



Analisis Pemahaman Konsep Mahasiswa Pada Materi Gejala Kuantum Menggunakan Quantum Physics Conceptual Survey

Suharli A. J^{1*}, M Furqon¹, Neneng Lestari¹, Budi Eka Dharma¹, Hebat Shidow Falah¹, Muhammad Khoirul Antony²,

¹Pendidikan Fisika, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

²Pendidikan Biologi, Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Abstrak

Fisika kuantum merupakan salah satu kategori dari ilmu fisika yang memerlukan pemahaman konsep yang kuat. Pemahaman konsep menjadi fondasi penting bagi mahasiswa dalam memecahkan berbagai fenomena alam, membantu menyelesaikan persoalan kuantitatif dan membangun kerangka berpikir logis dan konsisten. Oleh karena itu, analisis tingkat pemahaman konsep mahasiswa diperlukan sebagai dasar dalam merancang strategi pembelajaran yang sesuai dan efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pemahaman konsep fisika pada materi gejala kuantum dari mahasiswa Pendidikan fisika FKIP Universitas Jambi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif dengan teknik *purposive sampling* yang melibatkan 36 mahasiswa dan menggunakan instrument tes diagnostik *two-tier* dari *Quantum Physics Conceptual Survey* (QPCS). Hasil tes dianalisis berdasarkan kategori jawaban untuk menghitung persentase tingkat pemahaman konsep mahasiswa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa terhadap materi gejala kuantum sangat beragam baik paham konsep, miskonsepsi, dan tidak paham konsep. Miskonsepsi muncul akibat dari kesalahan konseptual dari pengetahuan awal mahasiswa, sedangkan ketidakpahaman konsep dicerminkan oleh keterbatasan dalam menghubungkan konsep-konsep dasar dan prinsip dasar dengan permasalahan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat pemahaman konsep mahasiswa dan dapat mengkolaborasikan pendekatan konseptual dengan strategi pembelajaran yang interaktif sehingga mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan pemahaman konsep.

Masuk:

24 Februari 2025

Diterima:

28 April 2025

Diterbitkan:

30 Juni 2025

Kata kunci:

Fisika Kuantum,
Gejala Kuantum,
Pemahaman Konsep,
QPCS.

PENDAHULUAN

Fisika adalah studi fundamental yang mempelajari dan memahami mengenai fenomena alam termasuk materi, energi serta interaksi keduanya melalui ruang dan waktu (Khandagale & Chavan, 2017). Fisika juga dipandang sebagai cara berpikir dalam memahami dan menguasai alam (Astutik dkk., 2021). Salah satu dari kategori ilmu fisika adalah fisika kuantum. Fisika kuantum adalah

cabang ilmu fisika yang mempelajari fenomena pada skala mikroskopis. Dengan kata lain, fisika kuantum berurusan dengan dunia yang sangat kecil, seperti partikel subatomik, atom, dan partikel di dalamnya. Di dalam fisika kuantum, berbagai fenomena yang terjadi sulit dijelaskan secara mekanika klasik. Fisika kuantum juga membantu dalam memahami perilaku materi dan energi pada tingkat atom dan subatomik. Dalam

*Korespondensi: Suharli A. J

✉ suharliaj@unja.ac.id

📍 Universitas Jambi, Jl. Jambi – Muara Bulian No.KM. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi

mempelajari fisika kuantum, mahasiswa seringkali menghadapi kesulitan yang signifikan karena harus memiliki pemahaman matematika tingkat tinggi dan konsep yang tepat (Abdurrahman dkk., 2018). Banyak siswa menganggap prinsip-prinsip fisika kuantum berlawanan dengan intuisi karena mereka sangat berbeda dari pengalaman dunia sehari-hari kita. Maka dari itu, diperlukan pemahaman konsep fisika kuantum yang baik untuk memecahkan masalah dengan benar (Kassiavera dkk., 2020).

Pemahaman konsep merupakan kemampuan dalam menghubungkan pengetahuan yang dimiliki dengan hal baru, sehingga peserta didik tidak hanya mampu menghafal, tetapi juga menerapkan konsep dalam berbagai konteks (Suyono & Hariyanto, 2011). Dalam pembelajaran fisika, Pemahaman yang kuat akan menjadi fondasi bagi mahasiswa dalam memecahkan berbagai fenomena yang terjadi terutama fenomena kuantum. Dengan pemahaman konsep yang baik, mahasiswa mampu mengembangkan pemahaman konsep yang komprehensif sehingga dapat menguasai ilmu fisika secara menyeluruh terutama di tingkat lanjut (Doyan dkk., 2020).

Selain itu, pemahaman konsep yang mendalam dapat membantu mahasiswa dalam menyelesaikan persoalan kuantitatif dan membangun kerangka berpikir logis dan konsisten dalam memahami fenomena mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung. Tanpa pemahaman konsep yang kuat, mahasiswa cenderung mengandalkan hafalan rumus tanpa mengetahui kapan dan dimana rumus tersebut digunakan, sehingga dapat menyebabkan miskonsepsi yang persisten (McKagan dkk., 2008). Pendekatan pembelajaran yang menekankan pada penguasaan konseptual sangat penting dan dianjurkan dalam membantu mahasiswa untuk membangun pemahaman yang lebih bermakna terhadap konsep-konsep abstrak dalam fisika kuantum (Singh & Marshman, 2015). Pendekatan konseptual dapat juga dikolaborasikan dengan strategi

pembelajaran yang interaktif, seperti penggunaan analogi visual, simulasi interaktif dan diskusi kelompok sehingga dapat mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan pemahaman konsep. Namun, sebelum menggunakan pendekatan dengan strategi pembelajaran yang tepat, kita perlu mengetahui terlebih dahulu tingkat pemahaman mahasiswa sehingga strategi pembelajaran yang diterapkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan, karakteristik, dan kesiapan kognitif mereka guna mencapai efektivitas pembelajaran yang optimal. Oleh karena itu, penting untuk melakukan identifikasi terhadap tingkat pemahaman mahasiswa sebagai dasar dalam merancang strategi pembelajaran yang sesuai dan efektif.

