

**PENGEMBANGAN BAHAN AJAR KOMPILASI FISIKA MATEMATIKA II
POKOK BAHASAN PERSAMAAN DIFERENSIAL UNTUK MENINGKATKAN
PENALARAN MATEMATIS**

I Wayan Gunada, Joni Rokhmat, Hikmawati, Kesipudin

Program Studi Pendidikan Fisika
FKIP, Universitas Mataram
Jalan Majapahit No. 62, Mataram
E-mail: wayan_gunada@unram.ac.id

Abstract – *This study aims to develop and produce teaching materials compilation of mathematical physics II on the subject of differential equations. Teaching materials that have been developed in the form of teaching modules. The research method used is a development study consisting of four stages: the stage of determination, design, development, and disseminate. The results obtained from this research are in the form of teaching module of mathematical physics II differential equation and its application. The teaching module generated in terms of feasibility aspects of content, presentation, and linguistics obtained a mean score is 92.5 with a percentage is 79.74%. This shows that the teaching module that has been created as good and feasible to use. It can be categorized effective as measured by the impact of student activities, responses, and value of students reasoning abilities. The impact of student activity seen during the learning process after using the module is 73.59% and the student activity is categorized much or quite practical. The percentage of students' response after using the module was 80.1% and categorized well. The impact on the mathematical reasoning ability meanscore of the class 70.87. This shows that the teaching module that has been created can be categorized effective. Thus, it can be concluded that the teaching module compilation of mathematical physics II the subject of differential equations and their applications can be said to be effective and feasible to use.*

Keywords: *compilation, differential equations, mathematical reasoning.*

PENDAHULUAN

Fisika matematika adalah gabungan mata pelajaran fisika dan matematika. Fisika matematika bertujuan agar mahasiswa memiliki kemampuan merumuskan berbagai proses fisika ke dalam pernyataan matematis dan mampu menyelesaikannya secara analitis, kuantitatif, dan prediktif berdasarkan model penalaran yang dirumuskan. Berdasarkan kurikulum pada Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Mataram, matakuliah fisika matematika dipilah menjadi fisika matematika I dan fisika matematika II. Fisika matematika I materinya meliputi: deret pangkat dan deret tak hingga, analisis vektor, bilangan kompleks, sistem persamaan linier, matrik dan determinan, limit fungsi dan turunan, fungsi khusus (fungsi faktorial, fungsi gamma, fungsi beta, dan fungsi error). Sedangkan materi fisika matematika II

meliputi: persamaan diferensial biasa, persamaan diferensial parsial, integral lipat, deret fourier, kalkulus variasi dan solusi deret persamaan diferensial. Kondisi ideal, yang diharapkan seorang dosen perlu mengorganisasikan materi ajar ke dalam bahan ajar sehingga capaian pembelajaran dapat tercapai. Capaian pembelajaran yang diharapkan pada matakuliah ini adalah mahasiswa mampu mengaplikasikan bermacam konsep matematis untuk memecahkan berbagai permasalahan fisika.

Akan tetapi, capaian pembelajaran tersebut belum tercapai secara maksimal. Hal ini disebabkan oleh perilaku mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan, diantaranya: 1) mahasiswa yang tidak mau melatih dirinya untuk mengerjakan soal-soal dalam buku, 2) mahasiswa cenderung menhandalkan dari penjelasan dosen, 3) mahasiswa hanya

menggunakan satu buku teks dan menggantung materi dari powerpoint dari dosen, dan 4) perilaku mahasiswa yang tidak mau belajar mandiri mencari sumber referensi yang menunjang matakuliah fisika matematika. Berdasarkan observasi selama proses perkuliahan, ada beberapa kesulitan yang dialami mahasiswa dalam mengikuti perkuliahan, diantaranya: 1) ketidakmampuan dalam menginterpretasi konsep-konsep fisika secara tepat, 2) ketidakmampuan mahasiswa menerapkan konsep-konsep dan prinsip-prinsip fisika untuk memecahkan soal, dan 3) ketidakmampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan konsep-konsep matematika untuk membuat model perumusan yang digunakan untuk pemecahan persoalan fisika. Sebagai salah satu contoh dari hasil penelitian Wahyudi (2015) mengungkapkan bahwa mahasiswa tidak bisa menentukan arus listrik pada rangkaian tertutup satu *loop* dengan dua atau lebih sumber tegangan, atau dengan hambatan listrik. Padahal secara konsep dan perhitungan matematis yang tepat, hal tersebut bisa dilakukan. Semua dampak tersebut, mengakibatkan kemampuan penalaran dan hasil belajarnya pun menjadi menurun.

Peningkatan kualitas pendidikan dapat dilakukan dengan meningkatkan kualitas proses pembelajaran. Hal tersebut dapat dicapai apabila ketersediaan bahan ajar yang cukup, penerapan strategi pembelajaran yang tepat, dan sistem evaluasi yang baik. Akan tetapi, selama ini di program studi hanya hanya mengandalkan buku *Mathematical Methods in the Physical Sciences* tulisan Mary L. Boas sebagai buku utama. Padahal seperti yang diungkapkan oleh Ellianawati dan Wahyuni (2012) bahwa contoh penerapan dan pembahasannya pada buku teks matakuliah fisika matematika yaitu *Mathematical Methods in the Physical Sciences* tulisan Mary L. Boas setebal 839 halaman masih kurang. Hal ini

mengindikasikan, perlu adanya bahan ajar fisika matematika yang lebih banyak berisi contoh soal serta pembahasannya.

