gambaran secara umum dari rancangan alur penelitian ini yaitu dapat diperlihatkan dalam bagan Gambar 1 [4].



Gambar 1. Rancangan pengembangan bahan ajar digital berbasis STEM pada mata kuliah Fisika Instrumentasi.

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNTAD. Waktu penelitian dilaksanakan pada semester Genap-Ganjil 2021.

Subjek dan Responden penelitian

Subyek penelitian ini adalah mahasiswa kelas A pendidikan fisika angkatan 2019 yang belum memprogramkan matakuliah fisika instrumentasi yang berjumlah 15 orang.

Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan Angket, Tes kemampuan berpikir kritis dan wawancara. Dalam penelitian ini angket yang digunakan adalah angket tertutup berupa skala likert, dengan skala 1 sampai 4. Skala likert digunakan untuk mengukur kualitas dan kelayakan produk yang dikembangkan. Tes kemampuan berpikir kritis digunakan untuk mengukur tingkat kemampuan berpikir kritis mahasiswa pada materi fisika instrumentasi dengan menggunakan tes uraian.

Instrument penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tes kemampuan berpikir kritis berupa tes uraian yang berjumlah 5 soal dan angket penilaian validitas, efektifitas dan kepraktisan bahan ajar digital berbasis STEM, meliputi Validitas Ahli materi dan ahli media.

Teknik analisis data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan ini adalah pengumpulan data melalui instrumen kemudian dikerjakan sesuai dengan prosedur penelitian dan pengembangan. Adapun data yang dianalisis dalam Pengembangan bahan ajar digital ini adalah data kuantitatif dan data kualitatif.

Data kuantitatif berupa skor penilaian seluruh bagian dan fungsi produk berdasar hasil angket uji validitas dengan skala likert angka 1,2,3, dan 4. Data kualitatif merupakan evaluasi dari validator yaitu berupa tanggapan, kritik, masukan dan saran yang tercantum dalam angket maupun diskusi langsung yang digunakan sebagai pertimbangan revisi produk.

Teknik analisis data hasil validasi produk yaitu digunakan persamaan berikut [5].

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Keterangan:

X : Nilai rata-rata dalam tiap butir pertanyaan
 Σx : Jumlah nilai dari seluruh penilaian dalam tiap butir pertanyaan

n : Banyaknya responden yang menjawab angket penilaian

Kategori penilaian dengan ketentuan berdasarkan Tabel 1 berikut [6].

Tabel 1. Kategori penilaian validitas

Skor Nilai	Interpretasi
3,25 < X ≤ 4,00	Sangat Layak (SL)
2,50 < X ≤ 3,25	Layak (L)
1,75 < X ≤ 2,50	Kurang Layak (K)
1,00 ≤ X ≤ 1,75	Tidak Layak (TL)

Analisis data responden serupa dengan analisis kualitas penilaian produk. Rata-rata skor dari angket respon selanjutnya diubah kedalam bentuk kualitatif berdasarkan Tabel 2 berikut [7].

Tabel 2. Kriteria Kategori Respon Mahasiswa

Skor Nilai	Interpretasi
3,25 < X ≤ 4,00	Sangat Baik (SB)
2,50 < X ≤ 3,25	Baik (B)
1,75 < X ≤ 2,50	Cukup (C)
1,00 ≤ X ≤ 1,75	Sangat Kurang (SK)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk berupa bahan ajar digital materi Alat ukur dan Pengukuran pada Matakuliah Fisika Instrumentasi berbasis STEM. Bahan ajar Fisika Instrumentasi berbasis STEM dalam penelitian ini dikembangkan melalui beberapa tahap sesuai dengan prosedur dari pengembangan ADDIE yaitu Need Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation. Adapun aplikasi ADDIE dalam pengembangan produk ini sebagai berikut:

Need Analysis (Analisis Kebutuhan)

Peneliti melakukan observasi ketersediaan bahan ajar fisika instrumentasi. Sehingga diperoleh hasil bahwa bahan ajar Fisika instrumentasi pada Prodi Pendidikan Fisika FKIP yang ada saat ini belum berbasis STEM. Bahan ajar berbasis Pendekatan STEM membuat mahasiswa mampu menggabungkan antara teori dan praktek yang dikaitkan dengan situasi kontekstual yang dihadapi sehari – hari. Maka, pada langkah selanjutnya yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mencari literatur yang berkaitan dengan pengembangan bahan ajar Fisika Instrumen berbasis STEM.