Berdasarkan penelitian Irvani dkk (2024) yang menggunakan metode kualitatif dengan teknik triangulasi data menunjukkan bahwa pemahaman mahasiswa terhadap konsep fisika pada mata kuliah fisika kuantum bervariasi. Hasil ini menunjukkan sebagian mahasiswa menemui kendala dalam memahami konsep yang lebih abstrak dan juga mengalami kesulitan dalam memahami persamaan matematis.

Penelitian serupa ditunjukkan oleh Siahaan (2024) menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan instrumen penelitian berupa soal pemahaman konsep dan soal kesulitan siswa dalam materi fisika kuantum. Penelitian ini menunjukkan hasil pemahaman konsep secara keseluruhan masuk dalam kategori rendah dan mengalami kesalahan dalam memahami beberapa konsep fisika kuantum. Selain itu, Porter & Heckler (2020) juga menyelidiki dampak sesi kerja kelompok terbimbing terhadap kinerja mahasiswa dalam perkuliahan mekanika kuantum. Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa mahasiswa kesulitan dalam mempelajari konsep fisika kuantum terutama dalam menggambarkan sketsa fungsi gelombang dalam sumur potensial dengan benar. Penelitian lain juga dilakukan oleh Passante & Kohnle (2019) menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam penalaran

matematis dan visual dalam memecahkan permasalahan fisika kuantum terutama materi ketergantungan waktu melalui pengembangan dan evaluasi simulasi-tutorial gabungan.

Berbeda dari penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan instrumen tes diagnostik *two-tier* dari *Quantum Physics Conceptual Survey* (QPCS). Metode deskriptif bersumber dari hasil pengamatan dan hasil eksplorasi di lapangan secara struktur dan sistematis (Waruwu, 2024). Oleh karena itu, metode ini memberikan pemahaman fenomena secara holistik dan mendalam. Untuk memperoleh gambaran yang menyeluruh terhadap pemahaman konseptual mahasiswa, penelitian ini menggunakan instrumen QPCS yang selaras dengan pendekatan deskriptif. Instrumen QPCS digunakan secara luas untuk mengukur pemahaman konseptual siswa sebelum dan sesudah diberikan perlakuan dan mengevaluasi efektivitas berbagai metode pengajaran yang relevan (Nyirahabimana dkk., 2023). Validitas dan reliabilitas instrumen juga dapat diandalkan untuk menilai pengetahuan konseptual dalam fisika kuantum terutama di lingkungan sekolah dan universitas (Nikolaus dkk., 2024; Wuttiprom dkk., 2009; Zollman dkk., 2002).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat pemahaman konsep fisika pada materi gejala kuantum dari mahasiswa Pendidikan fisika FKIP Universitas Jambi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai tingkat pemahaman mahasiswa terhadap konsep gejala kuantum serta menjadi dasar bagi pengembangan strategi pembelajaran yang lebih tepat guna meningkatkan kualitas pembelajaran fisika kuantum.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode ini bertujuan untuk menggambarkan suatu objek atau subjek yang diteliti secara sistematis, fakta dan karakteristik untuk

memperoleh hasil yang tepat dan akurat. Dalam pengambilan sampel, penelitian menggunakan teknik *purposive sampling* yang melibatkan 36 mahasiswa semester 6 Pendidikan Fisika FKIP, Universitas Jambi. Pemilihan sampel ini didasarkan pada pertimbangan bahwa mahasiswa yang terlibat telah memperoleh dasar-dasar ilmu fisika yang cukup dan sedang mempelajari materi fisika kuantum secara aktif. Melalui *purposive sampling*, peneliti dapat lebih memusatkan perhatian kepada individu atau kelompok yang paling relevan, sehingga data yang diperoleh menjadi lebih kaya dan mendalam (Subhaktiyasa, 2024).

Teknik pengumpulan data menggunakan instrumen tes diagnostik *two-tier* yang mana soalnya bertingkat dua (Chandrasegaran dkk., 2007). Teknik ini disusun dalam format tes tertulis berbasis kertas (*paper-based test*). Teknik ini terdiri dari dua tingkat pertanyaan, dimana *tier* pertama menguji pemahaman konseptual melalui pilihan ganda, dan *tier* kedua menggali alasan atau penalaran dibalik jawaban yang dipilih. Oleh karena itu, teknik ini tidak hanya mengidentifikasi jawaban benar, tetapi juga tingkat pemahaman mahasiswa.

Instrumen tes yang digunakan dalam pengumpulan data adalah *Quantum Physics Conceptual Survey* (QPCS) yang diperoleh dari *Physport*. Instrumen yang digunakan pada tes ini berupa soal pilihan ganda bertingkat dua yang berjumlah 10 butir soal. Instrumen ini bertujuan untuk mengukur tingkat pemahaman konseptual mahasiswa terhadap konsep-konsep dasar fisika kuantum. Dari sisi validitas, QPCS memiliki validitas isi yang kuat karena pengembangannya berdasarkan kajian literatur fisika kuantum dan melibatkan ahli fisika serta pendidik dalam proses penyusunannya (Wuttiprom dkk., 2009). Penelitian lainnya, Zollman dkk (2002) mendukung bahwa instrumen ini secara konsisten mengukur pemahaman konsep fisika kuantum. Dari sisi reliabilitas, instrumen ini menunjukkan konsistensi internal yang baik dengan nilai Cronbach's alpha di atas 0,7. Hal ini berarti bahwa butir-butir soal saling berhubungan dalam

mengukur konsep yang sama (McKagan dkk., 2010). Dengan demikian, instrumen ini cocok dan tepat untuk mengidentifikasi kategori jawaban mahasiswa secara mendalam. Kategori jawaban dari instrumen tes diagnostik *two-tier* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Jawaban dari Instrumen *Two-Tier*