Sebaran materi kuliah fisika matematika II meliputi: persamaan diferensial biasa, persamaan diferensial parsial, integral lipat, deret fourier, kalkulus variasi dan solusi deret persamaan diferensial. Dari semua materi tersebut, materi persamaan diferensial yang paling banyak digunakan untuk membantu memecahkan permasalahan fisika. Berikut diberikan beberapa contoh fenomena alam yang dapat dimodelkan dalam bentuk persamaan diferensial, misalnya, pertumbuhan arus dalam rangkaian R-L. Rangkaian RL adalah sebuah rangkaian yang memasukan sebuah resistor dan sebuah inductor, dan mungkin sebuah sumber tegangan gerak elektrik, rangkaian tersebut dinamakan rangkaian R-L (*R-L circuit*) (Young, *et. al.*, 2003). Menurut Nuraeni, (2017) persamaan diferensial juga dapat diaplikasikan untuk menghitung estimasi jumlah populasi. Selain itu persamaan diferensial dapat digunakan pula pada peluruhan radioaktif, hukum newton tentang gerak, system pegas, kelistrikan, termodinamika dan model ayunan. Pada hakekatnya persamaan diferensial dapat membantu memecahkan permasalahan fisika, sehingga materi persamaan diferensial ini perlu dikembangkan dengan mengkompilasi dari berbagai sumber. Seperti penelitian Murdiyanto, (2016) yang mengembangkan bahan ajar kompilasi persamaan diferensial elementer yang berupa RPKPS, handout, power point, dan contoh soal serta pembahasannya.

Persamaan differensial adalah persamaan yang memuat turunan suatu fungsi atau diferensial suatu variabel (Arjudin, 2005). Sedangkan menurut Lestari (2013) Persamaan diferensial adalah suatu bentuk persamaan yang memuat derivatif (turunan) satu atau lebih variabel tak bebas terhadap satu atau

lebih variabel bebas suatu fungsi. Persamaan diferensial sangat penting di dalam matematika untuk rekayasa sebab banyak hukum dan hubungan fisik muncul secara matematis dalam bentuk persamaan diferensial. Persamaan diferensial (disingkat PD) diklasifikasikan dalam dua kelas yaitu biasa dan parsial. Persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*) disingkat PDB adalah suatu persamaan diferensial yang hanya mempunyai satu variabel bebas. Sedangkan persamaan diferensial parsial (disingkat PDP) adalah suatu persamaan diferensial yang mempunyai dua atau lebih variabel bebas.

Begitu pentingnya aplikasi persamaan diferensial. Oleh sebab itu, pada pembelajaran fisika matematika perlu dikembangkan bahan ajar fisika matematika pokok bahasan persamaan diferensial yang dapat meningkatkan penalaran matematis mahasiswa, karena dengan penalaran matematis ini akan membantu mahasiswa dalam menyimpulkan dan membuktikan suatu pernyataan, membangun gagasan baru, sampai pada menyelesaikan masalah-masalah dalam fisika dengan menggunakan torema matematika. Seperti yang diungkapkan Amilia, *et.al.*, (2016) menyatakan bahwa fisika matematika merupakan mata kuliah yang menuntut mahasiswa untuk dapat menganalisis berbagai persoalan fisika dengan penguasaan konsep matematis. Konsep yang muncul disetiap bidang ilmu pasti merupakan hasil dari suatu proses penalaran, terlebih dalam mata kuliah fisika matematika II. Penalaran matematika adalah penalaran mengenai objek matematika. Objek matematika dalam hal ini adalah cabang-cabang matematika yang dipelajari seperti statistika, aljabar, geometri, dan sebagainya. Suharnan (2005), mengungkapkan bahwa penalaran disebut juga sebagai jalan pikiran. Menurut NCTM (2000), dalam Septian (2014) mengungkapkan dalam

bukunya *Principle and Standards for School Mathematics*, standar penalaran matematis meliputi: penalaran dipandang sebagai aspek dasar matematika, membuat dan menyelidiki dugaan matematik, mengembangkan dan melakukan evaluasi argumen matematik, serta menggunakan berbagai tipe penalaran.

Melihat paparan tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan dalam mengembangkan bahan ajar adalah dengan mengkompilasi. Menurut Paulina dan Purwanto (2005), dalam Murdiyanto (2016) mengkompilasi adalah mengumpulkan seluruh bahan atau materi pelajaran yang diambil dari buku teks, jurnal ilmiah, artikel, dan lain-lain. Proses penataan informasi (kompilasi) bahan ajar dapat dikumpulkan dari berbagai sumber informasi, baik dari penelitian sendiri atau ditulis sendiri dan digabungkan dengan informasi-informasi yang telah ada.

