Kasuari: Physics Education Journal 7(1) (2024) 216-228
P-ISSN: 2615-2681
E-ISSN: 2615-2673

Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)
Universitas Papua
Web: http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej

The Learning Revolution: Investigating the Use of Technology to Explore Mathematical Physics Learning

Hestiningtyas Yuli Pratiwi[1*], Sujito[2], Sunardi[3], Muhammad Sayyadi[4]
[1, 4]Pendidikan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Kanjuruhan Malang
[2]Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang
[3]Dinas Pendidikan Kota Bandung
*Corresponding author: hesti@unikama.ac.id

Abstract: *This research aims to describe how future physics teachers study mathematical physics. Physics students must master the existing material in Mathematical Physics mathematics well, thoroughly, and collaboratively. Data collection is done with lifts, interviews, and observations. Research results show that the learning process needs to be more contextual, less applicative, and highly dominant in mathematics; less attractive teaching materials and lectures are not designed to equip students with the skills of the 21st century. Learning does not use technology to help students solve physical problems. It causes students difficulty learning mathematical methods in physics. In fact, in learning mathematical physics, students must master the concepts related to mathematics tools and their applications. The ability to mathematically solve problems of physical phenomena and give meaning to mathematical models is built into critical aspects of learning. The solution that can be applied is to apply technology using software applications like Maple.*

Keywords*: Mathematical physics, phenomenon physics, pre-service physics teacher, technology*

Revolusi Pembelajaran: Investigasi Pemanfaatan Teknologi untuk Mengexplorasi Pembelajaran Fisika Matematika

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan bagaimana calon guru fisika belajar fisika matematika. Mahasiswa fisika harus menguasai materi yang ada dalam matakuliah Fisika Matematika dengan baik, menyeluruh dan kolaboratif. Pengumpulan data dilakukan dengan angket, wawancara, dan observasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembelajaran tidak kontekstual; kurang aplikatif dan sangat dominan matematika; materi ajar kurang menarik; dan kuliah belum dirancang untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan abad 21. Pembelajaran tidak menggunakan teknologi untuk membantu mahasiswa menyelesaikan permasalahan fisika. Hal ini menyebabkan mahasiswa kesulitan mempelajari metode-metode matematika dalam fisika. Padahal, dalam pembelajaran fisika matematika, mahasiswa harus menguasai konsep-konsep terkait *tools* matematika dengan aplikasinya. Kemampuan menyelesaikan masalah fenomena fisika secara matematis dan memberi makna model matematika yang dibangun menjadi aspek kritis dalam pembelajaran. Solusi yang bisa diterapkan adalah mengaplikasikan teknologi dengan menggunakan software aplikasi seperti Maple.

Kata kunci: Calon guru fisika, fenomena fisika, fisika matematika, teknologi

PENDAHULUAN

Pembelajaran merupakan upaya memperoleh pengetahuan dan pemahaman melalui serangkaian kegiatan yang melibatkan berbagai unsur. Belajar fisika pada hakekatnya mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, analitis, induktif, deduktif, dan dengan bantuan matematika memecahkan masalah yang berkaitan dengan peristiwa alam dan mengembangkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap percaya diri (Dewey, 1993;

Moseley et al., 2005). Untuk mempelajari fisika diperlukan matematika sebagai *tools* untuk mempelajari fenomena fisika yang terjadi (Kjeldsen & Lützen, 2015). Matakuliah Fisika Matematika mempelajari aplikasi dari matematika untuk memecahkan masalah yang terkait dengan fisika, dan mengembangkan metode matematika yang cocok untuk penerapan dan perumusan teori fisika (Treagust et al., 2017). Kebutuhan terhadap Matakuliah ini diperlukan sebagai upaya untuk membekali mahasiswa mempelajari mata kuliah fisika tingkat lanjut karena banyak analisis fenomena fisika yang memerlukan representasi matematis. *Tools* matematika diperlukan untuk mempelajari fenomena fisika yang memudahkan mahasiswa menganalisis fenomena atau peristiwa alam. Fenomena fisika dapat mempermudah analisis dengan metode perhitungan yang dipelajari.

Merujuk pada Forum NSTA merekomendasikan bahwa guru harus memiliki pemahaman yang mendalam tentang fenomena fisika secara kontekstual. Sementara, konsepnya harus dibangun berdasarkan praktik dan rekayasa ilmiah, konsep lintas sektoral, dan gagasan inti dalam kaidah ilmiah (Ramadhani et al., 2021). Meskipun pelaksanaan pembelajaran Fisika Matematika belum mampu berjalan dengan baik, banyak ditemukan kasus yaitu mahasiswa calon guru Fisika lebih sering menggunakan strategi pemecahan masalah yang berorientasi pada solusi, daripada mengembangkan pemahaman yang kuat tentang prinsip dan konsep fisika. Banyak ide dan penelitian yang membahas tentang peran utama Matematika dalam memahami fenomena fisika. Matematika mempunyai hubungan yang istimewa dengan Fisika dalam rangka mempelajari, memahami dan memecahkan permasalahan fenomena riil (Branchetti et al., 2019; Palmgren & Rasa, 2022). Interkoneksi antara Fisika dan Matematika dalam suatu fenomena riil adalah kenyataan yang tidak dapat dihindari (Dachraoui et al., 2023). Hal tersebut diselidiki dengan mengajukan beberapa pertanyaan secara intensif. Setiap permasalahan yang diangkat digunakan untuk memperluas pemahaman terhadap pokok bahasan yang mendorong mahasiswa untuk melihat lebih dekat dari sudut pandang yang berbeda dan memperkuat konsepnya.