Kategori	Jawaban	Alasan
Paham Konsep	Benar	Salah
Miskonsepsi	Benar	Salah
Miskonsepsi	Salah	Benar
Tidak Paham	Salah	Salah

(Ariska dkk., 2021)

Hasil jawaban dari tes kemudian dianalisis tiap kategori jawaban. Analisis ini bertujuan untuk menghitung besar nilai persentase mahasiswa yang paham konsep, tidak paham konsep, dan miskonsepsi yang mana menggunakan rumus persentase yang ditunjukkan pada persamaan (1).

$$P = \frac{f}{N} \quad (1)$$

dengan P adalah nilai persentase, f adalah frekuensi, dan N adalah jumlah mahasiswa (Febrianti dkk., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman dari mahasiswa terhadap konsep-konsep fisika kuantum yang diujikan dalam tes diagnostik. Tes ini dirancang untuk mengidentifikasi tidak hanya jawaban yang benar, tetapi juga alasan di balik pilihan jawaban mahasiswa. Dengan demikian, setelah data dikumpulkan, hasil jawaban dari mahasiswa dikategorikan dan dianalisis tiap jawaban yang terdiri dari paham konsep, miskonsepsi, dan tidak paham konsep. Persentase dari tiap kategori jawaban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Pemahaman Konsep Awal Mahasiswa

Nomor Soal	Kategori Tingkat Pemahaman Konsep Mahasiswa (%)		
	Paham Konsep	Miskonsepsi	Tidak Paham Konsep
1	38.89	41.66	19.44
2	13.89	19.44	63.89
3	2.77	8.33	88.89
4	0.0	0.0	100
5	0.0	0.0	100
6	13.88	47.22	38.88
7	16.67	47.22	36.11
8	33.33	16.67	50
9	36.11	55.56	58.33
10	44.44	2.78	52.78

Hasil analisis pemahaman konsep awal mengenai gejala kuantum dari mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Jambi dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis instrumen tes menghasilkan kategori pemahaman konsep awal yang beragam dari tiap butir. Persentase tertinggi dari kategori paham konsep terdapat pada butir soal nomor 1 sebesar 38,89%. Kategori miskonsepsi tertinggi terdapat pada butir soal nomor 9 sebesar 55,56% dan kategori

tidak paham konsep sebesar 100% pada butir soal nomor 4 dan 5. Untuk memberikan gambaran pemahaman konsep awal yang lebih komprehensif, analisis mendalam terhadap setiap butir soal diperlukan guna mengidentifikasi tingkat pemahaman konsep, serta aspek-aspek yang memerlukan perbaikan dalam proses pembelajaran.



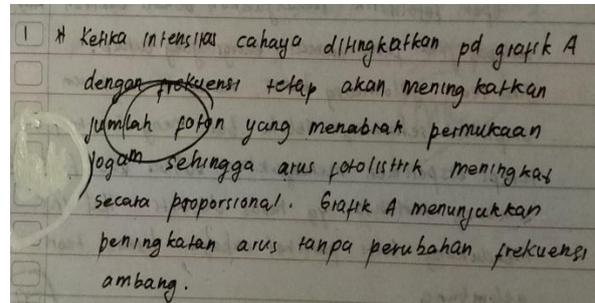
Gambar 1. Diagram Persentase Pemahaman Konsep Terhadap Gejala Kuantum

Selain itu, persentase secara keseluruhan pemahaman konsep terhadap gejala kuantum sangat beragam baik paham konsep, miskonsepsi, dan tidak paham konsep. Hasil persentase rata-rata pemahaman konsep mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 1. Persentase rata-rata pemahaman konsep awal diperoleh 19% paham konsep, 23% miskonsepsi dan 58% tidak paham konsep. Dengan kata lain, hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep gejala kuantum, dengan proporsi yang signifikan mengalami miskonsepsi dan ketidakpahaman.

Hasil penelitian secara keseluruhan dan mendalam juga menunjukkan bahwa miskonsepsi dalam fisika kuantum sering kali terjadi akibat kurangnya pemahaman mahasiswa terhadap konsep dasar momentum dan energi dalam sistem gelombang partikel. Hasil ini relevan dengan penelitian sebelumnya oleh Singh (2008) dan Zhu & Singh (2012) melalui survey dan wawancara pada mahasiswa yang menunjukkan adanya kesulitan universal dalam memahami konsep dasar fisika kuantum. Kesulitan muncul karena mahasiswa cenderung menggeneralisasi konsep-konsep yang dipelajari di konteks klasik ke dalam fenomena kuantum.

Butir soal nomor 1 dan 2 membahas mengenai hipotesis dari eksperimen efek fotolistrik. Sebuah frekuensi dari sumber cahaya ditembakkan ke permukaan *photosensitive. Photoelectron* yang dikeluarkan dikumpulkan pada sebuah anode. Hasil eksperimen akan menampilkan grafik kuat

arus (I) terhadap frekuensi (f). Pada butir soal nomor 1 menanyakan grafik I terhadap f ketika intensitas cahayanya di tingkatkan.