Pengembangan bahan ajar fisika matematika telah banyak dilakukan oleh para peneliti, diantaranya penelitian pengembangan bahan ajar fisika matematika *Berbasis Self Regulated Learning* sebagai upaya meningkatkan kemampuan belajar mandiri oleh Ellianawati dan Wahyui (2012) dan hasilnya bahan ajar yang dihasilkan berkategori baik. Penelitian yang terkait dengan matakuliah fisika matematika, juga dilakukan oleh Fatmaryanti (2014) dan hasilnya bahwa metode brainstorming dan tutor sebaya dapat meningkatkan aktivitas dan hasil belajar fisika matematika I. Amilia, *et.al.*, (2016) juga melakukan penelitian pengembangan bahan ajar cetak matakuliah fisika matematika pokok bahasan bilangan kompleks dan menghasilkan bahan ajar cetak fisika matematika pokok bahasan bilangan kompleks yang dikategorikan valid dan layak.

Bertitik tolak dari paparan tersebut dan pemikiran untuk meningkatkan penalaran matematis mahasiswa dan memudahkan dosen

untuk mengajar dikelas maka peneliti terdorong untuk melakukan penelitian pengembangan. Hasil pengembangan bahan ajar berupa: modul ajar kompilasi fisika matematika II pada pokok bahasan persamaan diferensial dan aplikasinya. Modul ajar yang dimaksud dalam penelitian ini, adalah buku dalam bentuk modul-modul terpisah sesuai dengan pokok bahasan, disusun berdasarkan rancangan pembelajaran, dan disebarluaskan pada peserta kuliah. Modul merupakan bahan ajar yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Fisika FKIP Universitas Mataram. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa pendidikan fisika yang menempuh mata kuliah fisika matematika II semester genap 2016/2017. Penelitian ini termasuk jenis penelitian pengembangan pendidikan (*Educational Research and Development*). Model yang digunakan, adalah model 4-D (*define, design, develop, disseminate*). Penelitian jenis ini digunakan untuk menghasilkan bahan ajar atau seperangkat dengan tujuan tertentu (Gunada, *et.al.*, 2015; Habibi & Herayanti, 2016). Produk penelitian ini adalah bahan ajar kompilasi fisika matematika II pokok bahasan persamaan diferensial. Bahan ajar yang dikembangkan berupa modul ajar. Tahap pengembangan meliputi: tahap *define*, tahap *design*, tahap *develop*, dan tahap *disseminate*.

Pada tahap *define* (penetapan) dilakukan studi pendahuluan yang terdiri dari analisis kurikulum program studi pendidikan fisika, analisis materi, analisis karakteristik peserta didik (mahasiswa) dan analisis capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK). Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk melihat gambaran kondisi di lapangan yang berkaitan

dengan proses pembelajaran fisika matematika pada pokok bahasan persamaan diferensial. Proses yang dilakukan antara lain: (1) menganalisis silabus mata kuliah Fisika Matematika II, (2) menganalisis buku-buku ajar yang berisi materi persamaan diferensial, untuk melihat kesesuaian isi buku dengan *learning outcomes* yang harus dicapai mahasiswa, (3) Mereview literatur yang terkait dengan pengembangan bahan ajar kompilasi.

Tahap *design* (perancangan) dilakukan untuk menetapkan format modul ajar yang sesuai dengan standar, sehingga menghasilkan draf modul. Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan adalah merancang modul ajar. Produk yang dihasilkan pada tahap ini adalah modul ajar fisika matematika II pokok bahasan persamaan diferensial dan aplikasinya.

Tahap selanjutnya, tahap *develop* (pengembangan). Pada tahap ini meliputi: (1) validasi modul untuk mengetahui kelayakan modul, dan (2) menguji efektifitas modul dilihat dari aspek aktivitas mahasiswa saat menggunakan modul, respon mahasiswa, dan nilai kemampuan penalaran matematis. Tahap validasi modul dilakukan untuk memvalidasi komponen kelayakan isi, penyajian dan kebahasaan. Validasi ahli dilakukan menggunakan instrumen lembar validasi. Modul ajar yang diberikan kepada reviewer untuk dicermati. Skor hasil validasi, terhadap seluruh aspek yang dinilai dihitung skornya dan dibagi dengan skor maksimal, kemudian dicari prosentasenya. Prosentase yang hasilnya dikonfirmasi dengan kriteria yang ditetapkan pada tabel 1. Lembar angket untuk validasi ahli menggunakan skala Likert yaitu: baik sekali skor 4, baik skor 3, kurang skor 2, dan kurang sekali skor 1. Analisis kelayakan modul ajar menggunakan rentang skor sebagai berikut (Murdiyanto, 2016).

Tabel 1. Nilai Persentase Kelayakan Modul Ajar

No.	Interval	Kriteria
1.	81% - 100 %	Sangat Baik
2.	61% - 80 %	Baik
3.	41% - 60 %	Cukup
4.	21% - 40 %	Kurang Baik
5	0% - 20 %	Sangat Kurang