Pendidik yang mempunyai kompeten adalah yang menguasai konsep, mempunyai kemampuan pedagogi, dan teknologi untuk membelajarkan konten supaya mahasiswa mudah memahami. Guru dalam proses pembelajaran yang melibatkan komponen pengetahuan terkait dengan teknologi, pedagogi dan konten. Kerangka kerja ini sesuai dengan tuntutan perkembangan konsep pendidikan di era 4.0 (Williams, 2018). Khusus bagi pendidik fisika, kompetensi calon guru dapat dikembangkan melalui pembelajaran yang mendukung konsep fisika dan pedagogi. Hal ini dikarenakan kemampuan matematis dapat ditransfer dan digunakan untuk memecahkan masalah (Hill & Sharma, 2015; Mason & Singh, 2016). Faktor yang paling dominan terhadap keberhasilan pembelajaran fisika adalah kemampuan berpikir logis matematis (Kneubil & Robilotta, 2015). Hal ini menunjukkan penguasaan konsep fisika dapat dicapai dengan keterampilan berpikir. Misalnya interpretasi variabel dan penalaran proporsional dalam Fisika. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kemampuan berpikir matematis secara langsung. Kuo et al menyimpulkan bahwa berpikir logis sangat mempengaruhi kinerja mahasiswa dalam sains dan kemampuan memecahkan masalah Fisika (Kuo et al., 2017). Hal ini dimaksudkan untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan abad 21 yaitu berpikir kreatif, berpikir kritis, kolaboratif, dan komunikasi. Mahasiswa harus mempunyai kemampuan dalam rangka menghadapi tuntutan zaman yang berubah-ubah semakin tidak menentu (era disruptif).

Selain itu, salah satu indikator kualitas lulusan adalah kualitas perkuliahan yang didukung oleh hasil pembelajaran dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (ICT) (Akmar et al., 2020). Kompetensi keluaran harus didukung dengan

pembelajaran yang memperkuat produktivitas dan kreativitas mahasiswa melalui keterampilan berpikir kritis dan komunikasi (Gosper & Ifenthaler, 2014; Mota et al., 2019). Dalam melaksanakan proses pembelajaran, mata pelajaran utama perlu dibingkai oleh hasil belajar yang inovatif (Young et al., 2019). Dengan demikian, Guru menggunakan model pembelajaran sederhana dengan melibatkan teknologi. Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di abad ke-21 menimbulkan tantangan baru dalam dunia pendidikan (Gifford & Finkelstein, 2020; Hu et al., 2019). Selain itu, penelitian juga dilakukan untuk menemukan solusi atau cara efektif untuk menyelesaikan masalah fisika.

Pembelajaran mengalami pergeseran baik karakteristik maupun model pembelajaran dengan mengembangkan kurikulum yang menghasilkan manusia yang kreatif, inovatif, produktif, dan efektif. Inovasi dalam pembelajaran disesuaikan dengan tuntutan perubahan pendidikan di era milenial dalam menyongsong era revolusi industri 5.0. Disisi lain, penting adanya suatu kajian yang menekankan tentang eksplorasi cara-cara menyelesaikan masalah menggunakan bantuan teknologi agar mahasiswa calon guru fisika mampu menggunakan bahasa matematika menjadi lebih bermakna. Karena itu, penelitian mengangkat tema untuk mendeskripsikan proses metode matematika pada perkuliahan fisika dan mencari peluang pengembangan program perkuliahan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah calon guru fisika. Keunggulan penelitian ini adalah 1) mengukur keterlaksanaan metode matematika pada proses perkuliahan fisika, 2) lebih tanggap terhadap lingkungan belajar ketika berinteraksi dengan mahasiswa, rekan kerja, dan masyarakat, 3) hasilnya dapat dijadikan sebagai acuan evaluasi dosen dalam melaksanakan pembelajaran.

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah dalam penelitian ini merujuk pada langkah yang dikemukakan oleh Creswell & Creswell (2017). Langkah tersebut adalah: 1) pra pelaksanaan studi lapangan. Tahap ini menyangkut persiapan dan penentuan subjek. Persiapan instrumen meliputi angket, panduan observasi, panduan wawancara, dan panduan analisis dokumen. Analisis dokumen dilakukan dengan menanyakan kepada dosen mengenai kurikulum, rencana pembelajaran, tugas, instrumen penilaian, dan hasil tes. 2) Tahap observasi di lapangan. Tahapan ini dilakukan dengan mengamati proses perkuliahan di kelas, memberikan angket kepada mahasiswa, mewawancarai dosen, mewawancarai mahasiswa, dan menganalisis dokumen. 3) Tahap terakhir adalah pengembangan teori untuk mendapatkan rencana pembelajaran berdasarkan data yang diperoleh.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif. Teknik pengumpulan data adalah studi dokumentasi, angket, wawancara, dan observasi. Penggunaan metode ini karena peneliti ingin terjun langsung ke objek sasaran sehingga peneliti dapat menemukan permasalahan dengan jelas. Observasi perkuliahan Fisika Matematika difokuskan pada: 1) mengamati proses pelaksanaan pembelajaran bagi calon guru fisika, 2) mengumpulkan data melalui angket untuk mendapatkan respon mahasiswa, 3) menganalisis dokumen kurikulum dan rencana pembelajaran, 4) pengumpulan data melalui dokumentasi mengenai instrumen penilaian dan hasil penilaian. Selain itu, teknik ini digunakan untuk mendeskripsikan proses penerapan metode Matematika pada perkuliahan Fisika di salah satu universitas di Malang. Sampel diperoleh dengan cara *purposive sampling*. Kuesioner dibagikan kepada mahasiswa yang telah mengambil mata kuliah Matematika Fisika yaitu angkatan ke-3 dan ke-4 yang belum lulus. Mahasiswa yang mengisi angket sebanyak 94 (87,85%).

