



## Evaluasi Program Perkuliahan Fisika Kuantum dengan Virtual Lab Menggunakan Model CIPP

Asep Irvan Irvani<sup>1),2)</sup>, Siti Sriyati<sup>1),\*</sup>, Nahadi<sup>1)</sup>, Parlindungan Sinaga<sup>1)</sup>, Anderias Henukh<sup>1),3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Garut

<sup>3)</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Musamus Merauke

\*Corresponding Author: [sriyati@upi.edu](mailto:sriyati@upi.edu)

**Abstrak:** Tujuan dari penulisan artikel ini adalah menganalisis hasil evaluasi program perkuliahan fisika kuantum dengan virtual lab di program studi pendidikan fisika pada tahun akademik 2023/2024. Model evaluasi yang digunakan adalah model CIPP (*Context, Input, Process, Product*). Evaluasi dilakukan dengan metode campuran menggunakan data kuantitatif berdasarkan data nilai mahasiswa dan kuesioner, serta data kualitatif berdasarkan analisis dokumen dan wawancara. Partisipan yang terlibat sebanyak 30 mahasiswa program studi pendidikan fisika semester 8, satu orang dosen pengampu mata kuliah fisika kuantum, dan satu orang ketua program studi. Hasil evaluasi konteks menunjukkan 92,8% kelengkapan komponen RPS dan 100% kesesuaian CPL dan CPMK. Hasil evaluasi *input* program perkuliahan fisika kuantum menunjukkan perlunya peningkatan pemahaman konsep fisika modern, penguatan konsep matematika, persiapan materi dosen, serta peningkatan sarana dan prasarana pembelajaran. Berdasarkan evaluasi pada aspek proses menunjukkan masih terdapat kekurangan dalam karakteristik pembelajaran holistik, integratif, dan pengembangan kreativitas mahasiswa. Hasil evaluasi *product* program perkuliahan fisika kuantum menunjukkan bahwa penguasaan konsep oleh mahasiswa perlu ditingkatkan, terutama pada materi fenomena-fenomena kuantum.

**Kata Kunci:** Fisika Kuantum; Evaluasi Program; Model CIPP; Virtual Lab

## PENDAHULUAN

Penguasaan konsep fisika kuantum yang baik harus dimiliki oleh seorang calon guru fisika. Fisika kuantum adalah fondasi dari banyak konsep dan fenomena fisika modern yang tidak bisa dijelaskan oleh fisika klasik (Bouchée et al., 2022). Untuk memahami dan mengajar topik-topik ini dengan efektif, pemahaman yang kuat tentang fisika kuantum adalah penting. Fisika kuantum juga merupakan bidang yang terus berkembang dengan penemuan dan teori baru yang terus muncul (Aini et al., 2020). Sebagai calon guru dan saintis, penting untuk tetap *up-to-date* dengan perkembangan terbaru agar dapat mengajarkan materi yang paling relevan dan mutakhir kepada siswa.

Kajian mengenai fisika kuantum masih terus berkembang saat ini. Penemuan-penemuan dalam bidang fisika kuantum secara signifikan akan mentransformasi teknologi di berbagai bidang menjadi lebih besar. Hadiah Nobel Fisika tahun 2022 untuk eksperimen dengan foton terjerat, yang membuktikan pelanggaran ketidaksetaraan Bell dan memelopori ilmu informasi kuantum, menunjukkan bahwa penemuan dalam bidang fisika kuantum akan memberikan dampak yang besar terhadap ilmu pengetahuan (Aspect et al., 2022). Perkembangan dalam fisika kuantum memungkinkan teknologi teleportasi dan komputer kuantum akan berkembang dan mempercepat komunikasi dan informasi (Irvani et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa sampai dengan saat ini kajian terkait fisika kuantum masih penting untuk dilakukan.

Fisika kuantum merupakan salah satu bahan kajian fundamental dalam ilmu fisika. Konten fisika kuantum juga merupakan salah satu konsep esensial dalam pembelajaran fisika di semua kurikulum sekolah. Pada Capaian Pembelajaran (CP) mata pelajaran fisika kurikulum merdeka disebutkan bahwa peserta didik harus mampu menganalisis keterkaitan antara berbagai besaran fisis pada teori relativitas khusus, gejala kuantum dan menunjukkan penerapan konsep fisika inti dan radioaktivitas dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi (Sulaeman et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa guru fisika atau calon guru fisika harus memiliki penguasaan konsep fisika kuantum yang baik.

Fisika kuantum sering kali membawa pada pemahaman konsep-konsep yang melampaui logika konvensional, memperkenalkan paradoks yang membingungkan (Mateo, 2021). Namun, paradoks ini bukan hambatan, melainkan jendela menuju pengembangan keterampilan berpikir kritis serta pemecahan masalah yang tajam (Sinaga & Setiawan, 2022). Memahami dan mengajarkan fisika kuantum bukan hanya tentang memahami alam semesta, tetapi juga tentang melatih pikiran untuk berpikir di luar batas yang dikenal, merangsang imajinasi, dan membentuk kemampuan analitis yang kuat.

Di sisi lain, perkembangan teknologi Virtual Lab telah memainkan peran yang signifikan dalam mendukung pembelajaran fisika kuantum. Dengan Virtual Lab, mahasiswa dapat mengakses eksperimen fisika kuantum secara virtual tanpa harus terbatas oleh keterbatasan fisik laboratorium konvensional (Serrano-Perez et al., 2023). Penggunaan lab virtual ini dapat menjadi solusi alternatif dalam melakukan eksperimen berkaitan dengan fisika kuantum yang memerlukan peralatan yang mahal. Virtual Lab memungkinkan akses eksperimen fisika kuantum tanpa keterbatasan fisik lab konvensional (Fitria et al., 2023). Mahasiswa bisa mendapatkan pengalaman praktis dalam fisika kuantum secara virtual, memperluas aksesibilitas dan mendukung pembelajaran lebih interaktif dan mendalam dalam bidang ini.