Design (Desain)

Pada tahap desain yaitu mendesain bahan ajar digital Fisika Instrumen berbasis STEM dengan langkah-langkah berikut.

- (1) Mendesain Penyajian materi dalam bahan ajar fisika Instrumen berbasis STEM dengan menghubungkan ilmu-ilmu fisika dengan konteks dalam kehidupan sehari-hari mahasiswa, selanjutnya terdapat pertanyaan atau masalah dengan tujuan untuk mengarahkan mahasiswa agar dapat melihat gambaran materi yang akan dipelajarinya.
- (2) Menyiapkan aplikasi Canva Profesional untuk membantu pembuatan bahan ajar berupa modul digital fisika Instrumen berbasis STEM.
- (3) Menyusun instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar penilaian ahli materi, ahli media, angket respon mahasiswa, dan tes kemampuan berpikir kritis.

Development (Pengembangan)

Pada tahap ini yaitu mengembangkan bahan ajar berupa modul digital berbasis STEM. Kegiatan awal yang dilakukan pada tahap ini adalah menganalisis kurikulum kemudian menentukan sub CPMK dan indikator perkuliahan. Sub CPMK dan Indikator menjadi dasar dalam penyusunan bahan ajar digital

Fisika Instrumen berbasis Pendekatan STEM. Bahan ajar digital tersebut dibuat dengan menggunakan aplikasi Canva profesional.

Implimentation (Implimentasi)

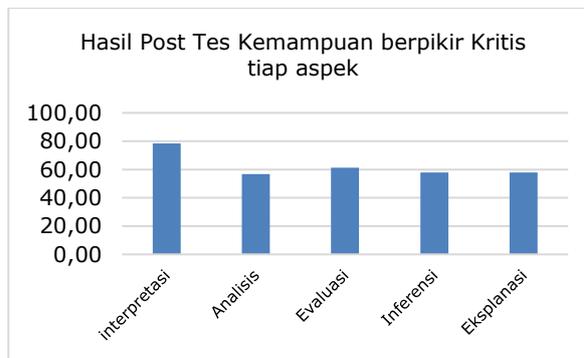
Bahan ajar yang dikembangkan kemudian diuji coba secara terbatas kepada subyek penelitian yaitu 15 orang mahasiswa yang belum memprogramkan mata kuliah Fisika Instrumentasi. Pada tahap implementasi dilakukan pertemuan sebanyak empat kali.

Pertemuan pertama mahasiswa diberikan pretest untuk mengetahui kemampuan awal berpikir kritis mahasiswa pada materi Fisika Instrumentasi. Pertemuan kedua dan ketiga mahasiswa mempelajari modul secara mandiri, pada pertemuan keempat atau pertemuan terakhir mahasiswa diberikan post-test untuk melihat kemampuan akhir berpikir kritis mahasiswa setelah mempelajari bahan ajar digital berbasis STEM. Adapun hasil analisis data uji coba terbatas ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Analisis Data Kemampuan berpikir Kritis Mahasiswa

Nomor Peserta Tes (Mahasiswa)	Nilai	
	Pretest	Posttest
Mahasiswa-1	48	80
Mahasiswa-2	36	72
Mahasiswa-3	32	56
Mahasiswa-4	28	64
Mahasiswa-5	28	64
Mahasiswa-6	36	64
Mahasiswa-7	24	52
Mahasiswa-8	24	52
Mahasiswa-9	32	60
Mahasiswa-10	28	52
Mahasiswa-11	32	64
Mahasiswa-12	24	56
Mahasiswa-13	36	68
Mahasiswa-14	28	60
Mahasiswa-15	32	60
Rerata Kelas	31.32	61.60

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa dengan menggunakan bahan ajar digital berbasis STEM terjadi perubahan perolehan nilai pada setiap siswa, dari rerata kelas 31.32 menjadi 61.60 dengan kata lain, penggunaan perangkat bahan ajar digital siswa memberi dampak pada pengembangan kemampuan berpikir kritis mahasis. Analisis setiap aspek pada post test disajikan seperti pada Gambar 1 berikut.