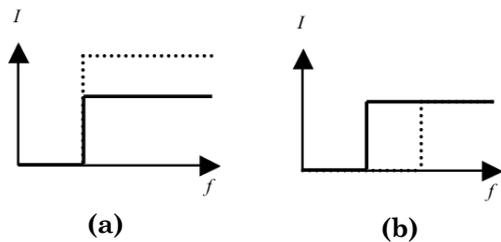


Gambar 2. Miskonsepsi Mahasiswa pada Soal Nomor 1

Hasil analisis pemahaman konsep mahasiswa menunjukkan 38,89% paham konsep yang mana mahasiswa menjawab pertanyaan dengan benar dan memberikan alasan dengan tepat mengenai pengaruh intensitas cahaya pada efek fotolistrik. Ketika intensitas cahaya ditingkatkan pada efek fotolistrik, maka arus juga akan meningkat. Hal ini terjadi karena intensitas cahaya yang lebih tinggi akan menghasilkan lebih banyak foton yang jatuh pada permukaan logam dengan syarat frekuensi lebih besar daripada frekuensi ambang, sehingga lebih banyak elektron yang terlepas dari permukaan logam. Akibatnya, besar kuat arus bertambah. Grafik kuat arus terhadap frekuensi yang benar ditunjukkan oleh Gambar 3(a). Ketika intensitas cahaya ditingkatkan, grafik kuat arus (I) juga akan mengalami peningkatan.

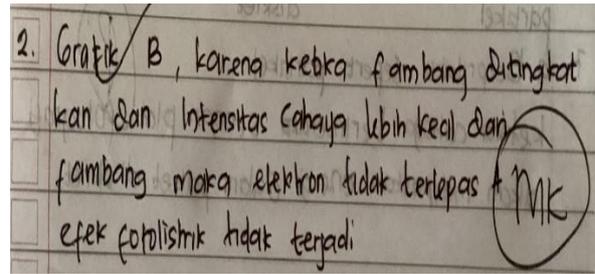
Hasil analisis juga menunjukkan adanya miskonsepsi sebesar 41,66% dimana mahasiswa benar menjawab tetapi salah dalam memberikan alasan. Mahasiswa beranggapan bahwa pada efek fotolistrik, peningkatan intensitas cahaya berarti jumlah foton yang ditembakkan meningkat tanpa memperhatikan nilai frekuensi yang mana harus lebih tinggi daripada nilai frekuensi ambang seperti jawaban mahasiswa yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Pada kategori tidak paham konsep diperoleh sebesar 19,44% dimana mahasiswa salah dalam memilih grafik dan tidak memberikan alasan yang tepat.

Hasil penelitian ini bersesuaian dengan penelitian sebelumnya Mulyati dkk (2018) yang menunjukkan bahwa hanya sekitar 35% mahasiswa saja yang benar menjawab mengenai hubungan intensitas sinar terhadap kuat arus yang dihasilkan. Mahasiswa beranggapan bahwa intensitas sinar tidak mempengaruhi banyaknya elektron yang lepas dan energi kinetik elektron sebanding dengan banyaknya elektron yang terlepas dari plat.



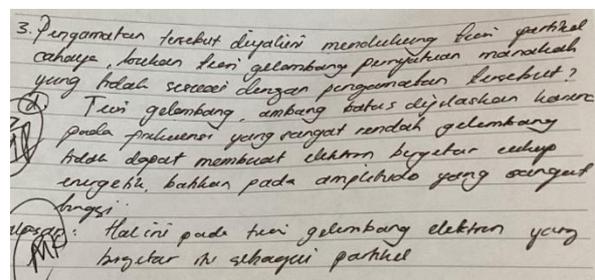
Gambar. 3 Grafik Hubungan Kuat Arus (I) terhadap Frekuensi (f) (a) Peningkatan Kuat Arus, dan (b) Peningkatan Frekuensi (Sumber: *Quantum Physics Conceptual Survey*)

Butir soal nomor 2 menanyakan bagaimana grafik I terhadap f jika energi kinetik ambang atau fungsi kerja dari permukaan logam ditingkatkan. Hasil analisis dari jawaban mahasiswa menunjukkan tingkat pemahaman konsep sebesar 13,89% mengenai hubungan grafik kuat arus terhadap frekuensi jika energi kinetik ambang ditingkatkan. Ketika energi kinetik ambang atau fungsi kerja ditingkatkan maka frekuensi ambang juga meningkat, sehingga kuat arus tetap sama. Besar kecilnya energi kinetik yang dihasilkan oleh elektron dipengaruhi oleh frekuensi foton. Begitupun, kuat arus listrik dari elektron yang terlepas dipengaruhi oleh frekuensi yang mana melebihi batas ambang bukan jumlah intensitas radiasi foton. Grafik kuat arus terhadap frekuensi jika energi ambang ditingkatkan ditunjukkan oleh Gambar 3(b).



Gambar 4. Miskonsepsi Mahasiswa pada Soal Nomor 2

Ketika energi kinetik ambang ditingkatkan, maka grafik frekuensi (f) akan mengalami peningkatan sedangkan grafik kuat arus (I) tetap sama. Selain itu, hasil analisis jawaban juga menemukan adanya miskonsepsi dan ketidakpahaman konsep masing-masing sebesar 19,44% dan 63,89%. Miskonsepsi terjadi karena mahasiswa beranggapan bahwa ketika frekuensi ambang ditingkatkan dan intensitas cahaya lebih kecil dari frekuensi ambang maka elektron tidak terlepas sehingga efek fotolistrik tidak terjadi. Pernyataan miskonsepsi tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4. Untuk ketidakpahaman konsep, mahasiswa memilih jawaban salah dan memberikan alasan yang tidak sesuai dengan konsep hipotesis efek fotolistrik. Hasil ini bersesuaian dengan penelitian Pasaribu dkk (2025) yang mengidentifikasi pemahaman konsep menggunakan metode tes diagnostik empat tingkat. Hasilnya menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki miskonsepsi sebesar 24% pada materi hubungan fungsi kerja dan energi kinetik ambang.