Pada mulanya pembelajaran fisika kuantum terbatas pada teori dan perhitungan matematis yang kompleks, namun dengan adopsi Virtual Lab, mahasiswa dapat mengalami konsep-konsep fisika kuantum secara langsung melalui simulasi komputer yang interaktif (Bauer et al., 2023). Teknologi ini memungkinkan mahasiswa untuk memahami prinsip-prinsip fisika kuantum melalui eksperimen simulasi yang memvisualisasikan fenomena fisika yang abstrak dan sulit dipahami secara konvensional. Dengan adanya Virtual Lab, mahasiswa dapat dengan mudah mengakses alat-alat dan material yang mungkin sulit atau mahal untuk diakses di laboratorium fisika konvensional. Mereka juga dapat melakukan percobaan berkali-kali tanpa terbatas oleh waktu dan biaya. Hal ini memungkinkan mereka untuk memperdalam pemahaman mereka tentang fenomena-fenomena kuantum tanpa kendala yang sering kali muncul dalam praktik laboratorium fisika konvensional.

Virtual Lab juga memungkinkan mahasiswa untuk melakukan eksperimen di lingkungan yang aman dan terkontrol tanpa perlu menghadapi risiko yang terkait dengan eksperimen fisika kuantum yang sebenarnya (Ghazinejad et al., 2021). Selain itu, Virtual Lab memungkinkan pengulangan eksperimen secara tak terbatas, memungkinkan mahasiswa untuk eksplorasi mendalam terhadap berbagai konsep fisika kuantum tanpa batasan waktu dan sumber daya. Dampak positif dari adopsi Virtual Lab dalam pembelajaran fisika kuantum tidak hanya terbatas pada kemudahan akses, namun juga pada peningkatan keterlibatan mahasiswa. Dengan adanya simulasi komputer yang menarik dan interaktif, mahasiswa cenderung lebih termotivasi untuk belajar karena mereka dapat melihat langsung konsep-konsep fisika kuantum dalam tindakan (Seskir et al., 2022).

Program perkuliahan fisika kuantum di program studi pendidikan fisika merupakan program perkuliahan yang wajib diikuti oleh mahasiswa. Posisinya sebagai mata kuliah inti program studi menjadikannya penting untuk direncanakan, dilaksanakan, dan dievaluasi dengan baik. Berdasarkan hasil studi kasus di salah satu perguruan tinggi swasta di Kabupaten Garut pada tahun akademik 2023/2024, terdapat inovasi pada program perkuliahan fisika kuantum dengan menggunakan Laboratorium Virtual sebagai pendukung proses pembelajarannya. Penggunaan laboratorium virtual ini dilakukan pada materi fenomena fisika kuantum meliputi efek fotoelektrik, radiasi, dan konstanta Planck. Virtual lab yang digunakan menggunakan Amrita vlab. Amrita VLAB adalah sebuah platform laboratorium virtual yang dikembangkan oleh Amrita Vishwa Vidyapeetham, sebuah universitas terkenal di India (Achuthan et al., 2023). Program perkuliahan ini yang akan dievaluasi dari sisi konteks, masukan, proses, dan juga produk yang dihasilkan dari mata kuliah ini.

Setiap program penting untuk dievaluasi dengan berbagai tujuan. Program perkuliahan yang diselenggarakan oleh program studi perlu dievaluasi dengan tujuan mengukur keberhasilan, perbaikan dan pengembangan, akuntabilitas, pengambil keputusan, dan peningkatan kualitas (Suryadin et al., 2022). Evaluasi membantu mengukur sejauh mana program perkuliahan mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dengan mengevaluasi, kita dapat menilai apakah program telah berhasil atau perlu perbaikan. Evaluasi memberikan wawasan tentang kelemahan dan kekuatan program. Hasil evaluasi dapat digunakan untuk memperbaiki dan mengembangkan program agar lebih efektif. Evaluasi juga memastikan akuntabilitas dalam pelaksanaan program. Pihak-pihak yang terlibat dalam program (dosen, mahasiswa, dan pihak administrasi) dapat bertanggung jawab atas hasil evaluasi.

Evaluasi dari aspek konteks, *input*, proses, dan produk dengan model CIPP dapat memberikan hasil yang komprehensif untuk dijadikan dasar perbaikan program (Rachmaniar et al., 2021). Dengan menerapkan model CIPP dalam evaluasi program perkuliahan fisika kuantum berbantuan Virtual Lab, analisis yang komprehensif dari aspek konteks, *input*, proses, dan produk dapat memberikan pandangan holistik terhadap efektivitas dan efisiensi program. Evaluasi konteks akan membantu dalam pemahaman tentang kecocokan program dengan kebutuhan dan lingkungan sekitarnya. Evaluasi *input* akan menilai aspek-aspek seperti kurikulum, sumber daya, dan teknologi yang digunakan. Selanjutnya, evaluasi proses akan mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan dalam implementasi program, sementara evaluasi produk akan menilai hasil akhir dari program tersebut. Dengan demikian, hasil evaluasi yang terperinci dari keempat aspek ini dapat menjadi dasar yang kuat untuk menyusun rekomendasi perbaikan yang konkret guna meningkatkan kualitas dan efektivitas program perkuliahan fisika kuantum berbantuan Virtual Lab (Retnowati et al., 2021).

