



Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Fisika Kuantum

Asep Irvan Irvani^{1,2}, Nuryani Rustaman², Ida Kaniawati², Parlindungan Sinaga²

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Garut, Garut, Indonesia

²Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

Abstrak

Mata kuliah fisika kuantum merupakan kelompok mata kuliah level atas yang sering kali dianggap sulit oleh mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesulitan yang dihadapi mahasiswa dalam mempelajari konsep-konsep pada mata kuliah fisika kuantum. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif berdasarkan data hasil studi lapangan (*field study*) yang dilakukan di salah satu perguruan tinggi di Kabupaten Garut. Pemilihan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* yang disesuaikan dengan kebutuhan data penelitian. Partisipan yang terlibat diantaranya adalah satu orang dosen pengampu mata kuliah fisika kuantum dan 29 orang mahasiswa semester 7. Instrumen yang digunakan berupa lembar observasi dan format wawancara yang telah divalidasi oleh dua orang ahli untuk memastikan kesesuaian instrumen dengan parameter yang diukur. Analisis data menggunakan teknik triangulasi dari beberapa sumber data melalui observasi, wawancara dan dokumentasi untuk memastikan konsistensi data yang diperoleh. Hasil analisis menunjukkan bahwa hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah fisika kuantum menunjukkan adanya tingkat pemahaman yang bervariasi terhadap konsep-konsep fisika kuantum, di mana sebagian mahasiswa menemui kendala dalam memahami konsep yang lebih abstrak seperti menyatakan keadaan gerak suatu partikel dalam bentuk probabilitas. Mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam menyelesaikan persoalan-persoalan pada fisika kuantum terutama dalam menggunakan persamaan matematika seperti persamaan diferensial dan fungsi-fungsi khusus dalam kalkulus.

Masuk:

24 Januari 2024

Diterima:

26 Juni 2024

Diterbitkan:

30 Juni 2024

Kata kunci:

Field Study, Fisika Kuantum, Kesulitan Belajar

PENDAHULUAN

Peningkatan pesat teknologi dalam *Era Society 5.0* telah menghadirkan tantangan baru dalam bidang pendidikan. Siswa tidak hanya dituntut untuk mengatasi masalah dengan menggunakan informasi yang tersedia, tetapi juga diharapkan dapat mengembangkan keterampilan seperti kemampuan berpikir kreatif dalam pemecahan masalah, kemampuan berpikir analitis, kerja sama tim, dan komunikasi yang efektif (Nurhuda

& Irvani, 2021; Rahayu, 2023). Selain itu, integrasi teknologi dalam pembelajaran juga menjadi fokus utama untuk mempersiapkan peserta didik agar dapat bersaing dan beradaptasi di tengah perubahan yang terus menerus (Alam, 2021; Farid, 2023). Keterampilan penggunaan teknologi dalam memecahkan masalah menjadi penting untuk dimiliki oleh peserta didik (Heryanto, dkk., 2023).

Salah satu peran yang krusial dimiliki oleh Program Studi Pendidikan

Fisika adalah melahirkan para calon guru fisika yang telah siap menghadapi tantangan masa depan dengan kompetensi yang memadai. Kompetensi tersebut mengacu pada Standar Kompetensi Lulusan (SKL) berdasarkan Permendikbud Nomor 3 Tahun 2023, program ini bertujuan untuk mencakup sikap, pengetahuan, dan keterampilan yang diperlukan untuk melaksanakan pembelajaran di dalam kelas. SKL ini menjadi acuan utama dalam setiap mata kuliah yang ada dalam kurikulum program studi ini. Oleh karena itu, perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran pada setiap mata kuliah harus dilaksanakan dengan cermat agar calon guru dapat memperoleh bekal yang kuat untuk menghadapi dunia pendidikan yang terus berkembang.

Di sisi lain, terdapat peningkatan minat mahasiswa saat ini dalam melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi. Tingginya minat ini dipengaruhi oleh aspek orientasi masa depan (Amin, dkk., 2022). Orientasi masa depan ini secara signifikan dipengaruhi oleh tantangan perkembangan teknologi yang semakin cepat. Oleh karena itu, program sarjana perlu mempersiapkan mahasiswanya dengan baik agar dapat memenuhi minat mahasiswa dalam melanjutkan studi mereka.