Tahap II, uji efektivitas modul ajar dilakukan, setelah modul yang dibuat diimplementasikan pada proses perkuliahan. Keefektifan modul ajar diukur oleh tiga indikator yaitu aktivitas mahasiswa, tes kemampuan penalaran matematis, dan respon mahasiswa. Pada uji coba ini, diamati aktivitas belajar melalui observasi, kemampuan penalaran diperoleh dari hasil tes, dan respon mahasiswa. Data aktivitas mahasiswa diperoleh dengan cara menghitung jumlah mahasiswa yang melakukan aktivitas menggunakan lembar observasi. Data tersebut dianalisis dengan teknik persentase yang dinyatakan dengan rumus $P = f/N \times 100\%$ dimana P adalah persentase aktivitas, f adalah jumlah mahasiswa beraktivitas, dan N adalah jumlah mahasiswa.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan aktivitas belajar mahasiswa, dilakukan dengan menghitung prosentase skor rata-rata (SR) tiap pertemuan. Setelah data diperoleh, dianalisis, dan dihitung prosentase skor rata-rata hasil observasi. Kemudian skor rata-rata (SR) diklasifikasikan: (a) sangat baik, jika persentase skor rata-rata (SR) lebih besar dari 85; (b) baik, jika persentase skor rata-rata (SR) lebih besar dari 70 tetapi kurang dari 85; (c) cukup baik jika persentase skor rata-rata (SR) lebih besar dari 55 tetapi kurang dari 70; (d) kurang baik jika jika persentase skor rata-rata (SR) lebih besar dari 40 tetapi kurang dari 55; (e) tidak baik, jika persentase skor rata-rata (SR) kurang dari 40 (Farman, 2017).

Tes penalaran matematis dipergunakan untuk mengetahui sejauhmana pengaruh penggunaan modul ajar persamaan

diferensial, dapat meningkatkan kemampuan penalaran matematis. Penggunaan penilaian tes penalaran matematis yang berjumlah 20 butir soal. Tes penalaran matematis terdiri atas penalaran induktif dan deduktif. Tes diberikan kepada 23 orang mahasiswa yang digunakan sebagai kelas ujicoba (kelas B). Kriteria hasil tes penalaran mahasiswa, menurut Parman (2017) dapat diklasifikasikan sebagai berikut: (a) sangat tinggi, jika pencapaian penalaran mahasiswa (PPM) lebih besar dari 85; (b) tinggi, jika PPM lebih besar dari 70 tetapi kurang dari 85; (c) sedang jika PPM lebih besar dari 55 tetapi kurang dari 70; (d) rendah jika PPM lebih besar dari 40 tetapi kurang dari 55; (e) sangat rendah, jika PPM kurang dari 40.

Angket respon mahasiswa digunakan, untuk mengukur pendapat mahasiswa terhadap modul ajar dan kegiatan pembelajaran. Angket respon terdiri dari sepuluh butir pertanyaan dan empat pilihan jawaban yaitu: sangat setuju (SS) skor 4, setuju (S) skor 3, kurang setuju (KS) skor 2, dan tidak setuju (TS) skor 1. Data hasil respon dianalisis dengan tahapan sebagai berikut: (1) merekap skor setiap mahasiswa, (2) mengkonversi skor tiap-tiap mahasiswa kedalam rentang nilai 0-100. Kemudian langkah (3) menghitung rata-rata respon seluruh responden (\bar{s}) dan (4) membuat kesimpulan. Jika yang muncul adalah menerima (respon positif) atau menolak (respon negatif). Atas dasar alasan ini, rentang nilai 0-100 hanya dibagi 2, yaitu $0 \leq \bar{s} \leq 50$ dan $51 \leq \bar{s} \leq 100$. Kriteria respon mahasiswa ditentukan dengan (a) jika rata-rata respon seluruh responden (\bar{s}) lebih besar dari 50, maka subjek ke -i memberi respon positif, (b) jika rata-rata respon seluruh responden (\bar{s}) lebih kecil dari 50, maka subjek ke -i memberi respon negatif. Indikator keberhasilan penelitian yaitu: (1) modul ajar dikatakan layak, jika prosentase nilai rata-rata dari reviewer (60%-79%) kategori baik atau (80%-

100%) kategori sangat baik; (2) modul dikatakan efektif jika, aktivitas belajar baik atau sangat baik, penalaran mahasiswa tinggi atau sangat tinggi, dan mendapat respon positif dari mahasiswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tahap Define (Pendefinisian).

Berdasarkan analisis tujuan dan karakteristik matakuliah, memperlihatkan bahwa matakuliah fisika matematika II diprogram pada semester gasal, dengan bobot 4 sks. Berdasarkan analisis sumber belajar mahasiswa diperoleh gambaran bahwa mahasiswa hanya tergantung pada buku

Mathematical Methods in the Physical Sciences. Analisis karakteristik mahasiswa, diperoleh gambaran ternyata cara belajar mahasiswa hanya mengandalkan penjelasan dari dosen, kurang melatih diri, dan tidak bisa belajar mandiri. Sasaran belajar atau capaian pembelajaran dituangkan dalam capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK). Berdasarkan hasil analisis materi dari berbagai sumber diantaranya, buku fisika dasar universitas, elektronika dasar, fisika modern, kalkulus, fisika matematika, ternyata diperoleh gambaran aplikasi materi fisika matematika II dalam fisika (Tabel 2).

Tabel 2. Sebaran Materi Mata Kuliah Fisika Matematika II dan Aplikasinya.

