

Profil Pemecahan Masalah Siswa Pada Konsep Medan Magnet

Totoh Abdul Hakim ^{1*}, Siti Nurdianti Muhajir ², Amar Amrullah ³

Pendidikan Fisika, Universitas Garut Jl. Raya Samarang No.52A Tarogong Kaler, Garut 44151

¹ totohabdulhakim87@gmail.com*; ² sitinurdiantimuhajir@uniga.ac.id; ³ amaramrullah16@uniga.ac.id

*korespondensi penulis

ARTICLE HISTORY

Received: 24 June 2026

Revised: 08 July 2026

Accepted: 20 July 2026

ABSTRAK

Pemahaman konsep medan magnet yang bersifat abstrak sering kali menjadi tantangan bagi siswa, yang berdampak pada rendahnya keterampilan mereka dalam menyelesaikan persoalan fisika secara sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan profil kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi tingkat kesulitannya. Penelitian ini menggunakan metode *Sequential Explanatory Mixed Method* dengan melibatkan 120 siswa kelas XI dari dua SMA di Kabupaten Garut yang dipilih melalui teknik *stratified random sampling*. Data dikumpulkan melalui tes pemecahan masalah yang telah divalidasi serta didukung oleh observasi dan wawancara untuk menggali proses berpikir siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa didominasi oleh kategori sedang dan rendah. Siswa umumnya mampu memahami masalah, namun mengalami kesulitan pada tahap merencanakan strategi, melaksanakan perhitungan, dan mengevaluasi hasil. Kesulitan tersebut disebabkan oleh rendahnya kemampuan representasi visual-spasial dalam mengonversi diagram vektor tiga dimensi ke dua dimensi serta adanya miskonsepsi terkait sumber medan magnet dan penerapan kaidah tangan kanan. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa pemetaan hambatan kognitif siswa pada setiap tahapan pemecahan masalah, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan pembelajaran berbasis *Problem-Based Learning* yang terintegrasi dengan multi-representasi dan simulasi virtual untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa.

Kata kunci: Kemampuan pemecahan masalah, medan magnet, *mixed method*, miskonsepsi, representasi visual-spasial

ABSTRACT

Student Problem-Solving Profile on the Concept of Magnetic Fields. Understanding the abstract concept of magnetic fields is often challenging for students, limiting their ability to solve physics problems systematically. This study aims to describe students' problem-solving profiles regarding the magnetic field concept and to identify factors contributing to their difficulties. The research employed a Sequential Explanatory Mixed Method involving 120 eleventh-grade students from two senior high schools in Garut Regency selected through stratified random sampling. Data were collected using validated problem-solving tests, supported by observations and interviews to explore students' thinking processes. The results indicate that students' problem-solving abilities are predominantly in the medium and low categories. Students generally demonstrate adequate understanding of problems but encounter difficulties with planning strategies, executing calculations, and evaluating results. These difficulties are mainly caused by limited visuospatial representation skills in converting three-dimensional vector diagrams into two-dimensional forms, as well as misconceptions about magnetic field sources and the application of the right-hand rule. This study contributes by providing a detailed mapping of students' cognitive obstacles at each stage of problem-solving, which can serve as a basis for developing instructional strategies grounded in Problem-Based Learning, integrated with multi-representations and virtual simulations, to enhance students' problem-solving skills.

Keywords: magnetic field, misconceptions, mixed method, physics representation, problem-solving skills

Pendahuluan

Kemampuan pemecahan masalah merupakan salah satu kompetensi penting yang perlu dimiliki peserta didik dalam proses pembelajaran. Kemampuan ini tidak hanya berkaitan dengan menemukan jawaban yang benar, tetapi juga mencakup kemampuan mengidentifikasi permasalahan, menganalisis informasi yang tersedia, menentukan strategi penyelesaian yang tepat, serta mengevaluasi solusi yang diperoleh secara logis dan sistematis. Peserta didik yang memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik cenderung lebih mudah menghubungkan pengetahuan yang telah dimiliki dengan situasi baru sehingga mampu menghasilkan penyelesaian yang lebih efektif (Maries & Singh, 2023). Menurut Opilah et al. (2022), kemampuan pemecahan masalah merupakan suatu proses berpikir yang memanfaatkan konsep, prinsip, dan pengetahuan yang telah dimiliki untuk menyelesaikan suatu permasalahan melalui tahapan-tahapan tertentu.