Salah satu hal yang perlu disiapkan Program Studi Pendidikan Fisika dalam mencetak lulusan yang siap melanjutkan studi ke jenjang yang lebih tinggi adalah pengetahuan dan keterampilan terkait konten fisika. Asosiasi Pendidikan Tinggi Fisika Indonesia (APTIFINDO) telah merumuskan standar minimal Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) untuk program sarjana pendidikan fisika pada unsur Pengetahuan nomor 4 (P4) yakni "Menguasai konsep fisika dan pola pikir keilmuan fisika berdasarkan fenomena alam yang mendukung pembelajaran Fisika di sekolah dan program pendidikan magister". Artinya bahwa lulusan program studi sarjana pendidikan fisika harus menguasai konsep dan pola pikir keilmuannya bukan hanya untuk

pembelajaran fisika di sekolah, namun juga untuk program pendidikan magister.

Penguasaan konsep fisika memiliki peran penting dalam perkembangan studi di tingkat magister, terutama pada mata kuliah tingkat lanjut. Mata kuliah seperti fisika kuantum, fisika zat padat, fisika inti, dan fisika statistik menjadi fondasi utama bagi mahasiswa yang ingin mengeksplorasi lebih jauh di bidang ini. Mahasiswa dituntut memiliki pemahaman mendalam terkait konsep-konsep tersebut akan membekali mahasiswa dengan kemampuan yang diperlukan untuk menguasai ilmu fisika secara menyeluruh di tingkat lanjut (Fatimah, 2021).

Pemahaman yang kuat terhadap konsep fisika merupakan landasan krusial bagi mahasiswa yang sedang meniti jenjang pendidikan di tingkat magister, terutama dalam mata kuliah siklus 3 atau tingkat lanjut. Materi-materi seperti fisika kuantum, fisika zat padat, fisika inti, dan fisika statistik bukan hanya menjadi bagian integral dari kurikulum, tetapi juga memberikan dasar yang kokoh bagi mereka yang ingin memperdalam pengetahuan di bidang fisika. Dengan memahami konsep-konsep ini, mahasiswa akan mampu mengembangkan pemahaman yang komprehensif, mempersiapkan diri untuk menguasai cabang ilmu fisika secara menyeluruh di tingkat lanjut (Doyan dkk., 2020).

Pada kenyataannya mahasiswa sering kali mengalami kesulitan dalam menguasai konsep-konsep fisika pada mata kuliah tingkat lanjut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep mekanika kuantum (Amiroh, dkk., 2021). Pada mata kuliah fisika kuantum mahasiswa selain mengalami kesulitan dalam memahami konsep, juga kesulitan dalam mencari sumber belajar yang sesuai (Purwaningsih, dkk., 2022). Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan pembelajaran yang lebih efektif dan aksesibilitas terhadap sumber belajar yang memadai untuk membantu mahasiswa mengatasi kesulitan yang mereka hadapi dalam mempelajari fisika tingkat lanjut.

Mahasiswa sarjana mengalami kesulitan dalam mempelajari konsep fisika dan keterampilannya yang tidak bisa ditangani oleh pengajaran tradisional (Porter & Heckler, 2020). Contoh kasus yang ditemukan pada mahasiswa menunjukkan bahwa hanya ada 43% mahasiswa yang mampu menuliskan superposisi status eigen dalam sumur potensial, dan hanya 57% yang mampu menggambarkan sketsa fungsi gelombang dasar dalam sumur potensial dengan benar (Porter & Heckler, 2020). Mahasiswa sering kali mengalami kesulitan dalam penalaran matematis dan visual untuk memecahkan masalah fisika kuantum (Passante & Kohnle, 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan bagaimana kesulitan belajar mahasiswa pada mata kuliah fisika kuantum. Untuk menjawab rumusan tersebut, penulis melakukan analisis data hasil studi lapangan di salah satu program studi pendidikan fisika.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Penelitian kualitatif ini berdasarkan studi lapangan dilakukan di salah satu perguruan tinggi di Kabupaten Garut. Studi lapangan (*field study*) ini menggunakan metode penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif digunakan untuk menyelidiki kualitas hubungan, aktivitas, situasi, dan materi dari suatu subjek atau objek penelitian (Fraenkel, dkk., 2018).