Gambar 5. Miskonsepsi Mahasiswa pada Soal Nomor 3

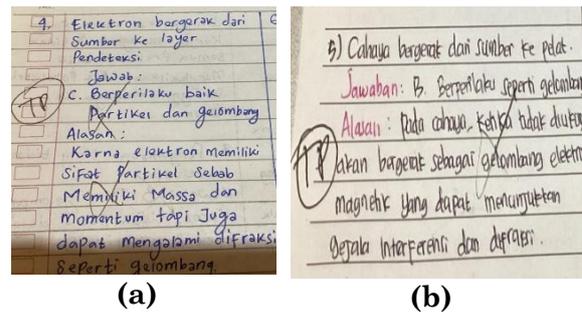
Butir soal nomor 3 menunjukkan pernyataan dari pengamatan-pengamatan efek fotolistrik melalui eksperimen. Hasil

pengamatan diantaranya (1) cahaya dari frekuensi tinggi ditembakkan ke beberapa material menyebabkan elektron-elektron terlepas, dan (2) ketika frekuensi dari cahaya menurun, maka ada frekuensi di bawah ambang yang mana elektron tidak dapat lagi keluar. Pengamatan tersebut diyakini mendukung teori partikel cahaya, bukan teori gelombang. Dari pernyataan tersebut mahasiswa kemudian menentukan pernyataan mana yang tidak sesuai dengan hasil pengamatan efek fotolistrik.

Hasil analisis menunjukkan bahwa mahasiswa paham konsep sebesar 2,77% dimana jawaban benar dan alasan mengenai hasil pengamatan efek fotolistrik tepat. Secara teori partikel, ejskasi elektron dapat dijelaskan melalui tabrakan dengan foton. Setiap foton tabrakan kepada elektron dapat memberikan energi yang cukup untuk melepaskan diri. Selain itu, pada frekuensi yang sangat rendah di bawah frekuensi ambang, foton memiliki energi yang sangat kecil sehingga tidak ada foton yang memiliki energi yang cukup untuk melepaskan elektron. Secara teori gelombang, ejskasi elektron dijelaskan melalui gelombang elektromagnetik yang menyebabkan elektron bervibrasi sehingga memberikan beberapa energi kepada elektron untuk melepaskan diri. Elektron yang terlepas bergantung pada nilai frekuensi yang diberikan. Nilai frekuensi tersebut harus berada di atas nilai ambang, meskipun intensitas cahaya ditingkatkan.

Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan adanya miskonsepsi sebesar 8,33%, dan ketidakpahaman konsep sebesar 88,89%. Miskonsepsi terjadi ketika mahasiswa memberikan jawaban yang benar namun disertai dengan alasan yang keliru seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Dalam hal ini, mahasiswa beranggapan bahwa emisi elektron terjadi akibat peningkatan intensitas cahaya yang disebabkan oleh kenaikan frekuensi cahaya. Hasil miskonsepsi ini sejalan dengan temuan penelitian Habibulloh (2018) yang menunjukkan bahwa siswa berasumsi bahwa peningkatan frekuensi cahaya berkontribusi pada peningkatan

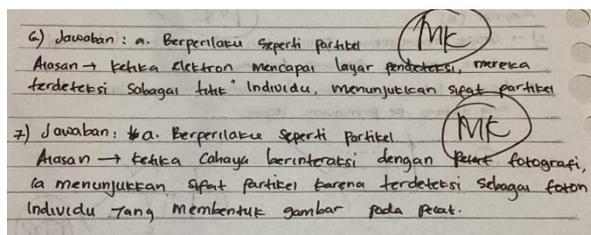
intensitas cahaya. Padahal, frekuensi cahaya tidak memengaruhi intensitas cahaya. Kesalahan konseptual ini mengindikasikan bahwa miskonsepsi tetap akan muncul akibat pengaruh pengetahuan awal yang telah dimiliki sebelumnya. Oleh karena itu, pemahaman konsep awal yang salah akan memengaruhi kesulitan memahami konsep ketika penerimaan pengetahuan baru (Akhsan dkk., 2020).



Gambar 6. Miskonsepsi Mahasiswa pada Soal (a) Nomor 4 dan (b) Nomor 5

Butir soal nomor 4 sampai 7 merujuk pada dua eksperimen. Kedua eksperimen adalah (1) elektron bergerak dari sumber ke layar pendeteksi dan (2) cahaya bergerak dari sumber ke plat fotografi. Dari pernyataan tersebut, mahasiswa menentukan bagaimana perilaku dari partikel atau gelombang menurut interpretasi standar (kopenhagen) dari kuantum. Pada butir soal nomor 4 dan 5 hasil analisis menunjukkan bahwa 100% tidak paham konsep yang mana ditunjukkan oleh Gambar 6(a) dan 6(b). Mahasiswa beranggapan bahwa elektron bergerak dari sumber cahaya ke layar pendeteksi akan bersifat partikel dan cahaya yang menjalar dari sumber ke plat fotografi akan bersifat gelombang. Namun, Menurut interpretasi Kopenhagen, kita tidak bisa tahu apakah partikel kuantum bertindak seperti gelombang atau partikel, kecuali kita melakukan pengukuran. Dengan kata lain, entitas kuantum dianggap berada dalam keadaan superposisi di mana kemungkinan entitasnya berada dalam beberapa keadaan secara bersamaan baik berperilaku seperti partikel ataupun gelombang. Namun, saat pengukuran

dilakukan, superposisi akan runtuh dan akan berada dalam satu keadaan tertentu.