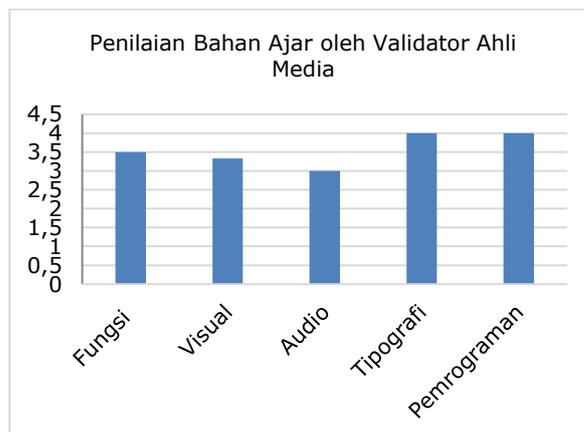


Gambar 1. Data hasil Post Tes Kemampuan berpikir Kritis Mahasiswa

Evaluation (Evaluasi)

Tahap evaluasi dilakukan dengan mengumpulkan data dan informasi yang telah diperoleh selama proses penelitian. Pada tahap evaluasi juga dilakukan revisi untuk memperbaiki kualitas produk yang telah dikembangkan. Kelayakan dari produk yang telah dikembangkan dengan cara memvalidasi produk kepada satu orang ahli media dan satu orang ahli materi fisika Instrumentasi. Ahli media menilai pengembangan bahan ajar dalam tiga aspek yaitu ukuran bahan ajar, desain cover, dan desain isi bahan ajar. Untuk ahli materi bidang Fisika Instrumentasi menilai dalam tiga aspek yaitu aspek kelayakan isi, aspek kelayakan penyajian, dan aspek kebahasaan. Data hasil penilaian bahan ajar meliputi data berupa skor kemudian dikonversikan menjadi empat kategori yaitu sangat layak (SL), layak (L), kurang layak (KL), dan tidak layak (TK). Skor yang diperoleh juga diolah menjadi persentase untuk kriteria kelayakan. Adapun hasil validasi produk modul digital berbasis STEM ditunjukkan pada Tabel 4.

Pengkategorian terhadap kelima aspek tersebut untuk melihat kelayakan dapat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Aspek Penilaian Bahan Ajar oleh validator Ahli Media

Tabel 4. Hasil Analisis Data Validasi Ahli Media

No	Aspek	Kriteria Penilaian	Skor	Interpretasi
1	Fungsi dan manfaat	Mampu memperjelas dan mempermudah penyampaian materi pembelajaran Fisika Instrumentasi	4,0	Sangat Baik
		Dapat menimbulkan minat dan motivasi belajar mahasiswa pada Mata Kuliah Fisika Instrumentasi	3,0	Baik
2	Aspek visual	Pemilihan warna, teks, gambar dan animasi menarik	3,0	Baik
		Gambar dapat terlihat dengan jelas	4,0	Sangat Baik
		Pencahayaan video sudah tepat.	3,0	Baik
3	Aspek audio media	Ritme suara yang disajikan narator sesuai (tidak terlalu lambat dan tidak terlalu cepat)	3,0	Baik
		Suara narator terdengar dengan jelas dan informatif.	3,0	Baik
4	Aspek tipografi	Jenis teks mudah dibaca	4,0	Sangat Baik
		Ukuran teks sudah sesuai (tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar)	4,0	Sangat Baik
5	Aspek pemrograman	Durasi video sudah cukup untuk menjelaskan topik yang dibahas	4,0	Sangat Baik

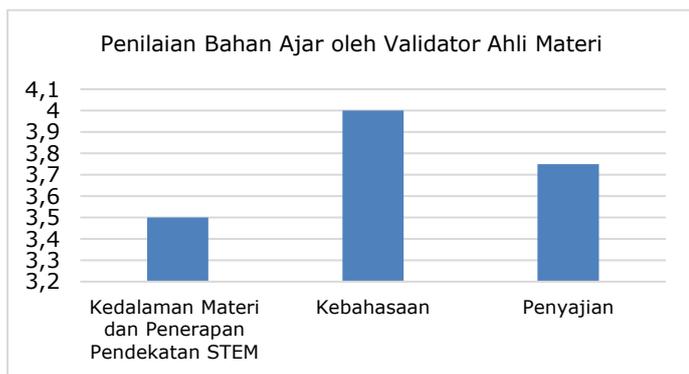
Berdasarkan data tersebut maka diperoleh hasil bahwa bahan ajar digital yang dikembangkan secara keseluruhan dinilai sangat baik atau memenuhi aspek kelayakan.