Selain itu, strategi pembelajaran yang dirancang untuk mengembangkan keterampilan berpikir dan metakognitif terbukti dapat meningkatkan kualitas pemecahan masalah peserta didik (Singh et al., 2023). Secara lebih spesifik, Rizqa et al. (2020) mendefinisikan kemampuan pemecahan masalah sebagai perumusan jawaban baru yang melebihi sekadar penerapan sederhana dari aturan yang telah dipelajari sebelumnya untuk menciptakan solusi. Oleh karena itu, peserta didik dengan kemampuan pemecahan masalah yang baik akan mampu menemukan solusi dengan melibatkan proses-proses kognitif dan pengetahuan sebelumnya dalam ruang lingkup pembelajaran fisika (Faisal et al., 2023).

Dalam pembelajaran fisika, kemampuan pemecahan masalah memiliki peranan yang sangat penting karena sebagian besar konsep fisika tidak cukup dipahami melalui hafalan rumus, melainkan memerlukan kemampuan menganalisis fenomena, menghubungkan berbagai konsep, serta menerapkan prinsip-prinsip fisika dalam berbagai situasi. Maries dan Singh (2023) menjelaskan bahwa peserta didik yang memiliki kemampuan pemecahan masalah yang baik mampu mengorganisasi pengetahuan konseptual, memilih strategi penyelesaian yang sesuai, serta mengevaluasi hasil yang diperoleh. Selain itu, Singh et al. (2023) menyatakan bahwa pengembangan kemampuan metakognitif dan strategi berpikir secara sistematis berpengaruh terhadap keberhasilan peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan fisika.

Salah satu materi fisika yang menuntut kemampuan pemecahan masalah tingkat tinggi adalah konsep medan magnet. Materi ini memiliki karakteristik abstrak serta melibatkan keterkaitan simultan antara representasi visual, matematis, dan konseptual. Peserta didik dituntut untuk mampu memvisualisasikan arah medan magnet, memahami interaksi antara arus listrik dan medan magnet, serta menerapkan prinsip-prinsip seperti hukum Biot-Savart, hukum Ampere, dan gaya Lorentz dalam berbagai konteks permasalahan. Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa konsep medan magnet masih menjadi salah satu topik yang sulit dipahami oleh siswa karena memerlukan kemampuan representasi visual-spasial dan penalaran konseptual yang baik (Pramudita et al., 2022; Maries & Singh, 2023; Harudu et al., 2024).

Kesulitan siswa dalam memahami konsep medan magnet berdampak langsung pada rendahnya kemampuan pemecahan masalah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada kategori kemampuan sedang hingga rendah dalam

menyelesaikan permasalahan fisika (Maries & Singh, 2023; Opilah et al., 2022). Kesulitan tersebut tidak hanya disebabkan oleh lemahnya penguasaan konsep, tetapi juga oleh keterbatasan dalam merepresentasikan masalah, memilih strategi penyelesaian yang tepat, serta melakukan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh (Faisal et al., 2023; Singh et al., 2023). Selain itu, miskonsepsi terkait sumber medan magnet dan penerapan kaidah tangan kanan juga menjadi faktor utama yang menghambat keberhasilan siswa dalam menyelesaikan masalah elektromagnetisme (Lin & Singh, 2016; Maulana et al., 2024).

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik masih berada pada kategori rendah hingga sedang. Maries dan Singh (2023) menemukan bahwa rendahnya keterampilan pemecahan masalah berkaitan dengan kesulitan peserta didik dalam menerapkan konsep fisika secara konsisten serta memengaruhi keberhasilan mereka dalam menyelesaikan persoalan yang bersifat kompleks. Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa melalui penerapan model pembelajaran yang inovatif. Model *Problem-Based Learning* (PBL), pembelajaran berbasis inkuiri, serta penggunaan media simulasi interaktif dilaporkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan pemahaman konsep siswa (Harudu et al., 2024; Safanah et al., 2025). Selain itu, penggunaan media berbasis animasi dan simulasi interaktif seperti PhET terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan representasi visual-konseptual serta mengurangi miskonsepsi pada materi fisika (Pramudita et al., 2022; Maulana et al., 2024). Integrasi literasi sains dan literasi digital juga berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam pembelajaran fisika (Afifah & Hariyono, 2023; Sofa et al., 2025).