Pengumpulan data dilakukan melalui non tes berupa: 1) Angket yang diberikan kepada mahasiswa untuk diisi, 2) Observasi dimaksudkan untuk memotret implementasi metode matematika pada perkuliahan fisika, 3). Wawancara dilakukan pada dosen dan mahasiswa untuk mengetahui kesiapan mahasiswa dan kesulitan dosen. Wawancara dilakukan terhadap mahasiswa tingkat 3 dan 4 yang telah mengikuti mata kuliah tersebut. 4) Analisis dokumen. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui keselarasan antara perencanaan program dan pelaksanaan pembelajaran di kelas (Almalki, 2016). Selain itu, analisis dokumen dimaksudkan untuk mengecek silang hasil wawancara dan kuesioner yang diisi mahasiswa.

Analisis data dilakukan dengan membedakan jenis data: 1) Analisis data yang diperoleh dari hasil kuesioner dilakukan secara kuantitatif dengan menghitung jumlah frekuensi kategori skala likert setiap item (Marton & Pong, 2017), 2). Analisis data hasil observasi dan wawancara dilakukan secara deskriptif (Docktor & Mestre, 2014; Walsh et al., 2019), 3). Data penelitian ditabulasikan ke dalam tabulasi temuan penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Fisika Matematika

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sujito et al. (2021a) menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kendala dalam menyelesaikan masalah Fisika Matematika. Penyebab dari permasalahan tersebut dapat dipahami bahwa adanya kesenjangan waktu yang cukup berarti dalam mempelajari materi. Oleh karena itu, Metode Matematika pada mata kuliah Fisika dibagi menjadi dua, yaitu metode matematika pada mata kuliah fisika I dengan 4 SKS dan kode mata kuliah PFIS6006, dan Metode matematika pada mata kuliah fisika II dengan 4 SKS dan kode mata kuliah PFIS6007. Profil perkuliahan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Fisika Matematika

Aspek	Deskripsi
Learning outcomes	Fisika Matematika I Menguasai konsep-konsep esensial persamaan diferensial biasa, integral ganda, analisis vektor, kalkulus variasi, dan deret tak hingga serta menerapkannya untuk menyelesaikan permasalahan matematika atau fisika serta komputasi yang berkaitan dengannya secara tepat, sistematis, mandiri, bertanggung jawab, serta memanfaatkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Fisika Matematika II Menguasai konsep esensial deret Fourier, fungsi khusus I (gamma, beta, dll), fungsi khusus II (Legendre, Bessel, dll), Persamaan Diferensial Parsial, dan Transformasi Integral serta mampu menerapkannya dalam menyelesaikan permasalahan matematika atau fisika terkait secara tepat, sistematis, mandiri, bertanggung jawab, dan memanfaatkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
Materi	Fisika Matematika I Persamaan Diferensial Biasa: PD dengan variabel terpisah, PD linier orde pertama, PD eksak, PD linier orde kedua homogen; Integral Ganda: Integral ganda, integral rangkap tiga, variabel berubah; Analisis Vektor: Aljabar vektor, diferensiasi vektor, operator (gradien, divergensi, rotasi), integral garis, teorema Green, teorema divergensi, teorema Stokes; Deret Tak Terbatas: Deret geometri dan deret bilangan tak hingga lainnya, konvergensi, deret pangkat; kalkulus variasi. Fisika Matematika II

Aspek	Deskripsi
	Deret Fourier: fungsi periodik, nilai rata-rata, deret Fourier sin-cos, deret Fourier kompleks. Fungsi Khusus I: Fungsi gamma, rumus aproksimasi Stirling, fungsi Beta, fungsi kesalahan. Penyelesaian Persamaan Diferensial menggunakan metode deret pangkat, metode Frobenius. Fungsi Khusus: Polinomial Legendre, Fungsi Bessel, Polinomial Laquerre, Polinomial Hermite. Persamaan Diferensial Parsial: Penerapan metode pemisahan variabel pada persamaan Laplace, persamaan gelombang. Transformasi Integral: Transformasi Laplace, Transformasi Fourier.
Metode	Ceramah, Diskusi, Penugasan dan Presentasi
Media	PowerPoint (PPT)
Tugas	Menulis makalah, buku catatan & presentasi
Penilaian	Proyek, Presentasi, dan test

Fisika Matematika merupakan mata kuliah yang wajib ditempuh oleh mahasiswa terdiri dari 4 SKS. Pembelajaran diarahkan pada pencapaian capaian pembelajaran pada Prodi Pendidikan Fisika yang dituangkan dalam Standar Capaian Belajar Lulusan, yaitu mampu menyelesaikan permasalahan fisika dengan menerapkan metode matematika dan komputasi. Hal ini diwujudkan dalam hasil belajar yaitu menguasai konsep esensial transformasi deret dan Fourier, kalkulus variasi, fungsi khusus, dan penyelesaian persamaan diferensial secara deret; dan menerapkan untuk memecahkan masalah matematika dan fisika yang berkaitan secara tepat, sistematis, mandiri, bertanggung jawab, dan memanfaatkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Perkuliahan Metode Matematika Fisika Universitas Negeri Malang terdiri dari 3 kelas. Mata kuliah ini diampu oleh dua orang dosen. Dosen SJ mengajar kelas A. Dosen SL mengajar kelas B. Pelaksanaan proses perkuliahan disusun secara berkesinambungan, jelas dan terarah sesuai dengan rencana pembelajaran. Bahan ajar yang digunakan juga disepakati bersama, namun improvisasi dan jalannya pembelajaran di kelas tergantung pada masing-masing dosen. Pada saat ini kemampuan pedagogik dan konten yang dimiliki dosen memegang peranan penting. Pelaksanaan perkuliahan yang dilakukan secara paralel tidak harus menunggu kelas lain.