Partisipan dalam studi lapangan ini adalah seorang dosen dan 29 orang mahasiswa program studi Pendidikan Fisika di perguruan tinggi tersebut. Pengambilan data dilakukan melalui observasi pembelajaran, wawancara, serta analisis dokumen.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa lembar observasi dan format wawancara. Instrumen yang baik harus dapat mengukur parameter yang

hendak diukur (Ridwan dkk., 2023). Oleh karena itu, sebelum digunakan, instrumen divalidasi oleh dua orang ahli dari Dosen Program Studi Pendidikan IPA di UPI Bandung. Dokumen yang dianalisis adalah buku kurikulum dan Rencana Perkuliahan Semester (RPS) mata kuliah Fisika Kuantum. Observasi pembelajaran dilakukan pada mata kuliah Fisika Kuantum sebanyak satu pertemuan penuh, sedangkan wawancara dilakukan kepada dosen pengampu mata kuliah tersebut.

Data yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup penelitian dokumen dan implementasi. Kajian dokumen meliputi dokumen kurikulum, RPS, dan dokumen penilaian. Kajian implementasi meliputi observasi pembelajaran di kelas dan wawancara terkait proses pembelajaran.

Analisis data menggunakan teknik triangulasi dengan menggunakan beberapa data untuk memastikan konsistensi data. Triangulasi data dilakukan untuk membuat data lebih mudah dikelola dan dimengerti dengan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih terstruktur, memungkinkan analisis lebih efisien dan akurat (Kusumo, 2022; MUHAMMAD, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dokumen kurikulum, mata kuliah fisika kuantum ini merupakan kelompok mata kuliah kajian keilmuan konsep fisika siklus tiga. Mata kuliah ini memiliki bobot 3 SKS dan berada di semester 7. Mata kuliah ini disandingkan dengan dua mata kuliah wajib program studi lainnya yaitu fisika statistik dan seminar pendidikan fisika.

Berdasarkan dokumen RPS diperoleh informasi mengenai deskripsi mata kuliah dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) fisika kuantum. Terdapat empat CPL yang dibebankan pada mata kuliah fisika kuantum yang tertuang dalam empat CPMK seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Capaian Pembelajaran	CPL-PRODI yang dibebankan pada mata kuliah
	Lulusan Prodi Pendidikan Fisika Mampu : 1) menginternalisasi nilai, norma, dan etika akademik (S08); 2) mampu menerapkan model matematis dalam menjelaskan fenomena fisika dalam pembelajaran. (KK03); 3) mengambil keputusan secara tepat dalam konteks penyelesaian masalah di bidang keahliannya, berdasarkan hasil analisis informasi dan data (KU05); 4) menguasai konsep fisika (kuantum) dan pola pikir keilmuan fisika berdasarkan fenomena alam yang mendukung pembelajaran Fisika di sekolah dan program pendidikan magister (P04).
	Capaian Pembelajaran Mata Kuliah Setelah mahasiswa menyelesaikan mata kuliah ini, mahasiswa memiliki pengetahuan, sikap dan keterampilan mampu: M1: Memahami sejarah perkembangan konsep fisika kuantum M2: Memahami konsep dualisme gelombang-partikel M3: Merumuskan metodologi fisika kuantum M4: Menerapkan konsep fisika kuantum pada berbagai kasus

Gambar 1. CPL dan CPMK Fisika Kuantum di Program Studi Pendidikan Fisika

Observasi pembelajaran yang dilakukan dengan diskusi, dan tanya jawab dilakukan pada Mata Kuliah Fisika Kuantum ini dilaksanakan di pertemuan ke-7 dengan topik “Persamaan Gerak *Heisenberg*”. Pendekatan pembelajaran

dilakukan dengan diskusi, dan tanya jawab yang berorientasi pada *discovery based learning*. Adapun hasil observasi pembelajaran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Pembelajaran Fisika Kuantum