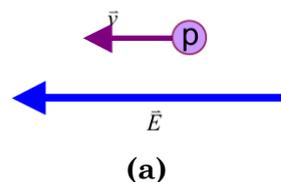


Gambar 7. Miskonsepsi mahasiswa pada Soal (a) Nomor 6 dan (b) Nomor 7

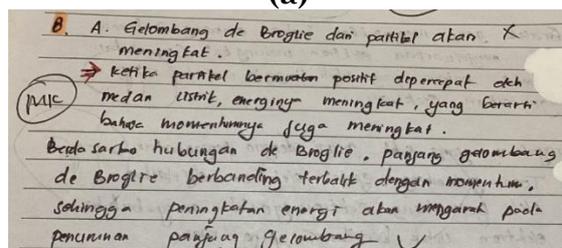
Pada butir soal nomor 6 menunjukkan bahwa 13,88% paham konsep mengenai interpretasi Kopenhagen pada interaksi elektron terhadap layar. Berdasarkan interpretasi Kopenhagen, ketika elektron berinteraksi dengan layar, elektron akan berperilaku seperti partikel. Namun, elektron akan berada dalam keadaan superposisi dan bertindak seperti gelombang sebelum pengukuran dilakukan, tetapi saat pengukuran dilakukan, posisi elektron menjadi pasti, menunjukkan sifat partikel. Lalu, miskonsepsi diperoleh sebanyak 47,22% di mana mahasiswa menjawab pertanyaan dengan benar tetapi tidak tepat memberikan alasan seperti pada Gambar 7(a). Mahasiswa memberikan alasan bahwa elektron akan terdeteksi seperti partikel ketika mencapai layar. Namun, mahasiswa tidak menjelaskan keadaan elektron sebelum dilakukan pengukuran yang mana elektron akan berada dalam keadaan superposisi. Sisanya sebanyak 38,88%, mahasiswa tidak paham konsep. Mahasiswa menjawab salah dan memberikan alasan yang salah yang mana beranggapan bahwa elektron berperilaku seperti partikel baik sebelum dan sesudah pengukuran.

Selain itu, hasil analisis menunjukkan persentase paham konsep, miskonsepsi dan tidak paham konsep pada butir soal nomor 7 secara berturut-turut adalah 16,67%, 47,22%, dan 36,11% mengenai interaksi cahaya terhadap plat fotografi menurut interpretasi Kopenhagen. Ketika cahaya berinteraksi dengan plat fotografi berdasarkan interpretasi Kopenhagen, cahaya akan

berperilaku seperti partikel, yaitu foton. Namun, sebelum interaksi atau pengukuran dilakukan, cahaya berperilaku seperti gelombang. Ketika foton mengenai plat fotografi, posisinya menjadi pasti, menunjukkan sifat partikel. Selain itu, miskonsepsi terjadi karena mahasiswa beranggapan bahwa cahaya yang berinteraksi dengan plat fotografi berperilaku sebagai partikel seperti jawaban mahasiswa yang ditunjukkan oleh Gambar 7(b). Namun, mahasiswa tidak menjelaskan cahaya bertindak seperti partikel ketika sudah dilakukan pengukuran, bukan ketika cahaya bergerak menuju plat fotografi. Selain itu, ketidapahaman konsep juga ditunjukkan mahasiswa dengan menjawab salah dan memberikan alasan yang tidak tepat sesuai dengan interpretasi Kopenhagen. Hasil penelitian lain juga mengidentifikasi adanya miskonsepsi di perkuliahan fisika kuantum terutama materi interpretasi Kopenhagen, di mana mahasiswa sering bingung mengenai kapan dan bagaimana elektron bertindak sebagai gelombang atau partikel (McDermott & Redish, 1999).



(a)

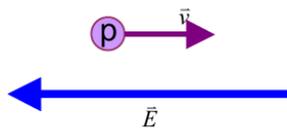


(b)

Gambar 8. (a) Partikel Bermuatan Positif Bergerak melalui Medan Listrik, dalam Arah yang sama dengan Medan Listrik dan dipercepat (Sumber: *Quantum Physics Conceptual Survey*) dan (b) Miskonsepsi Mahasiswa pada Soal Nomor 8.

Butir soal nomor 8 sampai 10 mengenai panjang gelombang de Broglie dari partikel ketika partikel bermuatan positif yang bergerak melalui medan listrik atau medan

magnet. Pada butir soal nomor 8 yang ditunjukkan oleh Gambar 8(a), hasil analisis menunjukkan bahwa 33,33% paham konsep. Ketika partikel bermuatan positif bergerak melalui medan listrik, dalam arah yang sama dengan medan tersebut dan mengalami percepatan, maka panjang gelombang de Broglie akan menjadi lebih pendek. Hal ini terjadi karena percepatan akibat medan listrik meningkatkan kecepatan partikel. Namun, ada 16,67% miskonsepsi terjadi kepada mahasiswa. Mahasiswa benar memberikan alasan tetapi salah memberikan jawaban seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8(b). Sisanya, mahasiswa tidak paham konsep sebesar 50% dimana mereka menjawab dan memberi alasan yang salah dan tidak tepat mengenai hubungan kecepatan partikel dengan panjang gelombang de Broglie.



(a)

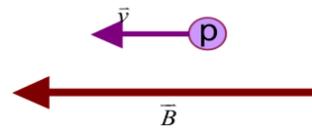
9. B. Gelombang De broglie dari partikel akan menurun
 → ketika partikel diperlambat oleh medan listrik, energi yang berkurang, yang mengakibatkan momentum yang lebih rendah. Oleh karena itu, panjang gelombang de Broglie akan meningkat, mencerminkan penurunan energi kinetik partikel.

(b)

Gambar 9. (a) Partikel Bermuatan Positif Bergerak melalui Medan Listrik, dalam Arah yang sama dengan Medan Listrik dan diperlambat (Sumber: *Quantum Physics Conceptual Survey*), dan (b) Miskonsepsi Mahasiswa pada Soal Nomor 9.