Menurut RPS, metode yang digunakan dalam mengajar adalah *problem-based learning* yang dipadu dengan diskusi dan proyek sebagai hasil akhir. Sarana yang digunakan bisa dengan *offline* (luring) atau bisa juga dengan *online* (luring). Alur yang digunakan adalah brainstorming, teori, diskusi kelompok, presentasi, penguatan, dan ujian formatif. Dosen menyampaikan materi di depan kelas dengan menggunakan media *Microsoft Powerpoint*. Kemudian meminta kelompok dalam kelompok kecil yang terdiri dari 3-4 orang. Mahasiswa mempresentasikan hasilnya di depan kelas. Usai penyampaian materi, dilakukan diskusi kelas melalui pertanyaan-pertanyaan yang kurang dipahami atau memberikan masukan kepada pemateri. Pada kesempatan ini pertanyaan dibatasi karena akan ada review dari dosen mengenai tugas yang diberikan.

Tujuan diskusi kelas adalah mendiskusikan pertanyaan-pertanyaan yang telah disiapkan oleh dosen. Setiap kelompok menerima satu soal yang sama dan tingkat kesulitan yang sama. Kendala yang dihadapi adalah diskusi didominasi oleh presenter dan berlangsung singkat. Hal ini dikarenakan setiap pertemuan terdapat 2-3 orang pemateri. Keterbatasan waktu menyebabkan mahasiswa mempunyai kapasitas yang terbatas dalam membangun pengetahuan. Selain itu bobot penilaian pada kegiatan diskusi mencapai 15%, namun hal tersebut tidak menjadi highlight dalam perkuliahan. Kegiatan diskusi sebenarnya sangat penting dalam proses membangun pengetahuan.

Kesempatan membangun pengetahuan melalui kegiatan diskusi akan berpotensi terjadinya miskonsepsi pada mahasiswa yang diajar.

Hasil analisis adalah konten yang disajikan sudah sesuai dengan kurikulum, namun hanya sedikit penerapan dari dasar-dasar analisis matematis yang disajikan. Teknik penyajiannya sangat bervariasi. Ada yang memulai dari konsep fisika ke konsep analitik matematis dan sebaliknya. Ada yang setelah pendahuluan dilanjutkan dengan contoh penerapan dalam kasus fisika, dan ada pula yang membahas tentang konsep fisika dan penerapan analisis matematis. Latihan soal digunakan untuk melatih mahasiswa menerapkan konsep pada kasus kontekstual.

Hasil Kuesioner Mahasiswa

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa banyak mahasiswa kurang memahami manfaat mata kuliah Metode Matematika untuk Fisika saat lulus. Mahasiswa sebenarnya paham tentang alat-alat matematika, tetapi mereka kurang memahami makna fisis dari pembelajaran matematika. Ketika mahasiswa mengambil mata kuliah tingkat lanjut dan menggunakan persamaan matematika, mereka hanya menyadari manfaat yang diperoleh (Sujito et al., 2021b). Hal ini menimbulkan tantangan tersendiri dalam pembelajaran di kelas. Terdapat temuan menarik yaitu mahasiswa hanya membuktikan eksistensinya di hadapan teman-temannya bahwa mereka layak dan benar dalam jurusan fisika. Fisika Matematika merupakan mata kuliah yang sulit dipelajari, tetapi setelah dikaitkan dengan soal-soal fisika menjadi lebih mudah dipelajari. Hasil lain juga menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami miskonsepsi ketika meninjau materi Fisika Matematika. Hasil angket pelaksanaan perkuliahan Fisika Matematika ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Angket pelaksanaan perkuliahan Fisika Matematika

No	Aspek	Prosentase (%)
1	Penerapan metode pembelajaran	78,10
2	Penggunaan problem yang kontekstual	69,67
3	Pemanfaatan literatur yang variatif	82,66
4	Penggunaan media	78,73
5	Pemanfaatan teknologi *software*	80,82

Berdasarkan Tabel 2 dapat dinyatakan bahwa penggunaan metode pembelajaran dosen dalam proses perkuliahan bervariasi dan cukup menarik. Menurut pengakuan mahasiswa, hal ini menyebabkan mahasiswa tidak merasa bosan. Mereka termotivasi dalam menghadiri kelas. Mahasiswa yang positif terhadap pernyataan ini sebanyak 78,10% dan sisanya menolak pernyataan tersebut. Permasalahan yang diberikan dalam proses pembelajaran bersifat kontekstual kehidupan sehari-hari. Hal ini menuntut mahasiswa untuk melakukan analisis mendalam terhadap permasalahan tersebut. Mahasiswa merasa pernyataan tersebut merupakan sikap yang positif (69,67%). Mahasiswa lebih menyukai mempelajari konsep Fisika Matematika dengan menggunakan literatur dari luar. Literatur luar lebih kompleks sehingga lebih mudah dipahami dibandingkan dengan literatur atau bahan ajar yang dibuat oleh dosen. Bahan ajar yang dikembangkan dosen kurang membantu mahasiswa untuk belajar mandiri. Mahasiswa memberikan sikap positif terhadap pernyataan tersebut sebanyak 82,66%.

Dosen menggunakan media pembelajaran untuk memudahkan penyajian materi Fisika Matematika. Media yang digunakan menarik dan membangkitkan gairah belajar. Materi juga disampaikan secara kontinyu, terorganisir dan terjadwal. Mahasiswa yang memberikan sikap positif terhadap pernyataan tersebut berjumlah 78,73%. Problem

dalam Fisika Matematika merupakan suatu tantangan yang harus diselesaikan oleh mahasiswa. Hal ini membuat mahasiswa tertarik untuk mengikuti perkuliahan Fisika Matematika. Namun, masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan problem yang diberikan oleh dosen. Penggunaan teknologi simulasi merupakan solusi untuk masalah tersebut. Ketika ditawarkan solusi berupa penggunaan teknologi untuk mengatasi hal tersebut, mahasiswa memberikan sikap positif terhadap pernyataan tersebut sebanyak 80,82%.