Karakteristik	Hasil Observasi	
	Terlihat	Tidak
Terjadi interaksi saling berpengaruh antara dosen dan mahasiswa (Interaktif)	√	
Pembelajaran mendorong pengembangan pola pikir yang mendalam dan inklusif dengan menerima serta mengadopsi nilai-nilai lokal dan nasional. (Holistik)		√
Pembelajaran terintegrasi dalam kesatuan program melalui pendekatan antar disiplin dan multidisipliner (Integratif)		√
Pembelajaran yang menekankan pendekatan ilmiah menciptakan lingkungan akademik yang didasarkan pada prinsip-prinsip nilai, norma, dan kaidah ilmu pengetahuan sambil tetap menghormati nilai-nilai agama dan kebangsaan. (Saintifik)	√	
Pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan kemampuan penyelesaian masalah di bidang spesialisasinya (Kontekstual)	√	
Pembelajaran disesuaikan dengan sifat-sifat ilmiah Program Studi dan dihubungkan dengan situasi nyata melalui pendekatan lintas disiplin (Tematik)		√
Pembelajaran menekankan penyerapan materi secara efektif dan efisien dalam waktu yang optimal (Efektif)	√	
Pembelajaran kolaboratif yang melibatkan interaksi antara individu pembelajar untuk menghasilkan penguatan sikap, pengetahuan, dan keterampilan (Kolaboratif)	√	
Pembelajaran yang fokus pada pengembangan kreativitas, kapasitas, kepribadian, dan kebutuhan mahasiswa, serta mendorong kemandirian dalam eksplorasi dan penemuan pengetahuan.		√

Berdasarkan hasil observasi pembelajaran, ditemukan bahwa ada empat karakteristik pembelajaran yang tidak terlihat. Namun karena pengamatan pembelajaran hanya dilakukan dalam satu pertemuan, hal ini tidak bisa dijadikan

sebagai kesimpulan. Pengamatan perkuliahan harus dilakukan secara menyeluruh agar memperoleh gambaran yang holistik (Setiono & Widiningtyas, 2021). Untuk melengkapi data hasil observasi dilakukan analisis data hasil wawancara kepada dosen pengampu mata kuliah fisika kuantum.

Berdasarkan hasil wawancara kepada dosen pengampu mata kuliah fisika kuantum di program studi pendidikan fisika ini diperoleh catatan-catatan penting sebagai berikut.

- Dosen yang bersangkutan baru tahun pertama mengampu mata kuliah fisika kuantum.
- Perkuliahan fisika kuantum sebagian besar dilakukan dengan metode ekspositori.
- Kegiatan praktikum dilakukan menggunakan virtual lab dari Amrita yang bisa diakses di <https://vlab.amrita.edu/>.
- Kesulitan yang dialami dosen diantaranya sarana dan prasarana seperti laboratorium fisika modern atau fisika lanjut, memvisualisasikan materi abstrak, penyesuaian materi dengan karakteristik mahasiswa, mencari simulasi-simulasi yang relevan dengan kebutuhan perkuliahan
- Kesulitan yang dihadapi mahasiswa diantaranya dalam memahami konsep yang abstrak, penyelesaian matematis, persamaan matematis yang rumit, dan membayangkan fenomena fisisnya.

Pada wawancara dengan dosen pengampu mata kuliah fisika kuantum, disampaikan bahwa keterampilan berpikir kritis mahasiswa masih tergolong rendah. Mahasiswa tampak mengalami kesulitan dalam memahami konsep fisika kuantum, penguasaan matematika sebagai alat bantu, dan perubahan paradigma dari fisika klasik (Modir, dkk., 2019). Selain itu, wawancara juga menyoroti bahwa keterampilan berpikir tingkat tinggi di antara mahasiswa masih perlu ditingkatkan. Terdapat kesulitan yang dialami mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan fisika kuantum, mencerminkan perlunya

pendekatan pembelajaran yang lebih efektif untuk membantu mahasiswa mengatasi hambatan ini.