Upaya peningkatan kemampuan pemecahan masalah telah banyak dilakukan melalui penerapan berbagai model dan media pembelajaran yang inovatif. Model *Problem-Based Learning* (PBL) terbukti mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah siswa melalui penyajian masalah yang kontekstual (Pramudita et al., 2022; Harudu et al., 2024). Selain itu, penggunaan simulasi interaktif seperti PhET dan animasi digital juga efektif dalam membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak serta meningkatkan kemampuan representasi visual dan konseptual siswa (Pramudita et al., 2022; Safanah et al., 2025). Integrasi literasi sains dan literasi digital turut memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam pembelajaran fisika (Afifah & Hariyono, 2023; Sofa et al., 2025).

Kajian literatur menunjukkan bahwa banyak penelitian telah menunjukkan efektivitas model pembelajaran dan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kemampuan pemecahan masalah. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengujian peningkatan hasil belajar atau perbandingan efektivitas perlakuan. Penelitian yang secara khusus mendeskripsikan profil kemampuan pemecahan masalah siswa secara komprehensif berdasarkan tahapan pemecahan masalah, terutama pada materi yang bersifat abstrak seperti medan magnet, masih sangat terbatas. Selain itu, kajian yang mengintegrasikan analisis kuantitatif dan kualitatif untuk mengungkap secara mendalam proses berpikir siswa serta sumber kesulitannya juga belum banyak dilakukan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) dalam memberikan pemetaan yang komprehensif mengenai profil kemampuan pemecahan masalah

siswa pada setiap tahapan pemecahan masalah, yang didukung oleh analisis mendalam terhadap faktor kognitif, representasi, dan miskonsepsi yang dialami siswa terkait konsep medan magnet. Dengan menggunakan pendekatan *Sequential Explanatory Mixed Method*, penelitian ini tidak hanya menyajikan data kuantitatif mengenai tingkat kemampuan siswa, tetapi juga mengungkap proses berpikir dan kesulitan siswa secara kualitatif, sehingga memberikan gambaran yang lebih utuh dan mendalam dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan profil kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kesulitan siswa dalam menyelesaikan masalah fisika. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis berupa pemahaman yang lebih komprehensif mengenai karakteristik kemampuan pemecahan masalah siswa, serta kontribusi praktis sebagai dasar dalam merancang strategi pembelajaran berbasis *Problem-Based Learning* yang terintegrasi dengan multi-representasi dan simulasi virtual.

Metode

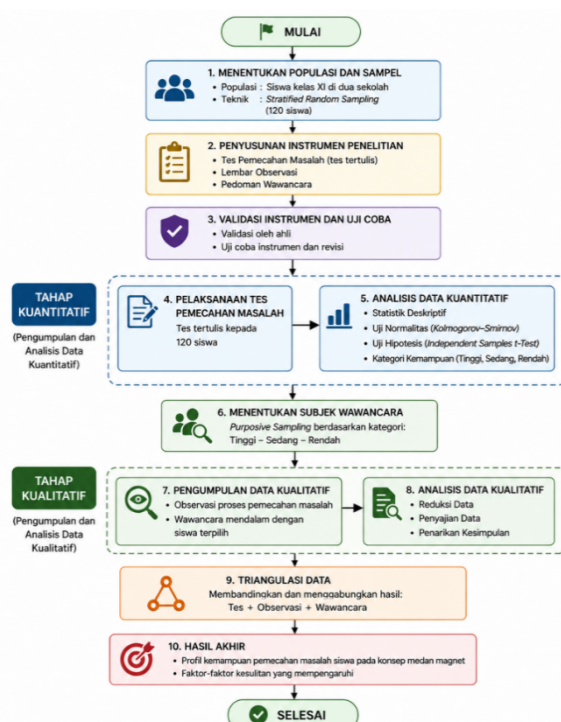
Penelitian ini menggunakan pendekatan *Mixed Methods* dengan desain *Sequential Explanatory*, yaitu desain penelitian yang mengintegrasikan metode kuantitatif dan kualitatif secara berurutan. Pada tahap pertama dilakukan pengumpulan dan analisis data kuantitatif untuk memperoleh gambaran mengenai kemampuan pemecahan masalah siswa. Selanjutnya, hasil analisis kuantitatif digunakan sebagai dasar untuk menentukan subjek penelitian pada tahap kualitatif melalui teknik *purposive sampling*. Tahap kualitatif bertujuan memberikan penjelasan yang lebih mendalam terhadap hasil kuantitatif sehingga diperoleh interpretasi yang lebih komprehensif mengenai kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet (Creswell & Creswell, 2018). Alur pelaksanaan penelitian, mulai dari pengembangan instrumen, pengumpulan data, analisis data, hingga integrasi hasil penelitian, disajikan pada Gambar 1.