Hasil Interview Dosen

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa mahasiswa sangat antusias dalam mengikuti proses pembelajaran di kelas maupun di luar kelas. Hal ini mereka tunjukkan dengan antusias mencari informasi atau mencari sumber lain yang terkait dengan materi. Pembekalan keterampilan abad 21 dalam perkuliahan metode Matematika untuk Fisika telah dilakukan oleh dosen dengan mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif (Sujito et al., 2021). Kemampuan mengaitkan materi dengan materi lainnya telah diberikan. Tidak semua keterampilan abad 21 diberikan kepada mahasiswa melalui perkuliahan ini, karena terdapat beberapa kendala. Terdapat beberapa kondisi dimana tujuan pembelajaran yang disampaikan belum tercapai secara maksimal karena keterbatasan waktu.

Temuan dari wawancara antara dosen menunjukkan kesamaan pendapat di mana mahasiswa menyatakan tingginya antusiasme mereka dalam menghadiri perkuliahan. Meskipun mahasiswa menyatakan antusiasmenya yang tinggi untuk mengikuti perkuliahan, namun hasil wawancara menyoroti kurangnya penguasaan konsep. Wawancara dengan dosen dan mahasiswa mengungkapkan kesamaan persepsi bahwa mahasiswa memiliki tingkat antusiasme yang tinggi terhadap kehadiran di perkuliahan. Dalam hasil wawancara, dosen sepakat bahwa meskipun antusiasme mahasiswa terhadap perkuliahan sangat tinggi, namun kemampuan mereka dalam menguasai konsep masih perlu ditingkatkan.

Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran fisika memiliki peran krusial dalam memperbarui dan meningkatkan metode pengajaran. Pertama, teknologi memungkinkan adanya simulasi interaktif yang dapat membantu mahasiswa memahami konsep-konsep fisika secara visual. Selain itu, melalui penggunaan aplikasi dan perangkat lunak pembelajaran, guru dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih dinamis dan menarik. Hal ini tidak hanya merangsang minat mahasiswa terhadap pelajaran fisika, tetapi juga membantu mereka menghubungkan teori dengan aplikasi praktis. Dengan adanya sumber daya digital, mahasiswa dapat mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja, memungkinkan pembelajaran yang lebih fleksibel. Kesemuanya, pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran fisika tidak hanya menciptakan lingkungan belajar yang inovatif, tetapi juga meningkatkan pemahaman dan keterlibatan mahasiswa dalam mempelajari ilmu fisika.

Wawancara dengan mahasiswa di berbagai tingkat memperoleh informasi bahwa mahasiswa suka mengambil mata kuliah metode matematika untuk fisika. Mata pelajaran ini berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Mata kuliah ini menambah pengetahuan, wawasan, dan rasa ingin tahu tentang fenomena fisika. Namun materi mata kuliah ini memiliki tingkat kesulitan yang cukup kompleks, abstrak, sulit diamati, referensi sulit dipahami, dan tidak ada media pembelajaran. Hal positif dari wawancara dengan mahasiswa adalah mereka mendapatkan bantuan dengan membaca informasi dari website ketika mahasiswa kesulitan membaca literatur. Konsep metode matematika untuk fisika memancing mereka untuk mengetahui lebih banyak hal.

Hasil wawancara dengan mahasiswa dan dosen menunjukkan bahwa perkuliahan belum memasukkan keterampilan abad 21 dan belum mengintegrasikan penggunaan komputer dalam materi pembelajaran. Objektif pembelajaran tidak tercapai secara optimal dan cenderung mengadopsi model "plug and play" untuk persamaan matematika (Sujito, et al., 2021a). Beberapa mahasiswa mengekspresikan ketidakpahaman terkait kegunaan persamaan matematika yang dipelajari, khususnya dalam konteks lulus mata kuliah metode matematika pada mata kuliah fisika. Situasi ini menciptakan tantangan bagi prestasi siswa di antara teman-temannya. Analisis materi pembelajaran juga mengungkap bahwa mata kuliah metode matematika fisika dianggap sulit dan memerlukan adanya soal-soal untuk memfasilitasi pemahaman. Materi ajar belum menyeluruh dalam pemodelan dan kurangnya representasi visual seperti gambar 2 dimensi atau 3 dimensi. Secara keseluruhan, temuan ini menyoroti kebutuhan akan peningkatan integrasi keterampilan abad 21, pemanfaatan teknologi, dan representasi visual dalam pembelajaran fisika.

Hasil Interview Mahasiswa

Mahasiswa belum memahami manfaat mata kuliah Metode Matematika untuk Fisika ketika lulus. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun mereka memahami alat-alat matematika, namun mereka belum memahami makna fisik dari pembelajaran matematika. Ketika siswa mengambil kursus lanjutan dan menggunakan persamaan matematika, mereka hanya menyadari manfaat yang diperoleh. Hal ini menghadirkan tantangan tersendiri dalam pembelajaran di kelas. Ada temuan menarik yaitu mahasiswa hanya membuktikan eksistensinya di hadapan teman-temannya bahwa dirinya layak dan benar di jurusan fisika. Metode Matematika Fisika merupakan mata pelajaran yang sulit dipelajari, namun setelah dikaitkan dengan soal-soal fisika menjadi lebih mudah untuk dipelajari. Hasil lain juga menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami miskonsepsi ketika mereview materi Metode Matematika Fisika.

Perkuliahan Fisika Matematika merupakan perkuliahan yang cukup menarik dan menantang. Materi dalam perkuliahan ini merupakan materi Matematika untuk diimplementasikan dalam Fisika. Oleh karena itu, mahasiswa yang menguasai dasar-dasar analisis matematis dengan baik mempunyai pengaruh terhadap prestasi belajar mahasiswa pada mata pelajaran selanjutnya. Dalam proses penyelesaian masalah Fisika Matematika, mahasiswa diharapkan telah menggunakan pengetahuan yang tersedia untuk menyelesaikan masalah dalam konteks baru. Hal ini sesuai dengan teori Dewey (1993) dalam hal menjembatani benteng antara pengetahuan yang menelusurinya (Williams, 2018). Sedangkan pemahaman logika matematika dalam konteks fisika memberdayakan kemampuan berpikir logis matematis. Mahasiswa harus mengoptimalkan dan memberdayakan potensi kemampuan kognitifnya melalui pembelajaran terpadu seperti penalaran deduktif dan berpikir analogi dalam konteks fisika (Costa, 1991; Guisasola & Zuza, 2020).