Butir soal nomor 9 mengenai hipotesis de Broglie terhadap partikel yang bermuatan positif bergerak diperlambat dan arahnya berbeda dengan medan listrik yang ditunjukkan oleh Gambar 9(a). Hasil analisis menunjukkan sebesar 36,11% paham konsep. Berdasarkan hipotesis de Broglie, ketika partikel bermuatan diperlambat terhadap medan listrik, maka panjang gelombang de Broglie akan lebih panjang. Hal ini dikarenakan perlambatan partikel menyebabkan kecepatan partikel

berkurang. Namun, mahasiswa mengalami miskonsepsi sebesar 55,56% yang mana kesimpulan menjawab pertanyaan salah tetapi memberikan alasan dengan benar. Mahasiswa beranggapan bahwa ketika partikel bermuatan positif diperlambat, maka kecepatan berkurang sehingga panjang gelombang de Broglie lebih pendek. Sisanya adalah tidak paham konsep sebesar 58,33%, dimana mahasiswa menjawab dan memberikan alasan yang salah dan tidak tepat.



(a)

10. c) Panjang gelombang de Broglie tetap sama ✓
 Jawab: Partikel bermuatan positif bergerak melalui medan magnet dalam arah yang sama dengan medan listrik. Hal ini menyebabkan kecepatannya konstan dan mengakibatkan kecepatannya konstan.

(b)

Gambar 10. (a) Partikel Bermuatan Positif Bergerak melalui Medan Magnet, dalam Arah yang sama dengan Medan Listrik dan Kecepatannya Konstan (Sumber: *Quantum Physics Conceptual Survey*), (b) Jawaban Mahasiswa untuk Nomor 10.

Butir soal nomor 10 yang ditunjukkan oleh Gambar 10(a) mengenai ketika partikel bermuatan positif bergerak melalui medan magnet dalam arah yang sama dengan medan listrik dan kecepatannya konstan. Hasil analisis pada butir soal nomor 10 menunjukkan 44,44% paham konsep mengenai hubungan panjang gelombang de Broglie terhadap medan listrik dengan arah yang sama dan kecepatannya konstan. Berdasarkan hipotesis de Broglie, partikel bermuatan yang bergerak konstan terhadap medan listrik maka panjang gelombang de Broglie akan tetap. Namun, perbedaan arah partikel bermuatan tidak memengaruhi panjang gelombang de Broglie secara langsung. Arah pergerakan partikel hanya memengaruhi vektor arah momentum, bukan besarnya momentum itu sendiri.

Panjang gelombang de Broglie ditentukan oleh besarnya momentum, yang bergantung pada massa dan kecepatan partikel, bukan arahnya. Namun, arah gerak partikel bisa berpengaruh pada fenomena lain, seperti interferensi atau difraksi, tetapi tidak secara langsung pada panjang gelombang de Broglie. Untuk hasil analisis lainnya, miskonsepsi sebesar 2,78% dan tidak paham konsep sebesar 52,78%. Miskonsepsi terjadi karena mahasiswa benar menjawab tetapi salah memberikan alasan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10(b).

Mahasiswa beranggapan bahwa arah pergerakan partikel memengaruhi panjang gelombang de Broglie sehingga menyebabkan kecepatan partikel konstan. Selain itu, pada mahasiswa yang tidak paham konsep, mereka menjawab dan memberikan alasan yang tidak sesuai dengan prinsip dasar panjang gelombang de Broglie. Hasil penelitian mengenai pemahaman konsep tentang panjang gelombang de Broglie relevan dengan penelitian yang dilakukan oleh Vokos dkk (2000). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa mahasiswa kurang memahami hubungan panjang gelombang dengan momentum yang mengarah pada miskonsepsi tentang bagaimana kecepatan memengaruhi panjang gelombang dan peran massa partikel terhadap panjang gelombang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pemahaman konsep menggunakan instrumen tes diagnostik *two-tier* dapat disimpulkan bahwa pemahaman konsep mahasiswa mengenai gejala kuantum pada perkuliahan fisika kuantum sangat beragam. Tingkat pemahaman konsep mahasiswa menunjukkan adanya mahasiswa yang paham konsep, mengalami miskonsepsi dan tidak paham konsep. Miskonsepsi muncul sebagai akibat dari kesalahan konseptual yang dipengaruhi oleh pengetahuan awal mahasiswa, yang dapat membentuk pemahaman yang keliru terhadap konsep selama proses pembelajaran. Miskonsepsi

dapat dilihat dari hasil jawaban yang benar, tetapi salah dalam memberikan alasan dari suatu permasalahan konsep. Sedangkan, ketidakpahaman konsep dapat ditinjau dari kesalahan dalam menjawab dan memberikan alasan terhadap suatu permasalahan, yang mana mencerminkan keterbatasan dalam menghubungkan konsep-konsep dasar dengan penerapannya, serta kurangnya pemahaman konsep yang mendalam terhadap prinsip-prinsip yang mendasarinya.

Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai tingkat pemahaman konsep mahasiswa terutama pada materi gejala kuantum sehingga pengajaran fisika kuantum dapat lebih menekankan pendekatan konseptual. Pendekatan ini diharapkan dapat dikolaborasikan dengan menggunakan strategi pembelajaran yang interaktif, seperti penggunaan simulasi, dan eksperimen virtual sehingga dapat mengurangi miskonsepsi dan meningkatkan pemahaman mahasiswa secara menyeluruh. Selain itu, diperlukan evaluasi secara berkelanjutan untuk mengidentifikasi kendala belajar mahasiswa.