No	Materi	Aplikasi dalam Fisika
1	Persamaan diferensial biasa	<ul style="list-style-type: none"> • Aplikasi pada rangkaian listrik RL. • Aplikasi pada rangkaian listrik RC. • Aplikasi dalam peluruhan radioaktif. • Aplikasi dalam pertumbuhan populasi. • Aplikasi dalam Hukum Pendinginan Newton . • Aplikasinya membahas persamaan dinamika satu dimensi yang dijumpai dalam sistem partikel bermassa yang terhubung dengan pegas
2	Persamaan diferensial parsial	<ul style="list-style-type: none"> • Aplikasinya menyelesaikan persamaan gelombang. • Aplikasi dalam hubungan Maxwell dalam termodinamika.
3	Integral lipat	<ul style="list-style-type: none"> • Aplikasi untuk menghitung massa total suatu benda, jika diketahui fungsi rapat massa. • Menghitung titik pusat massa dan momen inersia dari sumbu putar suatu benda. • Aplikasi dalam listrik magnet, yaitu untuk menghitung kuat medan dan potensial pada suatu titik.
4	Deret fourier	<ul style="list-style-type: none"> • Aplikasi pada gelombang yang berfungsi untuk menentukan frekuensi dari suatu sinyal suara atau cahaya.
5	Kalkulus variasi	<ul style="list-style-type: none"> • Prinsip Hamilton memiliki peranana yang cukup penting dalam mekanika, gelombang maupun dalam teori medan.
6	Solusi deret persamaan diferensial	<ul style="list-style-type: none"> • Aplikasinya sebagai contoh kemuculan PDB Legendre dan Bessel, kita tinjau persamaan Maxwell untuk divergensi medan listrik skalar dalam vakum yang dinyatakan dalam formulasi medan skalar, dimana persamaan diferensial terkaitnya berbentuk persamaan Laplace

Berdasarkan analisis CPMK, KA, dan sebaran materi fisika matematika II, terlihat bahwa pokok bahasan persamaan diferensial biasa, paling banyak diaplikasikan dalam penyelesaian permasalahan fisika. Meskipun pokok bahasan lainnya seperti persamaan diferensial parsial, integral lipat, deret fourier,

kalkulus variasi, dan materi solusi deret persamaan diferensial, juga bermanfaat dalam fisika. Analisis CPMK, KA, dan sebaran pokok bahasan ini, yang dijadikan pertimbangan peneliti, untuk mengembangkan pokok bahasan persamaan diferensial. Kompilasi yang dimaksud, dalam hal ini

adalah mengumpulkan materi dari berbagai sumber. Modul ajar fisika matematika II pokok bahasan persamaan diferensial disusun dalam rangka untuk membantu mahasiswa dalam memahami konsep dan aplikasi matematika dasar untuk memecahkan permasalahan-permasalahan fisika. 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.

B. Tahap Design (Perancangan).

Pada tahap ini, di hasilkan draf modul ajar fisika matematika II pada pokok bahasan persamaan diferensial dan aplikasinya. Tahap penyusunan drap modul meliputi: merancang deskripsi matakuliah, petunjuk penggunaan modul, capaian pembelajaran perkuliahan (*course learning outcomes*) dan indikator pada masing-masing modul. Pada tiap modul secara umum berisi: deskripsi modul, penyajian materi, rangkuman, dan latihan soal. Modul ajar terdiri atas lima (5) modul yang tertuang dalam 74 halaman. Adapun rincian drafnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Draf Modul Ajar

I	Judul Modul Ajar :	Modul Ajar Fisika Matematika II Persamaan Diferensial dan Aplikasinya
II	Petunjuk Penggunaan Modul :	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelajari dan pahami terlebih dahulu dengan tepat capaian pembelajaran (<i>Learning Outcomes</i>) mata kuliah, kemampuan akhir (KA), dan indikator keberhasilan 2. Baca dan pelajari secara menyeluruh sistematika isi dan materi pembelajaran, rangkuman, uji kemampuan kognitif, dan latihan/tugas. 3. Peran dosen adalah memberikan bimbingan dan memotivasi aktivitas mahasiswa selama proses pembelajaran. Selanjutnya mahasiswa secara aktif dan kreatif untuk mengembangkan potensinya sehingga pengkajian terhadap setiap bagian dari isi pesan modul ajar ini bermakna dan tidak hanya pada tataran teoritis melainkan juga memberikan kemampuan memecahkan masalah fisika. 4. Dosen mengupayakan pendekatan pembelajaran mandiri yang mendorong kemandirian mahasiswa dalam mengerjakan setiap latihan/tugas sesuai tuntutan pada setiap modul.
III	Isi :	Modul I Konsep Dasar Persamaan Diferensial Modul II Persamaan Diferensial Biasa Orde I Modul III Aplikasi Persamaan Diferensial Orde I Modul IV Persamaan Diferensial Biasa Orde I Modul V Persamaan Cauchy Euler

C. Tahap Develop (Pengembangan).

Tahap ini, modul ajar yang telah dibuat kemudian diuji dengan dua tahap yaitu: uji validitas produk dan uji efektifitas produk. Uji validitas produk digunakan untuk menilai kelayakan modul. Sedangkan uji efektifitas produk dilihat dari hasil aktivitas mahasiswa, respon mahasiswa, dan hasil ujicoba modul terhadap kemampuan penalaran matematis.

Uji Validitas Produk

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 5, 6, dan 7.