Penelitian dilaksanakan pada semester genap Tahun Ajaran 2024/2025 di dua SMA di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas XI MIPA yang telah mempelajari materi medan magnet. Sampel penelitian berjumlah 120 siswa yang dipilih menggunakan teknik *stratified random sampling*. Selanjutnya, pada tahap kualitatif dipilih beberapa subjek wawancara menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kategori kemampuan pemecahan masalah, yaitu kategori tinggi, sedang, dan rendah.

Instrumen penelitian terdiri atas instrumen tes dan instrumen nontes. Instrumen tes berupa tes tertulis sebanyak 30 butir soal yang terdiri atas 20 soal pilihan ganda, 5 soal benar-salah, dan 5 soal uraian, dikembangkan berdasarkan indikator kemampuan pemecahan masalah menurut Polya, yaitu memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan penyelesaian, dan mengevaluasi hasil. Instrumen nontes meliputi lembar observasi aktivitas siswa selama proses pembelajaran dan pedoman wawancara semi-terstruktur yang digunakan untuk menggali proses berpikir siswa serta mengidentifikasi kesulitan konseptual dan representasi spasial.

Sebelum digunakan pada penelitian utama, instrumen terlebih dahulu melalui tahap validasi isi (*content validity*) oleh dua dosen ahli pendidikan fisika (*expert judgment*). Hasil

validasi dianalisis menggunakan indeks *Aiken's V* dan diperoleh nilai rata-rata sebesar 0,85 yang termasuk dalam kategori sangat valid. Selanjutnya dilakukan uji coba empiris terhadap 30 siswa di luar sampel penelitian. Validitas empiris dianalisis menggunakan *korelasi Point Biserial* untuk soal pilihan ganda dan benar-salah, serta *korelasi Product Moment Pearson* untuk soal uraian. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh butir soal memiliki nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$ (0,361), sehingga seluruh butir soal dinyatakan valid. Uji reliabilitas dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS dengan rumus *Kuder–Richardson 20* (KR-20) untuk soal dikotomi dan *Alpha Cronbach* untuk soal uraian. Hasil pengujian menunjukkan koefisien reliabilitas sebesar 0,82 yang termasuk dalam kategori tinggi, sehingga instrumen ini layak digunakan dalam penelitian. Ringkasan hasil pengujian validitas dan reliabilitas instrumen disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian *Sequential Explanatory Mixed Method*

Tabel 1. Hasil Validasi dan Reliabilitas Instrumen Penelitian

Tahap Pengujian	Teknik Analisis	Hasil	Kriteria
Validasi Isi	Aiken's V	0,85	Sangat Valid
Validitas Soal Pilihan Ganda	Point Biserial	$r_{hitung} > 0,361$	Valid
Validitas Soal Benar–Salah	Point Biserial	$r_{hitung} > 0,361$	Valid
Validitas Soal Uraian	Product Moment Pearson	$r_{hitung} > 0,361$	Valid
Reliabilitas Soal Dikotomi	KR-20	0,82	Tinggi
Reliabilitas Soal Uraian	Alpha Cronbach	0,82	Tinggi