REFERENSI

- Abdurrahman, A., Saregar, A., & Umam, R. (2018). The effect of feedback as soft scaffolding on ongoing assessment toward the quantum physics concept mastery of the prospective physics teachers. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 41–47. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.7239>
- Akhsan, H., Wiyono, K., Ariska, M., & Melvany, N. E. (2020). Development of Higher-order Thinking Test Instrument on Fluid Material for Senior High School Students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012046>
- Ariska, M., Akhsan, H., Muslim, M., & Azizah, S. N. (2021). Pemahaman Konsep Awal Mahasiswa Pendidikan Fisika Terhadap Materi Benda-Benda

- Langit dalam Perkuliahan Astrofisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(3), 405.
<https://doi.org/10.20527/jipf.v5i3.3523>
- Astutik, S., Supeno, Prastowo, S. H. B., Prihandono, T., & Bektiarso, S. (2021). Study of Kinematics and Dynamics of motion at Semanggi Bridge Jember, Indonesia as a contextual in Physics Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1832(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1832/1/012033>
- Chandrasegaran, A. L., Treagust, D. F., & Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293–307.
<https://doi.org/10.1039/B7RP90006F>
- Doyan, A., Fisis, O., & Heisenberg, P. G. (2020). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 6(2), 278–283.
<file:///C:/Users/TOSHIBA/Downloads/2819-11165-1-PB.pdf>
- Febrianti, J., Akhsan, H., & Muslim, M. (2019). Analisis Miskonsepsi Suhu Dan Kalor Pada Siswa Sma Negeri 3 Tanjung Raja. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 6(1), 90–102.
<https://doi.org/10.36706/jipf.v6i1.7819>
- Habibulloh, M. (2018). Analisis Ragam Miskonsepsi Siswa Pada Konsep Efek Foto Listrik. *Reforma: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 7(2), 48–54.
<https://doi.org/10.30736/rfma.v7i2.70>
- Irvani, A. I., Rustaman, N., Kaniawati, I., & Sinaga, P. (2024). Analisis Kesulitan Belajar Mahasiswa Pada Mata Kuliah Bahasa Inggris. *Diffraction: Journal for Physics Education and Applied Physics*, 6(1), 30–38.
<https://doi.org/10.51667/pjpk.v1i2.341>
- Kassiavera, S., Suparmi, A., Cari, C., & Sukarmin. (2020). Analysis of Students' Answer About the Conservation of Mechanical Energy Concept in Physics Education Bengkulu University. *Humanities & Social Sciences Reviews*, 8(3), 755–763.
<https://doi.org/10.18510/hssr.2020.8381>
- Khandagale, V. S., & Chavan, R. (2017). Identification of Misconceptions for Gravity, Motion and Inertia among Secondary School Students. *Aayushi International Interdisciplinary Research Journal (AIIRJ)*, 4(11), 196–205.
- McDermott, L. C., & Redish, E. F. (1999). Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. *American Journal of Physics*, 67(9), 755–767.
<https://doi.org/10.1119/1.19122>
- McKagan, S. B., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2008). Why we should teach the Bohr model and how to teach it effectively. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 4(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.010103>
- McKagan, S. B., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2010). Design and validation of the quantum mechanics conceptual survey. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 1–17.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020121>
- Mulyati, R. M., Yulianto, A., & Astuti, B. (2018). Miskonsepsi Mahasiswa Pendidikan Fisika Pada Materi Efek Fotolistrik. *Jurnal Phenomenon*, 08(1), 36–45.
- Nikolaus, P., Dželalija, M., & Weber, I. (2024). Investigating Students' Conceptual Knowledge of Quantum Physics to Improve the Teaching and Learning Process. *Education Sciences*, 14(10), 1–22.
<https://doi.org/10.3390/educsci14101113>
- Nyirahabimana, P., Minani, E., Nduwingoma, M., & Kimeza, I. (2023). University students dataset related to achievement, classroom practices, perceptions and attitudes of

- multimedia-based learning quantum physics. *F1000Research*, 12, 4. <https://doi.org/10.12688/f1000research.128013.1>
- Pasaribu, Y. H., Sari, L., & Sinaga, W. A. (2025). Identification of Student Misconceptions on Photoelectric Effect Materials Using Four-Tier Diagnostic Test. *Golden Ratio of Data in Summary*, 5(1), 22–27.
- Passante, G., & Kohnle, A. (2019). Enhancing student visual understanding of the time evolution of quantum systems. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 10110. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.15.010110>
- 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. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.16.020127>
- Siahaan, C. E. . (2024). Analysis of Students' Understanding of Concepts and Difficulties in Quantum Physics Material. *AL-Khazani: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 14–24. <https://doi.org/10.24252/al-khazani.v4i1.45258>
- Singh, C. (2008). Student understanding of quantum mechanics at the beginning of graduate instruction. *American Journal of Physics*, 76(3), 277–287. <https://doi.org/10.1119/1.2825387>
- Singh, C., & Marshman, E. (2015). Review of student difficulties in upper-level quantum mechanics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 1–24. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020117>
- Subhaktiyasa, P. G. (2024). Menentukan Populasi dan Sampel: Pendekatan Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(4), 2721–2731.
- Suyono, & Hariyanto. (2011). *Belajar dan Pembelajaran: Teori dan Konsep Dasar*. Remaja Rosdakarya.
- Vokos, S., Shaffer, P. S., Ambrose, B. S., & McDermott, L. C. (2000). Student understanding of the wave nature of matter: Diffraction and interference of particles. *American Journal of Physics*, 68(7), S42–S51. <https://doi.org/10.1119/1.19519>
- Waruwu, M. (2024). Pendekatan Penelitian Kualitatif: Konsep, Prosedur, Kelebihan dan Peran di Bidang Pendidikan. *Afeksi: Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 5(2), 198–211. <https://doi.org/10.59698/afeksi.v5i2.236>
- Wuttiptom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitaree, R., & Soankwan, C. (2009). Development and use of a conceptual survey in introductory quantum physics. *International Journal of Science Education*, 31(5), 631–654. <https://doi.org/10.1080/09500690701747226>
- Zhu, G., & Singh, C. (2012). Surveying students' understanding of quantum mechanics in one spatial dimension. *American Journal of Physics*, 80(3), 252–259. <https://doi.org/10.1119/1.3677653>
- Zollman, D. A., Rebello, N. S., & Hogg, K. (2002). Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology. *American Journal of Physics*, 70(3), 252–259. <https://doi.org/10.1119/1.1435347>