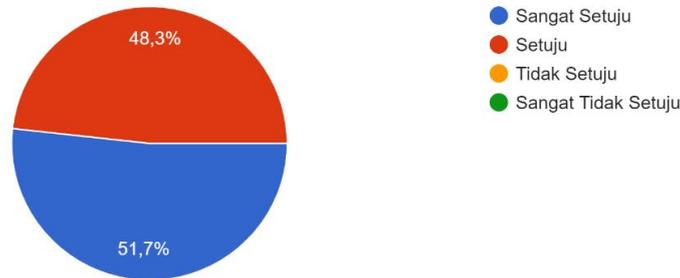
Berkaitan dengan kesulitan belajar, diperoleh informasi bahwa kesulitan mahasiswa di antaranya adalah penguasaan konsep fisika kuantum, kesulitan memahami konsep-konsep yang abstrak seperti prinsip superposisi partikel, probabilitas fungsi keadaan, prinsip ketidakpastian, kesulitan dalam penyelesaian matematis, serta kesulitan dalam membayangkan fenomena fisisnya karena keterbatasan kemampuan logika dan media visualnya. Mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam memahami konten abstrak dan persamaan matematika yang rumit seperti menyelesaikan solusi persamaan diferensial dengan fungsi-fungsi khusus terutama pada kasus atom dengan elektron banyak, serta formulasi matematis terkait dengan fisika kuantum.

Dalam perkuliahan fisika kuantum, idealnya mahasiswa memiliki penguasaan konsep yang kuat terkait fisika modern. Mereka juga perlu memiliki kemampuan analitis dan matematis untuk memahami serta menerapkan prinsip-prinsip fisika modern, serta keterampilan menggunakan alat simulasi dan komputasi (Bestehorn, 2023). Selain itu, mahasiswa diharapkan memiliki kemampuan untuk menafsirkan data dan hasil eksperimen, termasuk yang dihasilkan melalui simulasi, serta keterampilan dalam pemanfaatan ICT. Di samping itu, mereka juga perlu menguasai kemampuan matematis, logika, dan visual terkait dengan materi fisika modern.

Berdasarkan tanggapan angket yang diberikan oleh mahasiswa, kesulitan yang mereka hadapi dalam mengikuti perkuliahan fisika kuantum meliputi pemahaman konsep, pemecahan masalah, serta penerapan persamaan matematis. Seluruh mahasiswa merespons setuju bahwa mereka mengalami kesulitan dalam memahami konsep fisika kuantum, seperti terlihat pada Gambar 2.

Saya mengalami kesulitan dalam memahami konsep dalam mata kuliah fisika kuantum.

29 jawaban



Gambar 2. Respons Mahasiswa terhadap Penguasaan Konsep Fisika Kuantum

Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman konsep fisika kuantum merupakan tantangan utama yang dihadapi oleh mahasiswa. Selain itu, adanya kesulitan dalam pemecahan masalah dan penerapan persamaan matematika juga menjadi faktor penambah kesulitan dalam mempelajari fisika kuantum. Oleh karena itu, perlu adanya pendekatan pembelajaran yang efektif untuk membantu mahasiswa mengatasi kesulitan tersebut dan meningkatkan pemahaman mereka terkait dengan konsep-konsep fisika kuantum.

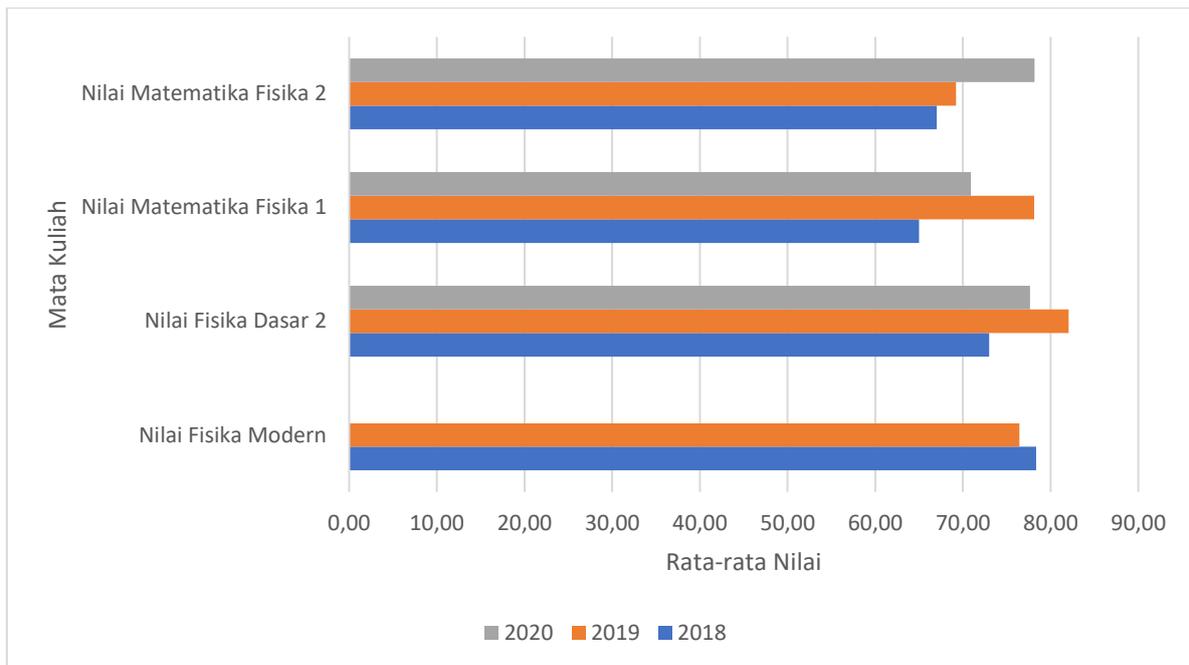
Pada penyelesaian persoalan fisika kuantum, seluruh mahasiswa mengungkapkan kesulitan yang mereka hadapi. Mereka menghadapi tantangan dalam menerapkan persamaan matematika untuk memecahkan masalah dalam konteks fisika kuantum.