Tabel 5. Hasil Analisis Data Validasi Ahli Materi

No	Aspek	Kriteria Penilaian	Skor	Interpretasi
1	Kedalaman Materi dan Penerapan Pendekatan STEM	Kebenaran konten (fakta, konsep, prinsip, hukum, teori, dan proses ilmiah)	3,0	Baik
		Kemutakhiran konten	4,0	Sangat Baik
		Memperhatikan keterkaitan aspek Pendekatan STEM	3,0	Baik
		Sistematis, sesuai struktur keilmuan	4,0	Sangat Baik
2	Kebahasaan	Keterbacaan bahasa atau bahasa yang digunakan sesuai dengan usia mahasiswa	4,0	Sangat Baik
		Menggunakan bahasa yang komunikatif	4,0	Sangat Baik
		Istilah yang digunakan tepat dan dapat dipahami	4,0	Sangat Baik
		Menggunakan istilah dan simbol secara ajeg	4,0	Sangat Baik
3	Penyajian	Membangkitkan motivasi/minat/rasa ingin tahu mahasiswa	3,0	Baik
		Sesuai dengan taraf berfikir dan kemampuan membaca mahasiswa	4,0	Sangat Baik
		Mendorong mahasiswa belajar mandiri	4,0	Sangat Baik
		Menarik/menyenangkan	4,0	Sangat Baik

Secara keseluruhan materi yang termuat pada bahan ajar dalam kategori sangat baik atau sangat layak digunakan. Data tersebut dapat ditunjukkan dalam Gambar 3.

Penilaian pada aspek berpikir kritis dalam penelitian ini adalah interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi. Jenis soal yang digunakan adalah Tes Uraian yang terdiri atas lima soal, setiap soal mewakili aspek berpikir kritis. Soal tersebut sebelum diujicoba dilakukan validasi terlebih dahulu oleh dua orang ahli. Hasil penilaian kedua ahli tersebut ditunjukkan pada Tabel 6.

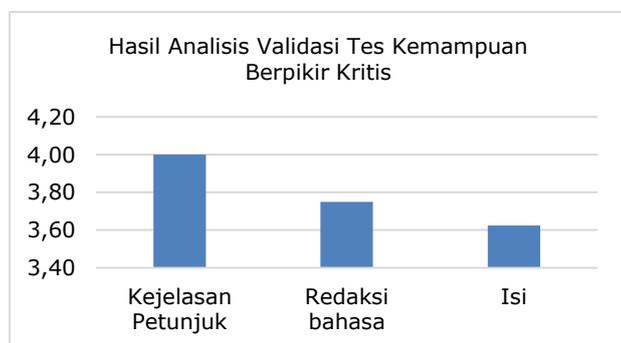


Gambar 3. Aspek Penilaian Bahan Ajar oleh validator Ahli Materi

Tabel 6. Hasil Analisis Validasi Ahli terhadap Instrumen Tes Kemampuan berpikir Kritis

No.	Aspek	Kriteria Penilaian	Rerata Skor	Interpretasi
1.	Kejelasan Petunjuk Tes	Petunjuk pengisian tes dinyatakan dengan jelas	4,0	Sangat Baik
2.	Redaksi Bahasa	Penggunaan bahasa ditinjau dari penggunaan kaidah bahasa Indonesia	3,5	Sangat Baik
		Kejelasan petunjuk/arahan, komentar dan penyelesaian masalah	4,0	Sangat Baik
		Kesederhanaan struktur kalimat	3,5	Sangat Baik
		Bahasa yang digunakan bersifat komunikatif	4,0	Sangat Baik
3.	Isi	Setiap butir soal dinyatakan dengan jelas dan terukur	4	Sangat Baik
		Setiap soal disusun berdasarkan aspek berpikir kritis.	3,0	Baik
		Pertanyaan-pertanyaan yang diajukan sesuai dengan indikator capaian mata kuliah	4,0	Sangat Baik
		Rumusan pertanyaan pada soal menggunakan kata/perintah/pernyataan yang menuntut pemberian tanggapan dari mahasiswa	3,5	Sangat Baik

Berdasarkan penilaian kedua ahli terhadap tes kemampuan berpikir kritis berada dalam kategori sangat baik untuk setiap aspeknya. Seperti yang disajikan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hasil Analisis Validasi Ahli terhadap Instrumen Tes Kemampuan berpikir Kritis

Pembahasan

Penelitian bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk berupa bahan ajar digital materi Alat ukur dan Pengukuran pada Matakuliah Fisika Instrumentasi berbasis STEM. Bahan ajar Fisika Instrumentasi berbasis STEM dalam penelitian ini dikembangkan melalui beberapa tahap sesuai dengan prosedur dari pengembangan ADDIE yaitu *Need Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation* dan *Evaluation*.