Evaluasi program perkuliahan fisika kuantum dengan menggunakan virtual lab memiliki signifikansi yang besar dalam menyediakan pengalaman praktis dan mendalam bagi mahasiswa. Melalui virtual lab, mahasiswa dapat menjalani eksperimen dan simulasi yang memungkinkan mereka untuk mengaplikasikan konsep-konsep fisika kuantum secara langsung, meskipun dalam lingkungan virtual (Rodriguez et al., 2020). Evaluasi tersebut memungkinkan pengukuran ketercapaian tujuan pembelajaran, pemahaman konsep, serta kemampuan memecahkan masalah dalam konteks fisika kuantum. Dengan demikian, evaluasi program ini tidak hanya mengukur sejauh mana mahasiswa memahami materi, tetapi juga seberapa baik mereka mampu mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam situasi nyata, memperkaya pengalaman belajar mereka, dan meningkatkan pemahaman mereka terhadap fenomena-fenomena kuantum yang kompleks.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis ingin menganalisis hasil evaluasi program perkuliahan fisika kuantum dengan virtual lab melalui metode evaluasi yang sesuai. Analisis hasil evaluasi program ini dapat dijadikan rujukan untuk perbaikan program perkuliahan juga dapat dijadikan pertimbangan bagi pengambil keputusan terhadap program perkuliahan ini.

## METODE

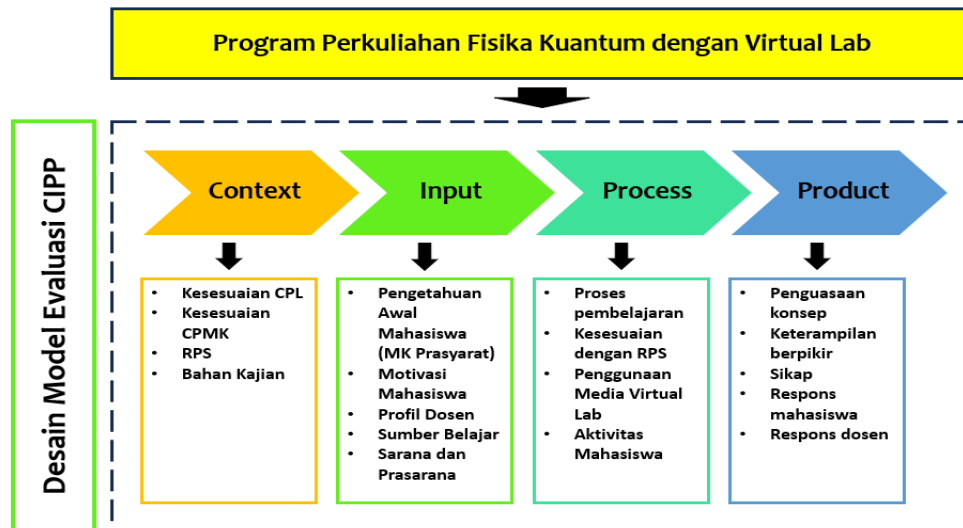
Evaluasi program perkuliahan fisika kuantum ini dilakukan dengan metode campuran. Dalam metode ini, data kuantitatif dan kualitatif diintegrasikan atau “dicampur” dalam desain penelitian tertentu untuk menghasilkan wawasan atau pemahaman yang baru dan lebih lengkap daripada apa yang mungkin diperoleh dari data kuantitatif atau kualitatif saja (Creswell & Clark, 2017). Dalam evaluasi program penggunaan data kualitatif dan kuantitatif secara bersamaan akan memberikan data yang lebih komprehensif terkait program yang sedang dievaluasi.

Evaluasi yang dilakukan menggunakan model evaluasi. Model ini dibangun atas dasar empat tahapan utama program: Konteks (*Context*), Masukan (*Input*), Proses (*Process*), dan Produk (*Product*), yang mencerminkan pentingnya konteks dalam mempertimbangkan pertanyaan evaluasi dan penekanan pada standar dan penggunaan. Pendekatan ini secara tradisional ditujukan untuk perbaikan program dan menekankan penggunaan metode yang beragam, baik kualitatif maupun kuantitatif, untuk mengukur konstruk yang diminati. Stufflebeam, pengembang model ini, menekankan bahwa tujuan evaluasi yang paling penting bukanlah untuk membuktikan, tetapi untuk memperbaiki, meskipun tidak mengecualikan pembuktian sebagai tujuan (Fitzpatrick et al., 2012).

Untuk melaksanakan evaluasi program menggunakan model CIPP, evaluator memulai dengan menilai Konteks (*Context*) untuk memahami lingkungan dan kebutuhan yang mendasari program, kemudian mengevaluasi Masukan (*Input*) untuk menilai sumber daya dan strategi yang direncanakan. Selanjutnya, evaluasi Proses (*Process*) dilakukan untuk memantau implementasi dan pelaksanaan program, mengidentifikasi masalah dan kesuksesan selama proses berlangsung. Akhirnya, evaluasi Produk (*Product*) menilai hasil dan dampak program terhadap targetnya. Pendekatan ini memungkinkan pengambilan keputusan yang berinformasi dengan memanfaatkan temuan evaluasi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi program, serta melibatkan pemangku kepentingan dalam proses evaluasi untuk memastikan relevansi dan kegunaan hasil evaluasi (Rachayu & Bachri, 2023). Pendekatan yang berfokus pada pengambilan keputusan berinformasi melalui evaluasi program yang efektif dan efisien memberikan banyak manfaat.