Tabel 5. Tabulasi Skor Komponen Kelayakan Isi

No	Butir	Reviewer I				Reviewer II					
		Skala Skor				Skor	Skala Skor				Skor
		1	2	3	4		1	2	3	4	
I. Komponen Kelayakan Isi											
1	Menjelaskan capaian pembelajaran (<i>learning outcomes</i>) yang dicapai oleh peserta didik.			√		3			√		4
2	Menjelaskan relevansi isi modul dalam kegiatan pembelajaran.			√		3		√			3
3	Diskripsi cakupan isi modul ajar.			√		3		√			3
4	Kontribusi dari hasil penelitian atau catatan penulis.			√		3		√			3
Sub total skor kelayakan isi					12				13		
Prosentase					75,00%				81,25%		

Tabel 6. Tabulasi Skor Komponen Penyajian

No	Butir	Reviewer I				Skor	Reviewer II				Skor
		Skala Skor					Skala Skor				
		1	2	3	4	1	2	3	4		
I. I. Komponen Penyajian											
1	Konsistensi sistematika sajian modul			√		3		√			3
2	Kelogisan penyajian			√		3		√			3
3	Kejelasan contoh-contoh yang diberikan di sertai dengan strategi pemecahan masalah				√	4		√			3
4	Keruntutan Konsep			√		3		√			3
5	Koherensi			√		3		√			3
6	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi			√		3		√			3
7	Ada uraian singkat pada awal modul				√	4			√		4
8	Contoh-contoh soal dalam setiap modul				√	4			√		4
9	Daftar tetapan (konstanta) alam		√			2		√			2
10	Rujukan/sumber acuan termasa (<i>up to date</i>) untuk teks, tabel, gambar, dan lampiran			√		3		√			3
11	Keterlibatan peserta didik (Penyajian materi bersifat interaktif dan partisipatif)			√		3		√			3
12	Berpusat pada peserta didik				√	4		√			2
13	Menciptakan komunikasi interaktif			√		3		√			2
14	Kesesuaian dengan karakteristik mata kuliah				√	4		√			3
15	Kemampuan memunculkan umpan balik untuk untuk evaluasi diri (tiap modul berisi rangkuman dan latihan soal)			√		3		√			3
Sub total skor komponen penyajian					49				44		
Prosentase					81,67%				73,33%		

Tabel 7. Tabulasi Skor Komponen Kebahasaan

No	Butir	Reviewer I				Reviewer II					
		Skala Skor				Skor					
		1	2	3	4	1	2	3	4		
III. Komponen Kebahasaan											
1	Kesesuaian dengan tingkatan berpikir dan sosial-emosional peserta didik.			√		3		√		3	
2	Keterpahaman peserta didik terhadap pesan (bahasa menarik)			√		3		√		3	
3	Bahasa yang digunakan mampu merangsang peserta didik untuk mempertanyakan dan mencari jawaban wacana dalam modul (dorongan berpikir kritis).				√	4			√	4	
4	Ketepatan struktur kalimat			√		3			√	4	
5	Kebakuan istilah			√		3		√		3	
6	Kesesuaian dan ketepatan ilustrasi dengan materi			√		3		√		3	
7	Ketertautan antara bab/ sub-bab/ alinea				√	4			√	4	
8	Konsistensi penggunaan istilah				√	4			√	4	
9	Konsistensi penggunaan tanda/lambang			√		3			√	3	
10	Konsistensi penulisan kutipan, rujukan, daftar pustaka/rujukan, keterangan gambar, keterangan tabel.			√		3		√		3	
Sub total skor kebahasaan					33					34	
Prosentase					82,50%					85%	
					Skor Total I,II,II					94	91
					Skor maksimum					116	116
					Prosentase					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 sebagai berikut.

Prosentase penilaian reviewer I 81,03% dan reviewer II 78,45%. Kemudian kedua prosentase tersebut diperoleh prosentase rata-rata menjadi 79,74%. Hal ini menunjukkan bahwa dari segi kelayakan, modul ajar dikategorikan baik dan layak digunakan. Selain itu, reviewer I dan reviewer II, juga memberikan catatan-catatan atau masukan-masukan terkait dengan modul ajar yang telah dibuat. Masukan-masukan tersebut pada nantinya digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan/revisi sehingga modul menjadi lebih baik. Adapun catatan-catatan/masukan-masukan yang diberikan oleh reviewer dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Catatan-Catatan Terhadap Modul Ajar

Komponen	Catatan
Kelayakan Isi	<ul style="list-style-type: none"> • Deskripsi isi pada masing-masing bab, dibuat lebih jelas dan menyajikan isi bab secara keseluruhan. • Pada modul III dan V, indikator tidak sesuai dengan instrumen tes pada latihan soal. • Pada modul V hanya terdapat dua indikator, seharusnya lebih dari dua (tiga atau empat). • Latihan soal tidak disertai kunci jawaban.

Komponen	Catatan
Penyajian	<ul style="list-style-type: none"> • Cover depan modul ajar kurang menarik. • Rujukan untuk sumber gambar belum ada. • Referensinya kurang, terutama berasal dari hasil penelitian dan artikel ilmiah. • Font untuk penulisan rumus tidak sama. • Spasinya perlu di tata agar tampilannya menarik.
Kebahasaan	<ul style="list-style-type: none"> • Bahasa yang digunakan kurang mampu merangsang mahasiswa untuk mempertanyakan dan mencari jawaban sendiri. • Pada beberapa modul, struktur kalimat kurang teratur.