Selain itu, sebagian besar mahasiswa memiliki persepsi bahwa mata kuliah fisika kuantum hanya berfokus pada pembuktian-pembuktian secara matematis. Persepsi ini dapat menjadi

faktor yang memperkuat kesulitan mereka dalam memahami dan menguasai konsep-konsep fisika kuantum secara menyeluruh (Mermin, 2007).

Pentingnya pemahaman konsep dan integrasi antara fisika dan matematika dalam studi fisika kuantum perlu disampaikan kepada mahasiswa (Purwaningsih, dkk., 2022). Dengan demikian, diperlukan pendekatan pembelajaran yang holistik, menggabungkan konsep, pemecahan masalah, dan penerapan persamaan matematika untuk membantu mahasiswa mengatasi kesulitan dalam mempelajari fisika kuantum dengan lebih efektif.

Analisis kesulitan belajar juga dilakukan dari data nilai mata kuliah - mata kuliah pendukung. Mata kuliah tersebut diantaranya adalah fisika modern, fisika dasar 2, matematika fisika 1, dan matematika fisika 2. Nilai mata kuliah pendukung fisika kuantum selama tiga tahun terakhir dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Nilai Rata-rata Mata Kuliah Pendukung Fisika Kuantum pada Tiga Tahun Terakhir

Berdasarkan data pada Gambar 3, diperoleh bahwa pada tahun 2018 rata-rata nilai matematika fisika 1 paling rendah disusul dengan nilai matematika fisika 2. Mata kuliah ini penting dalam proses penyelesaian masalah dalam fisika kuantum secara matematis. Kesulitan mahasiswa dalam mata kuliah matematika fisika juga berhubungan dengan kesulitan mahasiswa dalam fisika kuantum. Mahasiswa menghadapi kesulitan yang signifikan dalam menyelesaikan persamaan diferensial parsial (PDE) dalam konteks mekanika kuantum (Tu, dkk., 2020).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah fisika kuantum menunjukkan adanya tingkat pemahaman yang bervariasi terhadap konsep-konsep fisika kuantum, dimana sebagian mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang lebih abstrak. Mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam menyelesaikan persoalan-persoalan pada fisika kuantum terutama dalam menggunakan persamaan matematika.

Mahasiswa perlu meningkatkan pemahaman mendasar terkait fisika klasik dan fisika modern sebagai persiapan dalam mempelajari fisika kuantum, hal ini didasarkan pada hasil belajar mereka pada mata kuliah prasyarat fisika kuantum. Dengan demikian, kebutuhan yang jelas timbul untuk memperkuat pemahaman mereka mengenai prinsip-prinsip dasar fisika klasik dan fisika modern sebelum melanjutkan studi lebih lanjut tentang fisika kuantum. Selain itu, pemahaman yang kuat terhadap konsep-konsep fisika klasik dan fisika modern akan memberikan landasan yang kokoh bagi mahasiswa untuk menjelajahi dan memahami fenomena unik yang terdapat dalam fisika kuantum.