Program perkuliahan fisika kuantum yang dievaluasi dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Fisika di salah satu perguruan tinggi swasta di Kabupaten Garut. Program perkuliahan dilaksanakan pada semester ganjil tahun akademik 2023/2024 pada mahasiswa semester 7. Untuk pengumpulan data evaluasi program, partisipan yang terlibat sebanyak 30 orang mahasiswa, satu orang dosen pengampu mata kuliah fisika kuantum, dan satu orang ketua program studi.

Desain model evaluasi yang digunakan pada evaluasi program perkuliahan fisika kuantum ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Desain Model Evaluasi Program Perkuliahan Fisika Kuantum

Untuk mengevaluasi konteks digunakan instrumen berupa lembar analisis dokumen yang berisi lembar ceklis kesesuaian capaian pembelajaran, bahan kajian, dan rencana pembelajaran semester. Pada evaluasi input ada dua instrumen yang digunakan yakni lembar observasi dan kuesioner. Lembar observasi mengacu pada karakteristik pembelajaran yang tercantum pada Permendikbud Nomor 3 Tahun 2020 yang terdiri dari delapan karakteristik proses pembelajaran, yaitu interaktif, holistik, integratif, saintifik, kontekstual, tematik, efektif, kolaboratif, dan mengutamakan kreativitas, kapasitas, kepribadian dan kebutuhan mahasiswa. Kuesioner yang digunakan untuk mengevaluasi *input* meliputi kesiapan mahasiswa untuk mengikuti perkuliahan, sumber belajar yang dimiliki mahasiswa, serta kondisi sarana dan prasarana perkuliahan. Evaluasi proses menggunakan instrumen berupa lembar observasi dan format wawancara. Evaluasi produk dilakukan dengan menganalisis nilai mahasiswa pada mata kuliah fisika kuantum serta melihat respons mahasiswa dan dosen terhadap perkuliahan fisika kuantum.

Parameter yang digunakan dalam evaluasi program ini tentunya mengacu pada model CIPP. Parameter tersebut diantaranya CPL program studi yang bersesuaian dengan mata kuliah fisika kuantum, substansi pembelajaran, profil mahasiswa, profil dosen, proses pembelajaran fisika kuantum, dan keterampilan mahasiswa terkait konten fisika kuantum.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil wawancara, kuesioner, dan analisis dokumen terkait program perkuliahan fisika kuantum di Program Studi Pendidikan Fisika diperoleh hasil sebagai berikut.

### Evaluasi Program Perkuliahan Fisika Kuantum Ditinjau dari Aspek *Context*

Berdasarkan hasil analisis RPS mata kuliah fisika kuantum diperoleh hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketersediaan Komponen Dokumen Perencanaan Mata Kuliah Fisika kuantum

No	Komponen Dokumen Perencanaan	Ketersediaan	
		Ya	Tidak
1	Nama Program Studi	√	
2	Nama dan Kode Mata Kuliah	√	

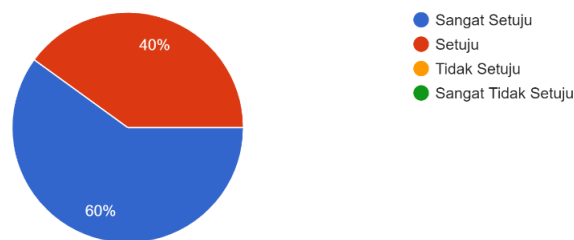
No	Komponen Dokumen Perencanaan	Ketersediaan	
		Ya	Tidak
3	Semester	√	
4	SKS	√	
5	Nama Dosen Pengampu	√	
6	CPL	√	
7	CPMK	√	
8	Bahan kajian	√	
9	Metode Pembelajaran	√	
10	Pengalaman Belajar	√	
11	Kriteria penilaian	√	
12	Indikator penilaian		√
13	Bobot penilaian	√	
14	Daftar Referensi yang digunakan	√	

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa 13 dari 14 komponen standar dokumen perencanaan tersedia dalam RPS. Komponen yang tidak ada adalah indikator penilaian. Indikator penilaian penting untuk mengukur pencapaian dan evaluasi terhadap tujuan yang telah ditetapkan dalam RPS. Keberadaan indikator penilaian akan memungkinkan untuk mengevaluasi sejauh mana tujuan yang telah ditetapkan dalam dokumen perencanaan telah tercapai (Sharifi, 2020).

Dilihat dari kesesuaian CPL dan CPMK dilihat dari dokumen RPS sudah sesuai 100%. Adapun untuk bahan kajian sudah disesuaikan dengan standar minimal yang ada dalam buku kurikulum program studi. Hasil ini menunjukkan bahwa RPS telah memenuhi standar komponen dokumen perencanaan secara substansial dengan tingkat kesesuaian 100%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa RPS telah disusun dengan baik dan telah memperhitungkan aspek penilaian yang penting untuk mengevaluasi pencapaian tujuan pendidikan.

Analisis konteks juga dilakukan melalui kuesioner kepada mahasiswa terkait penyampaian RPS kepada mahasiswa. Hasil jawaban mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 2.