Studi literatur menunjukkan bahwa kasus-kasus fenomena fisika dapat didekati dengan menggunakan matematika. Semua kasus dalam konsep fisika memerlukan penyelesaian matematika menggunakan (Sujito et al., 2021a). Hal ini semakin menguatkan bahwa fenomena fisika merupakan konsep yang sangat penting dalam penguasaan konsep fisika. Disisi lain, untuk penguasaan konsep yang baik dibutuhkan konsep matematika (Kneubil & Robilotta, 2015; Liu et al., 2019; Palmgren & Rasa, 2022). Persepsi yang kuat tentunya sangat diperhitungkan dalam ranah kognisi mahasiswa pendidikan fisika. Artinya, jika konsep matematika relevan dengan konsep fisika, mahasiswa akan kesulitan mengembangkan pengetahuan yang ada.

Selain itu penggunaan metode dan media pembelajaran yang bervariasi dan cukup menarik menambah semangat dan motivasi siswa dalam belajar. Namun dalam penggunaan literatur, mahasiswa lebih tertarik menggunakan bukan apa yang ditulis dosen (di luar literatur). Sastra luar lebih kompleks dan mudah dipahami dibandingkan sastra atau bahan ajar yang dibuat oleh dosen. Bahan ajar yang dikembangkan dosen tidak membantu mahasiswa dalam belajar mandiri. Rutherford dan Ahlgren (1990) menjelaskan bahwa matematika terletak pada logika, dan merupakan ilmu tentang pola dan hubungan timbal balik antar variabel sehingga kemampuan berpikir mahasiswa dapat diberdayakan melalui penggunaan bahan ajar. Sejalan dengan itu, Redish dan Kuo mengemukakan bahwa disiplin ilmu, seperti sains, dapat menjadi wadah untuk mengembangkan kemampuan berpikir verbal dalam mengungkapkan permasalahan fisika dan berkomunikasi secara matematis (Robertson et al., 2017; Treagust et al., 2017). Hal tersebut menyatakan bahwa sains melibatkan pemahaman tentang alam dan fenomena di sekitar kita melalui observasi, eksperimen, dan analisis data. Dalam konteks sains, kemampuan berpikir verbal melibatkan kemampuan untuk mengartikulasikan ide, konsep, dan pemahaman secara lisan atau tertulis. Kemampuan berpikir dalam Fisika melibatkan pemecahan masalah terkait dengan fenomena alam menggunakan teori dan prinsip matematis.

Hal ini juga menyebabkan pemahaman konsep-konsep baru berdasarkan konsep-konsep sebelumnya. Mahasiswa menggunakan representasi konsep beserta kemampuan membangun, menafsirkan, dan mentransformasikan sistem fisika dalam memainkan fenomena fisika sehari-hari. Hal ini merupakan tantangan bagi mahasiswa. Mereka harus mampu menyelesaikan masalah fisika secara matematis dan memberi makna fisika. Permasalahan kontekstual pada saat mengikuti perkuliahan diberikan sebagai latihan. Hal ini menuntut mahasiswa untuk melakukan analisis permasalahan secara mendalam agar tidak hanya sekedar “plug and play” persamaan matematika tanpa memahami makna fisisnya (Meitasari & Wiyono, 2024; Sujito et al., 2021). Dengan melakukan analisis permasalahan secara mendalam, maka mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan untuk tidak hanya menguasai alat matematis, tetapi juga untuk mengaplikasikan mereka secara efektif dalam konteks ilmiah. Hal ini esensial dalam mempersiapkan mereka untuk menjadi ilmuwan atau profesional sains yang kompeten dan berpikiran kritis.

Selain itu, penggunaan teknologi memiliki peran krusial dalam membantu mahasiswa memahami fisika matematika secara lebih efektif. Pertama, teknologi menyediakan platform untuk pembelajaran interaktif yang memungkinkan mahasiswa mengaplikasikan konsep matematika dalam konteks fisika (Muhammad et al., 2023). Melalui simulasi dan perangkat lunak khusus, mahasiswa dapat mengamati dampak matematika pada fenomena fisika dan menguji pemahaman mereka melalui eksperimen virtual. Hal ini tidak hanya membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi juga membantu mahasiswa mengaitkan konsep matematika dengan aplikasi nyata dalam ilmu Fisika (Eynde et al., 2023). Ilmu Fisika mempelajari alam semesta dan fenomena di dalamnya melalui pengukuran, eksperimen, dan pengembangan model matematis. Penggunaan konsep matematika yang tepat memungkinkan para ilmuwan untuk merumuskan hukum fisika, memprediksi perilaku sistem fisik, dan menginterpretasikan data percobaan. Integrasi yang kuat antara konsep matematika dan aplikasi fisika nyata membantu mempersiapkan mahasiswa untuk menjadi ilmuwan atau profesional yang mampu berpikir secara mendalam dan kreatif dalam menghadapi tantangan ilmiah dan teknis di masa depan

Teknologi memberikan akses mudah terhadap berbagai sumber daya pembelajaran secara daring yang dapat membantu mahasiswa memperdalam pemahaman mereka terhadap fisika matematika. Dengan adanya video pembelajaran, tutorial daring, dan

sumber belajar interaktif, mahasiswa dapat memilih gaya pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan mereka. Penggunaan perangkat lunak khusus juga dapat memberikan solusi visual yang membantu mahasiswa mengatasi kesulitan dalam memahami rumus matematika yang kompleks fisika (Kim et al., 2018). Dengan demikian, melibatkan teknologi dalam pembelajaran fisika matematika tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep, tetapi juga memberikan fleksibilitas dan dukungan yang dibutuhkan mahasiswa dalam mengembangkan keterampilan matematika mereka untuk menerapkan dalam konteks.