Berdasarkan catatan-catatan tersebut di atas dan tahap selanjutnya modul yang telah dibuat direvisi, sesuai dengan masukan atau catatan-catatan yang diberikan oleh reveiwer. Setelah direvisi, modul ajar diujicoba pada kelas B sebagai kelas ujicoba.

Implementasi (Uji Efektivitas Produk)

Setelah tahap validasi, kemudian direvisi dan selanjutnya diujicobakan. Proses ujicoba yang diamati dampak aktivitas, respon

dan kemampuan penalaran matematis mahasiswa. Kemudian setelah itu hasilnya baru dianalisis.

Aktivitas Mahasiswa

Hasil aktivitas mahasiswa selama proses pembelajaran disajikan dalam Tabel 9. Aktivitas mahasiswa dihitung, berdasarkan jumlah mahasiswa yang melakukan kegiatan, dari total jumlah mahasiswa pada kelas ujicoba sebanyak 23 orang.

Tabel 9. Aktivitas Mahasiswa

Aspek Aktivitas	Indikator	Pertemuan Ke					Rata-rata	Prosentase
		I	II	III	IV	V		
Visual	Membaca modul ajar	17	16	16	20	21	18,0	78,26 %
	Mengamati dan mendengarkan penjelasan dosen	17	16	17	18	17	17,0	73,91%
Menulis	Mengerjakan tugas secara mandiri	18	18	19	20	20	19,0	82,61%
	Mencatat hal-hal penting dari dosen	16	16	15	15	14	15,2	66,09%
Emosional	Minat mengikuti perkuliahan	17	19	19	19	20	18,8	81,74%
	Berusaha memahami materi perkuliahan	14	15	15	15	16	15,0	65,22%
Lisan	Berdiskusi	18	19	18	19	21	19,0	82,61%
	Bertanya/mengkomunikasikan pendapat.	13	14	13	14	13	13,4	58,26%
Jumlah prosentase aktivitas mahasiswa							16,93	73,59 %

Berdasarkan tabel di atas, aspek aktivitas yang diamati, meliputi aspek aktivitas visual, menulis, emosional, dan aktivitas lisan. Aktivitas tersebut diamati, dari lima kali pertemuan perkuliahan. Berdasarkan observasi, terlihat bahwa prosentase skor rata-rata (SR) aktivitas mahasiswa yang membaca modul ajar sebesar 78,26%, prosentase skor mahasiswa mengikuti perkuliahan 81,74% dan prosentase skor rata-rata (SR) mahasiswa berusaha memahami materi perkuliahan 65,22%. Pada aspek kegiatan lisan yaitu prosentase skor rata-rata (SR) aktivitas mahasiswa berdiskusi terlihat sebesar 82,61%, dan prosentase skor rata-rata (SR) aktivitas

rata-rata (SR) aktivitas mahasiswa yang mendengarkan penjelasan dosen selama perkuliahan sebesar 73,91%, prosentase skor rata-rata (SR) aktivitas mahasiswa mengerjakan tugas secara mandiri 82,61%, dan prosentase skor rata-rata (SR) mencatat penjelasan dosen sebesar 66,09%. Sedangkan prosentase skor rata-rata (SR) minat bertanya atau mengkomunikasikan pendapat sebesar 58,26%.

Secara keseluruhan prosentase skor rata-rata (SR) aktivitas rata-rata mahasiswa yang terlihat selama proses pembelajaran setelah menggunakan modul ajar kompilasi fisika matematika II pada pokok bahasan persamaan

diferensial sebesar 73,59%, termasuk kategori baik. Hal ini dapat disimpulkan bahwa aktivitas mahasiswa yang belajar dengan menggunakan modul ajar persamaan diferensial dan aplikasinya, dapat mendukung proses perkuliahan.

Respon Mahasiswa

Untuk mengetahui respon mahasiswa terhadap penggunaan modul dalam proses pembelajaran menggunakan angket. Angket respon ini diberikan pada mahasiswa setelah mengikuti proses pembelajaran dengan menggunakan modul ajar fisika matematika II pokok bahasan persamaan diferensial. Berdasarkan data respon mahasiswa diperoleh, sebanyak 86,96 % (20 orang) menyatakan setuju dan 13,04% (3) sangat setuju. Hal ini menunjukkan bahwa modul kompilasi persamaan diferensial sangat berguna. Kemudian dilihat dari respon mahasiswa pada saat penggunaan modul kompilasi dalam perkuliahan, dan aplikasi persamaan diferensial yang terdapat dalam modul, sebanyak 86,96 % (20 orang) memberikan respon setuju dan 8,69% (2 orang) memberikan respon sangat setuju, dan hanya 4,35% (1 orang) yang menjawab kurang setuju. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan modul ajar dan aplikasi materi yang terdapat di dalam modul dapat membantu mahasiswa menyelesaikan permasalahan fisika. Selain itu, sebanyak 91,30% (21 orang) mahasiswa menyatakan bahwa penggunaan modul ajar dapat meningkatkan kemampuan penalaran dan hanya 8,70% atau 2 responden menyatakan tidak setuju.