Di awal perkuliahan, dosen menunjukkan RPS Fisika Kuantum atau rencana perkuliahan yang akan dilakukan dalam satu semester.  
30 jawaban

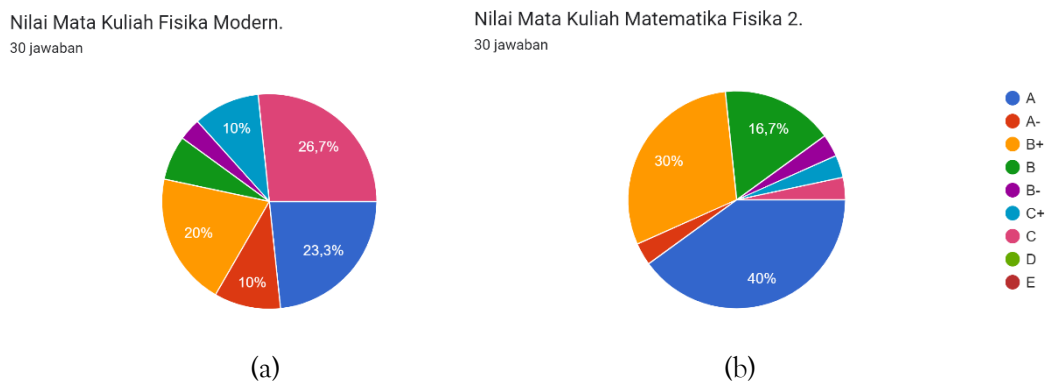


**Gambar 2.** Hasil Kuesioner Terkait Penyampaian RPS kepada Mahasiswa

Berdasarkan hasil ini dapat dilihat bahwa di awal perkuliahan mahasiswa sudah memperoleh gambaran terkait pembelajaran yang akan dilakukan. Hal ini penting bagi mahasiswa untuk memiliki pemahaman yang jelas tentang materi pembelajaran, tujuan pembelajaran, serta harapan yang harus dicapai selama perkuliahan. Ini dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman mahasiswa dalam proses pembelajaran.

### Evaluasi Program Perkuliahan Fisika Kuantum Ditinjau dari Aspek *Input*

Evaluasi pada aspek *input* dilihat dari nilai mata kuliah prasyarat, motivasi mahasiswa, profil dosen, sumber belajar, serta sarana dan prasarana. Untuk nilai mata kuliah prasyarat dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Nilai Mata Kuliah Prasyarat Fisika Kuantum (a) Fisika Modern (b) Matematika Fisika 2

Untuk nilai fisika modern, sebagian besar mahasiswa memperoleh nilai C. Mata kuliah fisika modern ini sangat penting dan erat kaitannya dengan mata kuliah fisika kuantum. Jembatan antara fisika klasik dan fisika kuantum adalah fisika modern (Setiawan & Samsudin, 2023). Karena kemampuan awal mahasiswa terkait konsep fisika modern masih kurang, dosen perlu memberikan penguatan sebelum mempelajari konsep fisika kuantum. Adapun untuk nilai matematika fisika relatif lebih baik dibandingkan fisika modern. Hal ini menunjukkan bahwa dalam menyelesaikan masalah matematis terutama di persoalan fisika kuantum seharusnya tidak akan menjadi persoalan.

Dilihat dari motivasi mahasiswa diperoleh data bahwa 73% mahasiswa merasa semangat untuk mengikuti mata kuliah fisika kuantum. Adapun terkait kesiapan, 86,6% mahasiswa merasa siap untuk mengikuti perkuliahan fisika kuantum. Nilai ini menunjukkan bahwa dari sisi motivasi, mahasiswa sebagian besar memiliki motivasi yang baik untuk mengikuti perkuliahan fisika kuantum. Motivasi ini dapat dibandingkan dengan kesiapan sumber belajar yang dimiliki oleh mahasiswa.

Berdasarkan kuesioner terkait kepemilikan sumber belajar berupa buku referensi fisika kuantum, hanya 56% mahasiswa yang menjawab memiliki buku referensi. Hal ini menunjukkan bahwa dari sisi sumber belajar mahasiswa masih belum maksimal. Padahal buku sumber memiliki fungsi yang penting dalam menunjang proses pembelajaran (Susanto et al., 2023). Setelah dilakukan wawancara kepada tiga orang mahasiswa yang menyatakan tidak memiliki buku referensi, mereka menyatakan bahwa buku referensi fisika modern harganya mahal. Mereka merasa cukup dengan materi yang diberikan oleh dosen di dalam perkuliahan. Dua dari mahasiswa yang diwawancara juga menyatakan bahwa mereka memiliki buku digital untuk referensi mata kuliah fisika kuantum.

Untuk profil dosen, dosen pengampu mata kuliah fisika kuantum ini berlatar belakan magister pendidikan fisika dengan pengalaman memperoleh mata kuliah fisika kuantum pada saat kuliah di S1. Dosen ini bari pertama kali mengampu mata kuliah fisika kuantum. Berdasarkan hasil wawancara, dosen kesulitan untuk mempersiapkan materi fisika kuantum apalagi untuk pelaksanaan kegiatan eksperimen. Dosen yang bersangkutan mencoba menggunakan virtual lab sebagai media bantu.

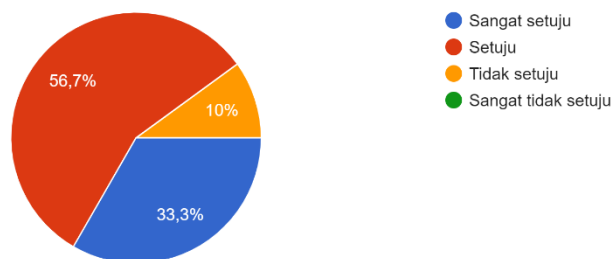
Berkaitan dengan sarana dan prasarana, mahasiswa menyatakan bahwa fasilitas di kelas sudah memadai untuk melaksanakan perkuliahan fisika kuantum. Hal ini berbeda dengan jawaban dari dosen yang menyatakan bahwa fasilitas perkuliahan masih sangat terbatas. Penggunaan virtual lab baru bisa didemonstrasikan saja dan diikuti oleh beberapa mahasiswa saja yang membawa laptop.