Penggunaan software aplikasi dalam pembelajaran akan memberikan manfaat yang signifikan dalam memperkaya pengalaman belajar mahasiswa. Pertama, software aplikasi memungkinkan interaktifitas yang tinggi, memungkinkan mahasiswa untuk secara langsung berinteraksi dengan konsep matematika yang terkait dengan fisika (Dachraoui et al., 2023). Melalui simulasi dan visualisasi interaktif, mahasiswa dapat mengamati dampak matematika pada fenomena fisika, membuat eksperimen virtual, dan memahami hubungan antara teori matematika dengan aplikasinya dalam ilmu fisika. Software aplikasi menciptakan lingkungan pembelajaran yang dinamis dan memotivasi mahasiswa untuk lebih aktif terlibat dalam proses pembelajaran (Sujito & Liliasari, 2021; Utesov & Bazarkhanova, 2022). Dengan memanfaatkan teknologi dan fitur-fitur ini, software aplikasi dapat menciptakan lingkungan pembelajaran yang dinamis dan memotivasi mahasiswa untuk lebih aktif terlibat dalam proses pembelajaran.

Selain itu, software aplikasi memberikan keleluasaan bagi mahasiswa untuk belajar secara mandiri dengan mengakses sumber daya pembelajaran kapan saja dan di mana saja. Aplikasi pembelajaran fisika matematika dapat menyediakan latihan-latihan interaktif, simulasi, dan video pembelajaran yang memudahkan pemahaman konsep-konsep matematika yang kompleks (Mkhatshwa, 2023). Keberadaan software aplikasi juga memungkinkan penggunaan metode pembelajaran berbasis masalah atau proyek, di mana mahasiswa dapat mengaplikasikan konsep matematika mereka untuk memecahkan masalah fisika nyata (Eynde et al., 2023). Dengan menggunakan metode pembelajaran berbasis masalah atau proyek, mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep-konsep matematika dan fisika, tetapi juga mengembangkan keterampilan yang diperlukan untuk sukses dalam karier mereka di masa depan.

Salah satu software yang digunakan dalam pembelajaran matematika adalah Maple. Software Maple sering digunakan dalam pembelajaran fisika matematika karena memiliki kemampuan komputasi simbolik dan numerik yang kuat (Salehi et al., 2022). Maple adalah sistem aljabar komputer (CAS) yang menyediakan lingkungan komputasi matematika untuk memanipulasi simbol matematika, menyelesaikan persamaan, melakukan integrasi, diferensiasi, dan berbagai operasi matematika lainnya. Software aplikasi tidak hanya mendukung pemahaman konsep fisika matematika secara mendalam, tetapi juga meningkatkan fleksibilitas pembelajaran dan memberikan mahasiswa alat yang lebih efektif dalam mengembangkan keterampilan matematika mereka dalam konteks fisika (Journal & West, 2018; Sujito, et al., 2021b). Pentingnya perangkat lunak khusus, seperti Maple, terletak pada kemampuannya untuk melakukan komputasi simbolik dan numerik yang kuat, membantu mahasiswa menyelesaikan persamaan, melakukan integrasi, dan menerapkan operasi matematika lainnya dalam konteks fisika.

SIMPULAN DAN SARAN

Pembelajaran Fisika mempunyai keterkaitan yang cukup kuat dengan matematika. Pembelajaran fisika matematika menuntut mahasiswa untuk memahami konsep-konsep

secara mendalam, terutama dalam mengaitkan teori matematika dengan aplikasinya dalam konteks fisika sehari-hari. Kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah fisika secara matematis dan memberi makna fisika menjadi aspek kritis dalam pembelajaran ini. Tantangan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi, khususnya software aplikasi seperti Maple, yang memberikan platform interaktif, simulasi, dan visualisasi untuk memperdalam pemahaman konsep fisika matematika. Penggunaan teknologi juga memberikan akses mudah terhadap sumber daya pembelajaran daring, seperti video pembelajaran dan tutorial, yang dapat membantu mahasiswa memilih gaya pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan mereka. Dengan adanya software aplikasi, mahasiswa dapat belajar secara mandiri dan mengakses latihan-latihan interaktif serta simulasi yang memperkaya pengalaman belajar mereka. Integrasi teknologi, khususnya penggunaan software aplikasi seperti Maple, tidak hanya memfasilitasi pemahaman konsep fisika matematika, tetapi juga memberikan fleksibilitas dan dukungan bagi mahasiswa dalam mengembangkan keterampilan matematika mereka dalam aplikasi fisika yang konkret. Oleh karena itu, disarankan agar dosen mengembangkan materi pembelajaran interaktif yang mendukung penggunaan software aplikasi, seperti Maple. Simulasi, visualisasi, dan latihan interaktif dapat membantu mahasiswa memahami konsep fisika matematika dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Branchetti, L., Cattabriga, A., & Levrini, O. (2019). Interplay Between Mathematics and Physics to Catch the Nature of A Scientific Breakthrough: the Case of the Blackbody. *Physical Review Physics Education Research*, *15*(2), 20130. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020130

Costa, A. L. (1991). Developing Minds. In *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thiinking* (Revised, V). ASCD Publications.

Dachraoui, S., Bentaleb, K. A., Hassouni, T., Ibrahmi, E. M. A., & Taqi, A. (2023). Interaction Between Physical Sciences And Mathematics-Case of Differential. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, *14*(2), 167–175.

Dewey, J. (1993). *How We Think A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Heath & Co Publishers.

Eynde, S., Goedhart, M., Deprez, J., & De Cock, M. (2023). Role of Graphs in Blending Physical and Mathematical Meaning of Partial Derivatives in the Context of the Heat Equation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *21*(1), 25–47. https://doi.org/10.1007/s10763-021-10237-3

Guisasola, J., & Zuza, K. (2020). *Challenges in Physics Education*. Springer Nature Switzerland AG.