Langkah awal dalam penelitian ini adalah *Need Analysis* (Analisis Kebutuhan), yaitu melakukan analisis kebutuhan dengan melakukan observasi ketersediaan bahan ajar fisika instrumentasi. Mata Kuliah Fisika Instrumentasi merupakan matakuliah yang masih tergolong baru dalam struktur kurikulum PSPF. Capaian pembelajaran pada matakuliah ini

yaitu mahasiswa diharapkan Mampu menerapkan konsep fisika instrumentasi melalui sikap ilmiah dan analisis informasi dari berbagai sumber belajar secara bertanggung jawab, menguasai pengetahuan konsep dasar pengukuran alat - alat ukur, kalibrasi dan ketelitian, menganalisis dan mengkonversi satuan fisika dengan baik dan benar.

Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib bagi mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika. Perkuliahan ini merupakan dasar bagi mahasiswa Pendidikan Fisika sebelum mengikuti perkuliahan pada tingkat selanjutnya yang bersifat eksperimen. Mata Kuliah Fisika Instrumentasi membahas mengenai Pengukuran dan Alat Ukur, Ketidakpastian, Kalibrasi, Rambatan Ralat, Grafik hasil Pengukuran dan Berbagai macam Alat Ukur. Perkuliahan disampaikan melalui metode ekspository, tanya jawab, diskusi, demonstrasi dan eksperimen.

Bahan ajar Fisika instrumentasi yang ada pada Prodi Pendidikan Fisika FKIP UNTAD saat ini belum berbasis STEM. Pendekatan STEM diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi salah satunya adalah berpikir kritis. Pendekatan STEM membuat mahasiswa untuk mampu menggabungkan antara teori dan praktek yang dikaitkan dengan situasi kontekstual yang dihadapi sehari - hari. Maka, pada langkah selanjutnya yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mencari literatur yang berkaitan dengan pengembangan bahan ajar Fisika Instrumen berbasis STEM.

Pada Tahap kedua yaitu *design* (desain) bahan ajar digital Fisika Instrumen berbasis STEM. Pada tahap ini perlu diperhatikan yaitu cara penyajian materi dalam bahan ajar. Penyajian materi dalam bahan ajar fisika

Instrumen berbasis STEM ini menghubungkan ilmu-ilmu fisika dengan konteks dalam kehidupan mahasiswa. Uraian materi diawali dengan fenomena fenomena yang sering ditemui oleh mahasiswa, selanjutnya terdapat pertanyaan atau masalah dengan tujuan untuk mengarahkan mahasiswa agar dapat melihat gambaran materi yang akan dipelajarinya. Setelah dirangsang dengan pertanyaan, diikuti dengan penyajian materi, di mana setiap materi terdapat contoh soal beserta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Selanjutnya menyiapkan aplikasi Canva Profesional untuk membantu pembuatan bahan ajar berupa modul digital fisika Instrumen berbasis STEM. Serta menyusun instrumen penelitian yang digunakan meliputi lembar penilaian ahli materi, ahli media, angket respon mahasiswa, dan tes kemampuan berpikir kritis.

Tahap ketiga *Development* yaitu mengembangkan bahan ajar digital berbasis STEM. Kegiatan awal yang dilakukan pada tahap ini adalah menganalisis kurikulum kemudian menentukan sub CPMK dan indikator perkuliahan. Sub CPMK dan Indikator menjadi dasar dalam penyusunan bahan ajar digital Fisika Instrumen berbasis Pendekatan STEM. Bahan ajar digital tersebut dibuat dengan menggunakan aplikasi Canva Profesional. Bahan ajar digital yang dikembangkan berbentuk modul. Modul adalah satu kesatuan bahan pembelajaran yang dapat dipelajari oleh mahasiswa secara mandiri. Pada modul tersebut terdapat komponen dan petunjuk yang jelas sehingga mahasiswa dapat mengikuti secara runtut. Modul Digital ini dikemas secara sistematis dan menarik dengan cakupan materi, metode, dan evaluasi yang dapat dipakai secara mandiri agar tercapai kompetensi yang diharapkan.