### Evaluasi Program Perkuliahan Fisika Kuantum Ditinjau dari Aspek *Process*

Evaluasi program pada aspek proses diperoleh dari data hasil observasi pembelajaran, kuesioner mahasiswa, dan wawancara dosen. Observasi pembelajaran mengacu pada standar karakteristik pembelajaran dalam Permendikbud No. 3 Tahun 2020 yang meliputi 9 kriteria. Setiap kriteria ini diobservasi dengan empat skala bertingkat. Hasil observasi secara keseluruhan memperoleh persentase 69,4%. Karakteristik yang masih rendah dalam proses pembelajaran diantaranya holistik, integratif, dan pembelajaran yang mengutamakan pengembangan kreativitas, kapasitas, kepribadian, dan kebutuhan mahasiswa, serta mengembangkan kemandirian dalam mencari dan menemukan pengetahuan.

Berdasarkan hasil kuesioner kepada mahasiswa, 100% mahasiswa menyatakan bahwa pelaksanaan perkuliahan fisika kuantum sesuai dengan jadwal dan RPS yang diberikan. Adapun terkait penggunaan media dan virtual lab diperoleh hasil seperti pada Gambar 4.

Pada saat perkuliahan fisika kuantum, dosen menggunakan media pembelajaran berupa simulasi komputer atau virtual lab.  
30 jawaban



**Gambar 4.** Respons Mahasiswa Terhadap Penggunaan Media Virtual Lab

Sebanyak 10% mahasiswa menyatakan dosen tidak menggunakan virtual lab pada saat perkuliahan fisika kuantum. Setelah dianalisis RPS, penggunaan virtual lab tidak dilakukan di setiap pertemuan. Penggunaan virtual lab juga sebatas didemonstrasikan kepada mahasiswa, tanpa dipraktikkan langsung oleh mahasiswa. Hal ini sejalan dengan hasil kuesioner yang menyatakan hanya 50% mahasiswa yang bisa menggunakan virtual lab sendiri.

Dari data yang ditemukan ini, perlu dievaluasi terkait penggunaan virtual lab yang belum maksimal di aspek proses. Perbaikan bisa dilakukan melalui peninjauan ulang metode pengajaran, pelatihan tambahan bagi pengajar, atau peningkatan infrastruktur teknologi guna memaksimalkan manfaat dan efektivitas penggunaan virtual lab dalam proses pembelajaran (Bhute et al., 2021). Dalam hal ini, peningkatan infrastruktur teknologi sangat penting untuk memastikan bahwa virtual lab dapat digunakan secara maksimal. Hal ini bisa mencakup peningkatan koneksi internet, penyediaan perangkat lunak yang diperlukan, dan pemeliharaan perangkat keras. Selain itu, pelatihan tambahan bagi pengajar juga sangat diperlukan agar mereka dapat memanfaatkan virtual lab secara efektif dalam pembelajaran. Dengan demikian, perbaikan dalam aspek proses penggunaan virtual lab ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pembelajaran fisika kuantum di institusi pendidikan tersebut.

Dari sisi aktivitas mahasiswa berdasarkan hasil observasi, mahasiswa cenderung pasif dalam mengikuti perkuliahan fisika kuantum. Perkuliahan didominasi dengan ceramah dan penjelasan oleh dosen. Ada beberapa pertanyaan yang muncul dari mahasiswa pada saat proses perkuliahan, namun tidak banyak. Berdasarkan hasil kuesioner menunjukkan bahwa mahasiswa yang selalu bertanya hanya 10% dan 20% menyatakan tidak pernah bertanya sama sekali dan 46% hanya pernah bertanya sekali. Hal ini tentunya berdampak pada proses pembelajaran yang seharusnya bersifat interaktif.

Pembelajaran yang interaktif merupakan metode yang melibatkan partisipasi aktif dari peserta didik, memungkinkan mereka untuk terlibat langsung dalam proses belajar (Hasja et al., 2023). Hal ini menciptakan lingkungan di mana peserta didik dapat berinteraksi dengan materi pelajaran, menyelidiki konsep-konsep, dan menerapkan pengetahuan dalam situasi nyata. Dengan pendekatan ini, pembelajaran menjadi lebih menarik, memfasilitasi pemahaman yang lebih dalam, serta memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan keterampilan kritis dan kreatif secara aktif.

Penggunaan virtual lab dalam perkuliahan fisika kuantum dilihat dari aspek proses masih perlu diperbaiki. Mahasiswa tidak hanya memperhatikan demonstrasi yang dilakukan oleh dosen, namun juga dapat melakukan sendiri simulasi konsep-konsep fisika kuantum dengan virtual lab. Virtual lab yang digunakan harus memicu aktivitas mahasiswa dalam perkuliahan dan melatih keterampilan-keterampilan mahasiswa dalam konteks fisika kuantum.

#### Evaluasi Program Perkuliahan Fisika Kuantum Ditinjau dari Aspek *Product*

Evaluasi aspek produk mengacu pada hasil belajar mahasiswa berupa penguasaan konsep, keterampilan berpikir, sikap, dan respons terhadap program perkuliahan fisika kuantum. Dalam menganalisis hasil belajar, evaluasi dilakukan dengan melihat soal ujian dan hasil ujian yang diperoleh oleh mahasiswa. Ujian pada mata

kuliah fisika kuantum dilakukan sebanyak dua kali yakni UTS dan UAS. Penilaian lain yang dilakukan oleh dosen berasal dari tugas-tugas yang isinya latihan soal-soal terkait konten fisika kuantum.