Secara keseluruhan, hasil respon dari 23 mahasiswa diperoleh skor rata-rata (\bar{s}) = 28,09, kemudian skor rata-rata tersebut dikonversi menjadi rata-rata nilai respon (\bar{s}) menjadi 70,23. Kriteria respon mahasiswa ditentukan dengan (a) jika rata-rata respon seluruh responden (\bar{s}) lebih besar dari 50,

maka subjek ke –i memberi respon positif, (b) jika rata-rata respon seluruh responden (\bar{s}) lebih kecil dari 50, maka subjek ke –i memberi respon negatif. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata respon (\bar{s}) sebesar 70,23 lebih besar dari 50, hal ini berarti mahasiswa memberi respon positif. Sehingga dapat disimpulkan bahwa respon mahasiswa terhadap penggunaan modul ajar fisika matematika II pada pokok bahasan persamaan diferensial, memberikan respon positif.

Kemampuan Penalaran Matematis

Dampak terhadap kemampuan penalaran matematis dilihat dari hasil tes. Hasil tes diperoleh nilai rata-rata 70,87. Kriteria hasil tes penalaran mahasiswa, jika diklasifikasikan ternyata pencapaian penalaran mahasiswa (PPM) lebih besar dari 70 tetapi kurang dari 85. Hal ini dapat dikatakan kemampuan penalaran matematis mahasiswa dikategorikan tinggi. Dilihat dari indikator keefektifannya yaitu, aktivitas, respon, dan kemampuan penalaran mahasiswa dapat disimpulkan bahwa modul ajar fisika matematika pokok bahasan persamaan diferensial dapat dikatakan efektif.

D. Tahap Disseminate (Pengembangan).

Pada tahap ini merupakan tahap penggunaan bahan yang telah dikembangkan pada skala yang lebih luas. Tahap disseminate tidak dilakukan, tahap ini akan dilakukan pada penelitian tahun berikutnya atau sebagai penelitian lanjutan.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa modul ajar kompilasi fisika matematika II pokok bahasan persamaan diferensial dikategorikan baik dan layak digunakan, ditinjau dari segi kelayakan isi, penyajian, dan kebahasaan. Aktivitas mahasiswa dikategorikan baik,

kemampuan penalaran matematis tinggi, dan respon mahasiswa positif terhadap modul ajar kompilasi yang telah dikembangkan. Hal ini menunjukkan bahwa modul ajar yang telah dikembangkan efektif ditinjau dari aktivitas, kemampuan penalaran matematis, dan respon mahasiswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Mataram, lewat dan penelitian PNPB tahun 2017.

REFERENSI

- Arjudin. 2005. *Persamaan Diferensial*. Program Studi Pendidikan Matematika Jurusan PMIPA FKIP Universitas Mataram.
- Amilia, T. N., Andriani, N., Zulherman. 2016. Pengembangan Bahan Ajar Cetak Mata Kuliah Fisika Matematika Pokok Bahasan Bilangan Kompleks di Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Sriwijaya. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran.Fisika*. Dari://ejournal.unsr i.ac.id/index.php/jipf/article/view/3851.
- 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.
- Farman. 2017. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Dengan Pendekatan Problem Posing Untuk Meningkatkan Kemampuan Penalaran Pada Materi Lingkaran Siswa Kelas VII . *Prosiding. Seminar Nasional IKA IKIP Mataram Epistimologi Perkembangan Kurikulum Pendidikan di Indonesia* (494-513).
- Fatmaryanti, D.,S. 2014. PeningkatanAktivitas dan Hasil Belajar Fisika Matematika I Dengan Metode Brainstorming dan Tutor Teman Sebaya, *JRKPF*, 1(1).
- Gunada, I. W., Sahidu, H., Sutrio. 2015. Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Sikap Ilmiah Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 1(1), 38-46.
- Habibi, & Herayanti, L., 2016. Pengembangan Buku Ajar Fisika Dasar I Berbasis Self Regulated Learning Sebagai Upaya Memotivasi Mahasiswa Untuk Belajar Mandiri. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 2(4), 154-158.
- Lestari, D. 2013. *Diktat Persamaan Diferensial*. Jurusan Pendidikan Matematika Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta
- Murdiyanto, T. 2016. Pengembangan Bahan Perkuliahan Kompilasi Mata Kuliah Persamaan Diferensial Elementer Prodi Pendidikan Matematika. *Prosiding. Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya (KNMPPI) Universitas Muhammadiyah Surakarta*. 12 Maret 2016.
- Nuraeni, Z. 2017. Aplikasi Persamaan Diferensial dalam Estimasi Jumlah Populasi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 5(1), 9-16.
- Young, H. D., & Freedman, R. A., Sadin, T. R., Ford, A. L. 2003. *Fisika Universitas*. Terjemahan Pantur Silaban. Jakarta: Erlangga.
- Septian, A. 2014. Pengaruh Kemampuan prasyarat Terhadap Kemampuan Penalaran Matematis Mahasiswa dalam Matakuliah Analisis Real. *Jurnal Kajian Pendidikan*. 4(2), 179-188.
- Suharnan.2005. *Psikologi Kognitif*. Surabaya: Penerbit Srikandi.
- Wahyudi. 2015. Analisi Hasil Belajar Mahasiswa Pada Pokok Bahasan Hukum Ohm dan Kirchoff dalam Matakuliah Elektronika Dasar I. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*. 1(2), 129-134.