Bahan ajar yang dikembangkan kemudian diuji kelayakan dengan cara memvalidasi produk kepada satu orang ahli media dan satu orang ahli bidang fisika Instrumen. Ahli media menilai pengembangan bahan ajar dalam tiga aspek yaitu ukuran bahan ajar, desain cover, dan desain isi bahan ajar. Untuk ahli materi bidang Fisika Instrumen menilai dalam tiga aspek yaitu aspek kelayakan isi, aspek kelayakan penyajian, dan aspek kebahasaan. Data hasil penilaian bahan ajar meliputi data berupa skor kemudian dikonversikan menjadi empat kategori yaitu sangat layak (SL), layak (L), kurang layak (KL), dan tidak layak (TK). Skor yang diperoleh juga diolah menjadi persentase untuk kriteria kelayakan.

Selanjutnya tahap *implementation* Bahan ajar yang dikembangkan kemudian diuji coba secara terbatas kepada mahasiswa fisika angkatan

2019 kelas A yang belum mengikuti mata kuliah Fisika Instrumen. Pada tahap implementasi dilakukan pertemuan sebanyak empat kali. Pertemuan pertama mahasiswa diberikan pretest untuk mengetahui tingkat kemampuan berpikir kritis mahasiswa pada materi Fisika Instrumen. Pertemuan kedua dan ketiga mahasiswa mempelajari modul secara mandiri, pada pertemuan keempat atau pertemuan terakhir mahasiswa diberikan post-test untuk melihat kemampuan akhir berpikir kritis mahasiswa setelah mempelajari bahan ajar digital berbasis STEM.

Berdasarkan analisis data tes kemampuan berpikir kritis diketahui bahwa dengan menggunakan bahan ajar digital berbasis STEM terjadi perubahan perolehan nilai pada setiap mahasiswa, dari skor rerata pretest 31.32 meningkat menjadi skor rerata posttest 61.60. dengan kata lain, penggunaan perangkat bahan ajar digital mahasiswa memberi dampak pada pengembangan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

Tahap akhir dari penelitian ini yaitu *evaluation* (evaluasi). Tahap evaluasi dilakukan dengan mengumpulkan data dan informasi yang telah diperoleh selama proses penelitian. Pada tahap evaluasi juga dilakukan revisi untuk memperbaiki kualitas produk yang telah dikembangkan. Kelayakan dari produk yang telah dikembangkan dengan cara memvalidasi produk kepada satu orang ahli media dan satu orang ahli materi fisika Instrumentasi. Ahli media menilai pengembangan bahan ajar dalam tiga aspek yaitu ukuran bahan ajar, desain cover, dan desain isi bahan ajar. Untuk ahli materi bidang Fisika Instrumentasi menilai dalam tiga aspek yaitu aspek kelayakan isi, aspek kelayakan penyajian, dan aspek kebahasaan. Data hasil penilaian bahan ajar meliputi data berupa skor kemudian dikonversikan menjadi empat kategori yaitu sangat layak (SL), layak (L), kurang layak (KL), dan tidak layak (TK). Skor yang diperoleh juga diolah menjadi persentase untuk kriteria kelayakan.

Hasil analisis data validasi ahli media menunjukkan bahwa pada aspek fungsi dan manfaat bahan ajar berada pada nilai 3.5 atau dalam kriteria sangat baik. Aspek Visual dalam nilai 3.33 dengan kriteria Sangat Baik. Aspek audio dan media berada pada nilai 3.00 dengan kriteria Baik. Aspek Tipografi pada nilai 4 atau kriteria sangat baik. Aspek terakhir yaitu pemrograman berada pada nilai 4 yaitu kriteria sangat baik. Berdasarkan data tersebut maka diperoleh hasil bahwa berdasarkan penilaian ahli media bahan ajar digital yang dikembangkan secara keseluruhan dinilai sangat baik atau

memenuhi aspek kelayakan. Sedangkan Hasil analisis data validasi ahli materi menunjukkan bahwa pada aspek kedalaman materi dan penerapan pendekatan STEM berada pada nilai 3.5 atau pada kriteria sangat baik. Pada aspek kebahasaan berada pada nilai 4 atau kriteria sangat baik, untuk aspek penyajian berada dalam nilai 3.75 atau kriteria sangat baik. Secara keseluruhan untuk bahwa materi yang termuat pada bahan ajar dalam kategori sangat baik atau sangat layak digunakan.