Berdasarkan soal UTS, terdapat lima butir soal uraian dengan komposisi 60% soal pemahaman konsep dan 40% soal aplikasi konsep fisika kuantum terkait fenomena-fenomena kuantum. Hasil UTS menunjukkan rata-rata nilai mahasiswa adalah 69,6 dari skala 100. Sebanyak 51,72% mahasiswa mendapatkan nilai di bawah 60, hal ini dapat disimpulkan bahwa pemahaman mahasiswa terhadap konsep fisika kuantum pada materi fenomena-fenomena kuantum. Dilihat dari soal UAS, terdapat lima butir soal uraian dengan komposisi 40% soal pemahaman konsep, 40% aplikasi konsep, dan 20% soal analitis terkait fungsi gelombang dan persamaan fungsi keadaan. Nilai rata-rata yang diperoleh mahasiswa pada UAS ini jauh lebih rendah yakni 56,86 dengan persentase nilai di bawah 60 sebanyak 56,67%. Hasil ujian ini dapat menjadi indikator penguasaan konsep mahasiswa pada materi fisika kuantum. Persentase jumlah mahasiswa yang mendapatkan nilai lebih dari 60 hanya 43,3% menunjukkan sebagian besar mahasiswa memiliki penguasaan konsep yang rendah terkait fisika kuantum.

Hasil belajar mahasiswa dilihat dari penguasaan konsep masih perlu ditingkatkan. Oleh karena perlu perbaikan dari program perkuliahan untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa terutama dari aspek penguasaan konsep. Kajian mengenai fungsi gelombang dan fungsi keadaan perlu penekanan yang lebih dibandingkan dengan kajian fungsi keadaan dan probabilitas. Perbaikan ini bisa dilakukan dengan berbagai hal seperti penggunaan media, perbaikan bahan ajar, menggunakan metode dan strategi pembelajaran yang sesuai (Faisal et al., 2023; Jupri et al., 2022; Purwaningsih et al., 2022). Perbaikan yang dilakukan dapat diarahkan pada input dan proses program perkuliahan.

Berbeda dengan hasil respons mahasiswa, 70% mahasiswa menyatakan dapat memahami fisika kuantum. Hanya 20% yang menyatakan kurang paham dan 3,3% yang tidak paham. Hal ini sedikit bertentangan dengan hasil ujian yang diperoleh mahasiswa. Perbedaan ini bisa menjadi salah satu indikator adanya mahasiswa yang mengalami miskonsepsi terhadap konsep fisika kuantum. Tentunya hasil ini perlu diperkuat dengan tes diagnostik miskonsepsi secara komprehensif.

Berdasarkan hasil wawancara kepada dosen, penguasaan konsep mahasiswa terkait fisika kuantum masih rendah. Mahasiswa mengalami kesulitan dalam menyelesaikan persoalan-persoalan fungsi keadaan secara matematis. Dosen juga menyoroti bahwa mahasiswa sering kali kesulitan dalam memahami dasar-dasar mekanika kuantum dan konsep-konsep yang kompleks. Oleh karena itu, perlu adanya pendekatan pembelajaran yang memungkinkan para mahasiswa untuk meningkatkan pemahaman mereka terhadap fisika kuantum melalui pemecahan masalah matematika (Pospiech et al., 2021). Dalam hal ini, penggunaan metode pembelajaran yang menekankan pada penerapan konsep matematika dalam konteks fisika kuantum dapat menjadi solusi yang efektif (Markus et al., 2021).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dalam dokumen evaluasi program perkuliahan fisika kuantum di Program Studi Pendidikan Fisika, dapat disimpulkan beberapa hal penting. Pertama, penguasaan konsep fisika kuantum oleh mahasiswa perlu ditingkatkan melalui perbaikan program perkuliahan, penekanan pada fungsi gelombang dan fungsi keadaan, serta penggunaan metode pembelajaran yang sesuai. Mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep fisika kuantum, terutama dalam menyelesaikan persoalan matematis dan memahami dasar-dasar mekanika kuantum. Penggunaan virtual lab sebagai media bantu dalam pembelajaran fisika kuantum dapat membantu meningkatkan pemahaman mahasiswa, namun efektivitasnya perlu diteliti lebih lanjut. Evaluasi program perkuliahan fisika kuantum dari aspek proses menunjukkan masih terdapat kekurangan dalam karakteristik pembelajaran holistik, integratif, dan pengembangan kreativitas mahasiswa. Dari aspek *input*, evaluasi menyoroti pentingnya nilai mata kuliah prasyarat, motivasi mahasiswa, profil dosen, sumber belajar, serta sarana dan prasarana yang memadai. Hasil ujian menunjukkan sebagian besar mahasiswa memiliki penguasaan konsep yang rendah terkait fisika kuantum, terutama pada materi fenomena-fenomena kuantum. Dengan demikian, perlu adanya upaya untuk meningkatkan kualitas program perkuliahan fisika kuantum melalui peningkatan penguasaan konsep, penggunaan metode pembelajaran yang efektif, pemanfaatan virtual lab, serta peningkatan kualitas aspek proses dan *input* dalam pembelajaran fisika kuantum.