Tahap kuantitatif diawali dengan pelaksanaan tes kemampuan pemecahan masalah pada seluruh sampel penelitian. Data hasil tes dianalisis secara deskriptif menggunakan nilai rata-rata, simpangan baku, dan persentase untuk mengelompokkan kemampuan siswa ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah berdasarkan kriteria Arikunto (2019). Sebelum dilakukan

analisis inferensial, data terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Karena data memenuhi asumsi normalitas ($Sig. > 0,05$), analisis dilanjutkan dengan *Independent Samples t-Test* untuk mengetahui perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara kedua sekolah. Ringkasan tahapan analisis data kuantitatif menggunakan IBM SPSS disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tahapan Analisis Data Kuantitatif Menggunakan IBM SPSS

Tahapan	Analisis	Tujuan	Tahapan
Analisis Deskriptif	<i>Mean</i> , Standar Deviasi, Persentase	Mendeskripsikan kemampuan siswa	Analisis Deskriptif
Uji Prasyarat	Kolmogorov-Smirnov	Mengetahui normalitas data	Uji Prasyarat
Uji Hipotesis	<i>Independent Samples t-Test</i>	Menguji perbedaan kemampuan antar sekolah	Uji Hipotesis

Tahap kualitatif dilaksanakan setelah seluruh analisis kuantitatif selesai. Subjek wawancara dipilih berdasarkan kategori kemampuan hasil tes sehingga diperoleh representasi siswa dengan kemampuan tinggi, sedang, dan rendah. Data kualitatif diperoleh melalui observasi aktivitas siswa selama menyelesaikan soal serta wawancara semi-terstruktur untuk mengidentifikasi kesulitan siswa pada setiap tahapan pemecahan masalah. Analisis data kualitatif dilakukan menggunakan model interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña (2014), yang meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Tahap akhir penelitian merupakan proses integrasi antara temuan kuantitatif dan kualitatif melalui teknik triangulasi metode. Integrasi dilakukan dengan membandingkan hasil tes, observasi, dan wawancara sehingga diperoleh penjelasan yang lebih komprehensif mengenai profil kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet.

Hasil dan Pembahasan

Tahap pertama dalam analisis data dilakukan melalui pendekatan kuantitatif guna memperoleh gambaran objektif mengenai kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet. Analisis kuantitatif ini didasarkan pada hasil keseluruhan tes tertulis yang diberikan kepada 120 siswa kelas XI MIPA dari dua sekolah di Kabupaten Garut, dengan skor maksimum teoretis sebesar 100. Untuk memberikan deskripsi karakteristik sebaran data nilai secara murni, dilakukan perhitungan parameter statistik tendensi sentral dan dispersi yang meliputi nilai rata-rata (*Mean*), nilai tengah (*Median*), nilai yang paling sering muncul (*Modus*), standar deviasi (*SD*), serta nilai maksimum dan minimum dari keseluruhan sampel data, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 3. Parameter Statistik Deskriptif Nilai Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa

Parameter Statistik	Nilai Ukuran
<i>Mean</i>	65.12
<i>Median</i>	66
<i>Modus</i>	68
Standard Deviasi (SD)	8.45
Skor Maksimum Riil	84
Skor Minimum Riil	45
Total Sampel (N)	120

Berdasarkan Tabel 3, hasil perhitungan statistik deskriptif terhadap seluruh data menunjukkan bahwa nilai rata-rata (*Mean*) kemampuan pemecahan masalah siswa pada

konsep medan magnet berada pada angka 65,12. Standar deviasi (*SD*) sebesar 8,45 menunjukkan tingkat variasi atau sebaran data yang tidak terlalu homogen, yang diperkuat oleh jarak antara skor maksimum yang berhasil dicapai siswa (84,00) dan skor minimum (45,00). Selain itu, letak nilai median (66,00) dan modus (68,00) yang cenderung mendekati nilai rata-rata mencerminkan bahwa distribusi skor mentah siswa memusat pada rentang nilai kepala enam.