REFERENSI

- Alam, A. (2021). Possibilities And Apprehensions in The Landscape Of Artificial Intelligence in Education. *2021 International Conference on Computational Intelligence and Computing Applications (ICCICA)*, 1–8.
- Amin, A., Pratitis, N. T., & Arifiana, I. Y. (2022). Orientasi Masa Depan Dan Minat Melanjutkan Studi Strata Dua (S2). *INNER: Journal of Psychological*

- Research*, 2(1), 25–31.
- Amiroh, D., Sibua, S., & Salim, A. (2021). Pendekatan Multi Representasi Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Dan Pemecahan Masalah Mahasiswa Pada Materi Gelombang. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 6(2), 290–302.
- Bestehorn, M. (2023). Computational Physics: With Worked Out Examples In FORTRAN® and MATLAB®. *Computational Physics: With Worked Out Examples in FORTRAN® and MATLAB®*, 1–396. <https://doi.org/10.1515/9783110782523/EPUB>
- Doyan, A., Susilawati, S., & Hikmawati, H. (2020). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Hasil Belajar Pada Matakuliah Fisika Kuantum Bagi Mahasiswa Calon Guru. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 278–283.
- Farid, A. (2023). Literasi Digital Sebagai Jalan Penguatan Pendidikan Karakter Di Era Society 5.0. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(3), 580–597.
- Fatimah, F. (2021). Pengaruh Media Animasi Sparkol Videoscribe Dalam Pembelajaran Daring Terhadap Penguasaan Konsep Mahasiswa. *Phydogogic: Jurnal Fisika Dan Pembelajarannya*, 3(2), 53–60.
- Fraenkel, J., Wallen, N., & Hyun, H. (2018). *How To Design And Evaluate Research In Education (10th ed.)*. McGraw-Hill.
- Heryanto, S. H., Aprianti, S., Pelani, R. R., & Irvani, A. I. (2023). Penggunaan E-learning Madrasah dalam Proses Pembelajaran Fisika di MAN 2 Garut. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 3(1), 172–178.
- Kusumo, J. A. (2022). Penerapan Bahasa Journalistik Dalam Berita Bencana Alam Di Ceklissatu. com. Fakultas Dakwah dan Ilmu Komunikasi Universitas Islam Negeri Syarif
- Mermin, N. D. (2007). Quantum Computer Science: An Introduction. *Quantum Computer Science: An Introduction*, 2147483647, 1–220. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511813870>
- Modir, B., Thompson, J. D., & Sayre, E. C. (2019). Framing Difficulties In Quantum Mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 15(2), 20146.
- MUHAMMAD, M. Q. (2023). *Pengelolaan Sistem Informasi Manajemen Di Smp Al-Kautsar Bandar Lampung*. UIN RADEN INTAN LAMPUNG.
- Nurhuda, T., & Irvani, A. I. (2021). Profil Kemampuan Mahasiswa Calon Guru Fisika Dalam Menggunakan Perangkat Pembelajaran Daring. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(1), 33–38.
- Passante, G., & Kohnle, A. (2019). Enhancing Student Visual Understanding Of The Time Evolution Of Quantum Systems. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 10110.
- Porter, C. D., & Heckler, A. F. (2020). Effectiveness Of Guided Group Work In Graduate Level Quantum Mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 20127.
- Purwaningsih, S., BERTHALITA P, F., & Lestari, N. (2022). *Integrasi Animasi Dan Simulasi Dengan Menggunakan Program Matlab Pada Matakuliah Fisika Kuantum*.
- Rahayu, N. S. (2023). Penerapan Model PSP (Problem Solving Based Prezi) untuk Meningkatkan Critical Thinking Skills Siswa. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 5(2), 73–79.
- Ridwan, I. M., Kaniawati, I., Suhandi, A., Ramalis, T. R., Rizal, R., & Sujarwanto, E. (2023). Tes Kemampuan Pemecahan Masalah pada Tema Perubahan Iklim: Analisis Rasch Model. *DIFFRACTION: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 5(1), 37–46.
- Setiono, I. A., & Widiningtyas, A. (2021). Characteristics of Students' Cognitive Ability on the Hyperopia Concept:

Rasch Analysis. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 11(2), 135–148.

Tu, T., Li, C.-F., Zhou, Z.-Q., & Guo, G.-C. (2020). Students' difficulties with partial differential equations in quantum mechanics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 20163.