### Daftar Pustaka

- Achuthan, K., Kolil, V. K., & Jyothy, S. N. (2023). Effectiveness of Virtual Laboratory Teacher Training Workshops: A Kirkpatrick Model Analysis. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(15). <https://doi.org/10.0.15.151/ijet.v18i15.40037>
- Aini, N. R., Irianto, I. D., Hamid, A. A., & Thompson, B. B. (2020). Sejarah Perkembangan Fisika (Kuantum) Dari Klasik Hingga Modern. *Diktat Kuliah Termodinamika*, 4 (3), 22–32.
- Aspect, A., Clauser, J. F., & Zeilinger, A. (2022). *Pioneering quantum information science*. <https://doi.org/10.1038/s43588-022-00368-0>
- Bauer, C. W., Davoudi, Z., Balantekin, A. B., Bhattacharya, T., Carena, M., De Jong, W. A., Draper, P., El-Khadra, A., Gemelke, N., & Hanada, M. (2023). Quantum simulation for high-energy physics. *PRX Quantum*, 4(2), 27001. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.027001>
- Bouchée, T., de Putter-Smits, L., Thurlings, M., & Pepin, B. (2022). Towards a better understanding of conceptual difficulties in introductory quantum physics courses. *Studies in Science Education*, 58(2), 183–202. <https://doi.org/10.1080/03057267.2021.1963579>
- Faisal, S., Supardi, U. S., & Sriyono, H. (2023). Aplikasi Media Pembelajaran Berbasis ICT Pada Sub Materi Mekanika Kuantum. *ALFARISI: Jurnal Pendidikan MIPA*, 4(3).
- Fitria, N., Aziizi, M. K. R., Hardoyo, T., Supriadi, B., Harjianto, A., & Junaidi, M. R. (2023). PENGGUNAAN PhET SIMULATION UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS DAN HASIL BELAJAR SISWA SMP ISLAM PANGGUL. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 428–438. <https://doi.org/10.37478/optika.v7i2.3394>
- Ghazinejad, M., Khoshnoud, F., & Porter, S. (2021). Enhancing Interactive Learning in Engineering Classes by Implementing Virtual Laboratories. *2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637319>
- Hasja, N. F. B., Hamka, L., & Rahman, S. (2023). Peningkatan Partisipasi Aktif Siswa dalam Pembelajaran IPA dengan Menggunakan Metode Collaborative Learning. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Pembelajaran*, 5(3), 667–675. <https://doi.org/10.31970/pendidikan.v5i3.860>
- Irvani, A. I., Rochintaniawati, D., Riandi, R., Sinaga, P., & Henukh, A. (2024). Analysis of Quantum Physics Lectures from the Perspective of the MBKM and OBE Based Higher Education Curriculum. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 10(1), 44–54. <https://doi.org/10.29303/jpft.v10i%601.6390>
- Jupri, R., Zakaria, P., Majid, M., Resmawan, R., & Isa, D. R. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Quantum Teaching Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Operasi Himpunan. *Euler: Jurnal Ilmiah Matematika, Sains Dan Teknologi*, 10(2), 274–281.
- Markus, L., Sungkim, S., & Ishak, M. Z. Bin. (2021). Issues and challenges in teaching secondary school quantum physics with integrated STEM education in Malaysia. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(5), 190–202.
- Mateo, J. F. (2021). John Dewey's theory of inquiry. Quantum physics, ecology and the myth of the scientific method. *Ágora. Papeles de Filosofía*, 40(1), 133–154.
- Pospiech, G., Merzel, A., Zuccarini, G., Weissman, E., Katz, N., Galili, I., Santi, L., & Michelini, M. (2021). The role of mathematics in teaching quantum physics at high school. *Teaching-Learning Contemporary Physics: From Research to Practice*, 47–70.
- Purwaningsih, S., BERTHALITA P, F., & Lestari, N. (2022). *Integrasi animasi dan simulasi dengan menggunakan Program matlab pada matakuliah fisika Kuantum*.
- Rachayu, I., & Bachri, B. S. (2023). Evaluasi Program Kompetensi Pedagogi Sebagai Calon Guru Terus Bergerak, Tergerak Dan Menggerakkan (Ttm) Era Kurikulum Merdeka Melalui Pengalaman Lapangan. *JIM: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*, 8(3), 3215–3225.

- Rachmaniar, R., Yahya, M., & Lamada, M. (2021). Evaluation of Learning through Work Practices Industry Program at University with the CIPP Model Approach. *International Journal of Environment, Engineering and Education*, 3(2), 59–68.
- Retnowati, T. H., Mardapi, D., Kartowagiran, B., & Hamdi, S. (2021). A Model of Lecturer Performance Evaluation: Sustainable Lecturer Performance Mapping. *International Journal of Instruction*, 14(2), 83–102.
- Rodriguez, L. V., van der Veen, J. T., Anjewierden, A., van den Berg, E., & de Jong, T. (2020). Designing inquiry-based learning environments for quantum physics education in secondary schools. *Physics Education*, 55(6), 65026.
- Serrano-Perez, J. J., González-García, L., Flacco, N., Taberner-Cortés, A., García-Arnandis, I., Pérez-López, G., Pellín-Carcelén, A., & Romá-Mateo, C. (2023). Traditional vs. virtual laboratories in health sciences education. *Journal of Biological Education*, 57(1), 36–50.
- Seskir, Z. C., Migdał, P., Weidner, C., Anupam, A., Case, N., Davis, N., Decaroli, C., Ercan, İ., Foti, C., & Gora, P. (2022). Quantum games and interactive tools for quantum technologies outreach and education. *Optical Engineering*, 61(8), 81809.
- Sinaga, P., & Setiawan, W. (2022). The impact of electronic interactive teaching materials (EITMs) in e-learning on junior high school students' critical thinking skills. *Thinking Skills and Creativity*, 46, 101066.
- Sulaeman, N. F., Nuryadin, A., & Efwinda, S. (2023). *Teaching Physics Within New Indonesia Curriculum "Kurikulum Merdeka": Reflection for Teacher Education Institution*.
- Suryadin, A., Sari, W. P., & Nurfitriani, M. P. (2022). *Evaluasi Program Model CIPP (Context, Input, Process, and Product) antara Teori dan Praktiknya*. Samudra Biru.