Untuk melihat bagaimana sebaran nilai-nilai tersebut jika dikelompokkan ke dalam tingkat kognitif tertentu, dilakukan konversi skor berdasarkan kriteria interpretasi nilai menurut Arikunto (2019). Hasil pemetaan profil pengelompokan tingkat kemampuan pemecahan masalah siswa ke dalam kategori tinggi, sedang, dan rendah disajikan secara terpisah pada Tabel 4.

Tabel 4. Profil Kategori Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa

Kategori Kemampuan	Rentang Skor	Jumlah Siswa	Persentase (%)
Tinggi	$X > 75$	18	15,0%
Sedang	$60 < X \leq 75$	72	60,0%
Rendah	$X \leq 60$	30	25,0%

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet didominasi oleh kategori sedang sebesar 60,0% (72 siswa), diikuti oleh kategori rendah sebesar 25,0% (30 siswa), sedangkan hanya 15,0% (18 siswa) berada pada kategori tinggi. Pengelompokan kategori kemampuan tersebut mengacu pada kriteria interpretasi skor menurut Arikunto (2019) yang digunakan untuk mengelompokkan tingkat kemampuan peserta didik berdasarkan rentang nilai tertentu. Secara keseluruhan, sebanyak 85,0% siswa masih berada pada kategori sedang hingga rendah, sehingga menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah pada materi medan magnet belum berkembang secara optimal.

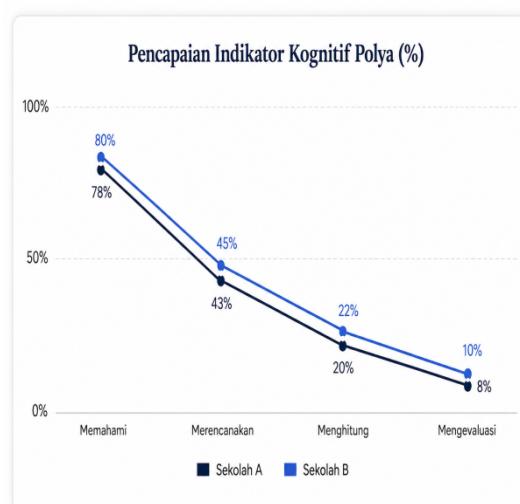
Dominasi kategori sedang dan rendah mengindikasikan bahwa siswa telah memiliki pemahaman dasar terhadap konsep medan magnet, namun masih mengalami kesulitan dalam mengaplikasikan konsep tersebut untuk menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks. Kemampuan memahami informasi yang terdapat pada soal belum sepenuhnya diikuti oleh kemampuan untuk menentukan strategi penyelesaian, menerapkan konsep dengan tepat, serta melakukan evaluasi terhadap hasil yang diperoleh. Dengan demikian, kemampuan pemecahan masalah siswa belum berkembang secara utuh pada setiap tahapan penyelesaian masalah.

Temuan tersebut sejalan dengan teori pemecahan masalah yang dikemukakan oleh Polya (1973), yang menyatakan bahwa keberhasilan penyelesaian suatu masalah ditentukan oleh keterkaitan empat tahapan utama, yaitu memahami masalah (*understanding the problem*), merencanakan penyelesaian (*devising a plan*), melaksanakan rencana (*carrying out the plan*), dan melakukan pemeriksaan kembali terhadap hasil yang diperoleh (*looking back*). Apabila salah satu tahapan tidak dilaksanakan secara optimal, kualitas penyelesaian masalah juga akan menurun. Pendapat tersebut juga didukung oleh Docktor dan Mestre (2014) yang menyatakan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika memerlukan integrasi antara pemahaman konsep, penalaran ilmiah, dan penerapan strategi penyelesaian yang sistematis.