Hill, M., & Sharma, M. D. (2015). Students' Representational Fluency at University: A Cross- Sectional Measure of How Multiple Representations are Used by Physics Students Using the Representational Fluency Survey. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *11*(6), 1633–1655. http://physics.usyd.edu.au

Journal, C., & West, B. H. (2018). Teaching Differential Equations without Computer Graphics Solutions is a Crime Graphics Solutions is a Crime . *CODEE Journal*, *11*(1), 27–46.

Kim, N. J., Belland, B. R., & Walker, A. E. (2018). Effectiveness of Computer-Based Scaffolding in the Context of Problem-Based Learning for Stem Education: Bayesian Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, *30*(2), 397–429.

https://doi.org/10.1007/s10648-017-9419-1

Kjeldsen, T. H., & Lützen, J. (2015). Interactions Between Mathematics and Physics: The History of the Concept of Function-Teaching with and About Nature of Mathematics. *Science and Education*, *24*(5), 543–559.

Kneubil, F. B., & Robilotta, M. R. (2015). Physics Teaching: Mathematics as an Epistemological. *Science & Education*, *24*(2), 645–660. http://10.0.3.239/s11191-014-9727-5

Kuo, E., Hallinen, N. R., & Conlin, L. D. (2017). When Procedures Discourage Insight: Epistemological Consequences of Prompting Novice Physics Students to Construct Force Diagrams. *International Journal of Science Education*, *0693*(April), 1–26. www.tandfonline.com/loi/tsed20

Liu, Y., Shen, F., & Yang, Y. (2019). Numerical Simulation on the Propagation and Deflection of Fast Coronal Mass Ejections (CMEs) Interacting with a Corotating Interaction Region in Interplanetary Space. *The Astrophysical Journal*, *887*(12), 1–10. https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab543e

Mason, A., & Singh, C. (2016). Using Categorization of Problems as an Instructional Tool to Help Introductory Students Learn Physics. *Physics Education*, *51 (025009*, 1–5. http://iopscience.org/ped

Meitasari, D., & Wiyono, K. (2024). Identification of Physics Concepts in Tanjung Batu Knock Down House Identifikasi Konsep Fisika pada Rumah Knock Down Tanjung Batu. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, *7*(1), 44–54.

Mkhatshwa, T. P. (2023). Differential Equations: Students' Reasoning About A Problem Posing Task. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *54*(7), 1–20. https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2162454

Moseley, D., Baumfield, V., Elliott, J., Gregson, M., Higgins, S., Miller, J., & Newton, D. (2005). *Frameworks for Thinking: A Handbook for Teaching and Learning* (1st ed.). Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Cambridge cb2 2ru,UK. www.cambridge.org/9780521848312%0A©

Muhammad, N., Taib, S., Misbah, M., Yani, M., & Purwasih, D. (2023). Electronic Module Renewable Energy (E-MET): Validity and Practicality Aspect. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, *5*(2), 95–105. https://doi.org/10.37891/kpej.v5i2.372

Palmgren, E., & Rasa, T. (2022). Modelling Roles of Mathematics in Physics: Perspectives for Physics Education. *Science and Education*, *31*(5). https://doi.org/10.1007/s11191-022-00393-5

Ramadhani, F. D., Wati, M., & Wiyono, K. (2021). The Validity of Electronic Learning Materials Optical Instruments Based on Authentic Learning to Train Students' Problem Solving Skills. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, *4*(2), 78–89.

Robertson, A. D., Scherr, R. E., Goodhew, L. M., Daane, A. R., Gray, K. E., & Aker, L. B. (2017). Identifying Content Knowledge for Teaching Energy: Examples from High School Physics. *Physical Review Physics Education Research*, *13*(1), 1–14. 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010105

Salehi, K., Azeez, W. A., & Shamdeen, S. M. H. (2022). Mathematical and Numerical Computation with Maple. In *Lambert Academic Publishing*. KS Omniscriptum Publishing.

Sujito, S., Liliasari, L., Suhandi, A., & Soewono, E. (2021a). Investigating and Developing The Ability to Model Physics Phenomena. *Journal of Engineering Science and Technology*, *16*(4), 3283–3294. https://jestec.taylors.edu.my/V16Issue4.htm

Sujito, S., Pratiwi, H. Y., Soewono, E., Suhandi, A., & Liliasari, S. (2021). Views and Practices of Mathematical Method for Physics Lecture at Pre-Service Physics Teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, *1806*(12), 1–7. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012001

Sujito, S., & Liliasari, L. (2021). Differential equations: Solving the Oscillation System. *Journal of Physics: Conference Series*, *1869*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012163

Sujito, S., Liliasari, L., Suhandi, A., & Soewono, E. (2021b). Description in Course of Mathematical Methods for Physics and Possible Development of Course Program. *Momentum: Physics Education Journal*, *5*(1), 73–84. https://doi.org/10.21067/mpej.v5i1.5184

Sujito, S., Wisodo, H., Pratiwi, H. Y., Setyahadi, B., Soewono, E., Suhandi, A., & Liliasari, L. (2021). Applying Differential Equations for Study Magnetohydrodynamic Phenomenon on the Solar Surface. *Journal of Physics: Conference Series*, *1869*(1), 1–7. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012203

Treagust, D. F., Duit, R., & Fischer, H. E. (2017). *Multiple Representations in Physics Education*. Springer International Publishing AG.

Utesov, A. B., & Bazarkhanova, A. A. (2022). Optimal Computing Units in the Problem of Discretizing Solutions of the Klein–Gordon Equation and Their Limit Errors. *Differential Equations*, *58*(5), 698–711. https://doi.org/10.1134/S0012266122050093

Williams, M. (2018). The Missing Curriculum in Physics Problem-Solving Education. *Science & Education*, *27*(4), 1–21. https://doi.org/10.1007/s11191-018-9970-2 Article