Aspek berpikir kritis yang dinilai dalam penelitian ini adalah interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi. Jenis soal yang digunakan adalah Tes Uraian yang terdiri atas lima soal, setiap soal mewakili aspek berpikir kritis. Soal tersebut sebelum diujicoba dilakukan validasi terlebih dahulu oleh dua orang ahli. Berdasarkan penilaian kedua ahli tersebut, tes kemampuan berpikir kritis yang disusun berada dalam kategori sangat baik untuk setiap aspeknya. Adapun hasil analisis tersebut yaitu pada aspek petunjuk soal diperoleh skor rerata 4,0 dengan interpretasi sangat baik, aspek redaksi bahasa diperoleh skor rerata 3,75 dengan interpretasi sangat baik, dan aspek isi diperoleh skor rerata 3,63 dengan interpretasi sangat baik.

Secara umum hasil penelitian ini, menghasilkan produk berupa bahan ajar digital berbasis STEM yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa pada matakuliah Fisika Instrumentasi. Produk Bahan ajar digital yang dikembangkan memperoleh kategori valid dan layak untuk digunakan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan [8] yaitu Pembelajaran Berbasis STEM Melalui pelatihan Robotika, yang dapat meningkatkan kemampuan berpikir logis, kreatif, inovatif, problem solving, dan kemampuan bekerjasama dalam tim. Selain itu dikuatkan oleh hasil penelitian [9] melalui Pengembangan Bahan ajar Fisika Dasar Berbasis E-modul Di Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini menghasilkan produk bahan ajar berupa e-modul yang terdiri dari 7 (tujuh) materi. Penilaian oleh ahli media diperoleh data pada persentase validitas e-modul 90%, termasuk kategori sangat layak. Penilaian oleh ahli materi diperoleh persentase rata-rata data validitas e-modul sebesar 82% dan termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil penilaian pengguna produk memperoleh nilai 4,24 dan kategori sangat baik, dan hasil pre-test dan

post-test menunjukkan adanya peningkatan skor peserta sebesar 39% setelah menggunakan e-modul.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pemaparan pada hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa telah dihasilkan produk berupa bahan ajar digital berbasis STEM yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa pada matakuliah Fisika Instrumentasi. Produk Bahan ajar digital yang dikembangkan memperoleh kategori valid dan layak untuk digunakan. Kemampuan berpikir Kritis mahasiswa mengalami peningkatan dari skor 31.32 menjadi 61.60.

Pengampu mata kuliah instrumentasi sebaiknya membiasakan terlatih dalam menerapkan pendekatan STEM dalam proses perkuliahan. Bahan ajar digital yang dikembangkan saat ini, masih terbatas pada Bab Satu dalam mata kuliah Fisika Instrumentasi. Sehingga perlu dilakukan pengembangan pada materi Bab berikutnya pada seluruh topik yang ada pada Mata kuliah Fisika Instrumentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prodi Pendidikan Fisika FKIP UNTAD, *Analisis Kepuasan Mahasiswa Pada Proses Perkuliahan Tahun 2018 dan Ketersediaan Bahan Ajar Perkuliahan*, Universitas Tadulako, 2019.
- [2] Yuanita, Feni. "Pengembangan Bahan Ajar Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) Materi Kelistrikan Untuk Sekolah Dasar". *Jurnal Profesi Pendidikan Dasar*. Vol. 6, No. 2, 2019.
- [3] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2009 (Untuk referensi BUKU).
- [4] R. Heinich, M. Molenda, and J. D. Russell, *Instructional Media and the New Technologies of Instruction*. New York: Macmillan, 1993.
- [5] Arikunto. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta, 2012.
- [6] Widoyoko, Eko Putro. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*, Yogyakarta: Pustaka Belajar, 2012.
- [7] Mardapi, D. *Pengukuran, Penilaian, dan Evaluasi Pendidikan*, Yogyakarta: Nuha Litera, 2015.
- [8] Asri Y. "Pembelajaran Berbasis STEM Melalui pelatihan Robotika". *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*. Vol 3, No 2, 2018.
- [9] Muhammad Agphin Ramadhan. "Pengembangan Bahan ajar Fisika Dasar Berbasis E-modul Di Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Jakarta". *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil*. Vol 2, No 2, 2020.