Pada penelitian ini, kelemahan siswa tidak hanya terlihat pada hasil akhir, tetapi juga pada proses penyelesaian yang belum sistematis.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan temuan Faisal et al. (2023), yang melaporkan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika siswa masih didominasi oleh kategori sedang karena siswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep yang telah dipelajari dengan strategi penyelesaian yang sesuai. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa siswa cenderung mampu mengidentifikasi informasi yang diketahui dan yang ditanyakan, tetapi belum mampu menentukan langkah penyelesaian secara tepat ketika dihadapkan pada permasalahan yang memerlukan penalaran konseptual. Temuan serupa juga dikemukakan oleh Singh et al. (2023) yang menyatakan bahwa rendahnya kemampuan metakognitif menyebabkan siswa kurang terbiasa melakukan evaluasi terhadap proses maupun hasil penyelesaian masalah. Selain itu, Heller et al. (1992) menjelaskan bahwa keberhasilan pemecahan masalah juga dipengaruhi oleh kemampuan peserta didik dalam menyusun strategi penyelesaian secara bertahap dan logis

Untuk memperoleh gambaran yang lebih rinci mengenai kemampuan siswa pada setiap tahapan pemecahan masalah, dilakukan analisis berdasarkan indikator pemecahan masalah menurut Polya (1973). Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi tahapan yang telah dikuasai siswa serta tahapan yang masih menjadi sumber kesulitan dalam menyelesaikan persoalan pada konsep medan magnet. Hasil analisis setiap indikator kemampuan pemecahan masalah disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Presentase tiap Indikator Polya

Berdasarkan grafik batang pada Gambar 2, terlihat dengan jelas bahwa titik puncak capaian skor siswa berada pada indikator memahami masalah, di mana sebagian besar siswa berhasil mengidentifikasi dan menuliskan variabel yang diketahui serta variabel yang ditanyakan dalam soal secara lengkap. Namun, grafik tersebut menunjukkan penurunan performa yang sangat curam dan drastis ketika beralih ke indikator merencanakan penyelesaian serta melaksanakan rencana, hingga mencapai titik terendah pada indikator memeriksa kembali hasil akhir. Penurunan grafik yang bersifat linier memberikan gambaran bahwa permasalahan utama siswa bukan berasal dari kemampuan membaca atau memahami teks soal, melainkan dari kesulitan dalam menerjemahkan konsep-konsep yang masih abstrak ke dalam langkah-langkah penyelesaian matematis yang sesuai.

Sebelum melakukan generalisasi dan interpretasi lebih luas terhadap data kuantitatif tersebut, dilakukan uji prasyarat analisis statistik parametrik berupa uji normalitas terhadap data sebaran kemampuan dari kedua sekolah sampel. Uji prasyarat ini mutlak diperlukan untuk memastikan bahwa variasi data skor kemampuan pemecahan masalah siswa dari Sekolah A maupun Sekolah B berdistribusi normal secara homogen dan bebas dari bias ekstrem yang dapat merusak penarikan kesimpulan. Hasil pengujian normalitas data menggunakan metode statistik *Kolmogorov–Smirnov* disajikan secara lengkap pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas Data Menggunakan Kolmogorov–Smirnov

Kelompok	Statistik	Df	Sig.
Sekolah A	0,104	60	0,172
Sekolah B	0,104	60	0,172

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, terlebih dahulu dilakukan uji normalitas sebagai salah satu prasyarat untuk analisis statistik parametrik. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data kemampuan pemecahan masalah siswa berasal dari populasi yang berdistribusi normal sehingga memenuhi asumsi dasar penggunaan uji parametrik, khususnya *Independent Samples t-Test*. Berdasarkan hasil uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov–Smirnov, diperoleh nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,172 pada kelompok Sekolah A maupun Sekolah B. Nilai tersebut lebih besar daripada taraf signifikansi yang ditetapkan, yaitu 0,05 (Sig. > 0,05), sehingga dapat disimpulkan bahwa data kemampuan pemecahan masalah pada kedua kelompok berdistribusi normal.

Hasil uji normalitas ini menunjukkan bahwa variasi skor kemampuan pemecahan masalah siswa pada kedua sekolah masih berada dalam pola distribusi yang wajar dan tidak dipengaruhi oleh penyimpangan data yang ekstrem. Dengan demikian, data yang diperoleh layak digunakan untuk analisis statistik parametrik pada tahap berikutnya. Menurut Ghazali (2018), terpenuhinya asumsi normalitas merupakan syarat penting dalam penggunaan analisis parametrik karena dapat menghasilkan estimasi yang lebih akurat dan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pengambilan keputusan statistik. Pendapat tersebut diperkuat oleh Creswell dan Creswell (2018) yang menyatakan bahwa pengujian asumsi statistik merupakan tahapan penting dalam penelitian kuantitatif untuk memastikan bahwa teknik analisis yang digunakan sesuai dengan karakteristik data sehingga hasil penelitian memiliki tingkat validitas yang lebih baik.

Selain itu, Kim (2023) menjelaskan bahwa pengujian normalitas diperlukan untuk memastikan distribusi data tidak menyimpang secara signifikan dari distribusi normal sehingga hasil analisis parametrik dapat diinterpretasikan secara tepat. Oleh karena itu, hasil uji normalitas pada penelitian ini memberikan dasar yang kuat bahwa analisis perbandingan kemampuan pemecahan masalah antarkelompok dapat dilakukan menggunakan *Independent Samples t-Test*. Hasil analisis perbandingan kemampuan pemecahan masalah antarkelompok menggunakan *Independent Samples t-Test* disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji *Independent Samples T-Test*

Kelompok	N	Mean	Std. Deviation	Sig. (2-tailed)
Sekolah A	60	65,07	8,467	0,947
Sekolah B	60	65,17	8,041	0,947

Hasil uji Independent Samples t-Test pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai rata-rata (*mean*) kemampuan pemecahan masalah siswa di Sekolah A sebesar 65,07, sedangkan di Sekolah B sebesar 65,17. Perbedaan rata-rata kedua kelompok hanya sebesar 0,10 poin, sehingga secara deskriptif menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa di kedua sekolah relatif sama. Hasil pengujian statistik juga memperlihatkan nilai signifikansi (Sig. 2-tailed) sebesar 0,947, yang lebih besar daripada taraf signifikansi 0,05 (Sig. > 0,05). Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah siswa di Sekolah A dan Sekolah B pada materi medan magnet.

Temuan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara kemampuan pemecahan masalah siswa di kedua sekolah menunjukkan bahwa faktor institusi atau asal sekolah bukanlah satu-satunya penentu keberhasilan siswa dalam menyelesaikan permasalahan fisika. Kemampuan pemecahan masalah lebih dipengaruhi oleh kualitas pemahaman konsep, strategi berpikir, serta pengalaman belajar yang diperoleh peserta didik selama proses pembelajaran. Hal ini sejalan dengan temuan Maries dan Singh (2023) yang menyatakan bahwa keberhasilan siswa dalam menyelesaikan masalah fisika sangat bergantung pada kemampuan menghubungkan konsep-konsep yang relevan dengan strategi penyelesaian yang tepat. Selain itu, Docktor dan Mestre (2014) menjelaskan bahwa kemampuan pemecahan masalah fisika merupakan hasil integrasi antara pengetahuan konseptual, keterampilan representasi, dan kemampuan penalaran ilmiah sehingga peserta didik dari lingkungan sekolah yang berbeda dapat menunjukkan tingkat kemampuan yang relatif sama apabila memperoleh pengalaman belajar yang setara.

Hasil penelitian ini juga didukung oleh Sapulete et al. (2024) yang menemukan bahwa kemampuan pemecahan masalah memiliki hubungan yang erat dengan keterampilan metakognitif siswa. Peserta didik yang terbiasa merencanakan, memantau, dan mengevaluasi proses berpikirnya cenderung menunjukkan performa yang lebih baik dalam menyelesaikan permasalahan fisika dibandingkan dengan peserta didik yang hanya berfokus pada penggunaan rumus. Oleh karena itu, peningkatan kemampuan pemecahan masalah tidak hanya memerlukan penguasaan materi, tetapi juga pengembangan kemampuan metakognitif melalui aktivitas pembelajaran yang terstruktur. Temuan ini turut diperkuat oleh Nisa et al. (2024) yang menyimpulkan bahwa kemampuan pemecahan masalah dalam pembelajaran fisika dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pemahaman konsep, kemampuan representasi, strategi penyelesaian, serta model pembelajaran yang digunakan. Dengan demikian, kesamaan kemampuan pemecahan masalah siswa pada kedua sekolah dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh adanya karakteristik pembelajaran dan pengalaman belajar yang relatif serupa sehingga menghasilkan capaian kemampuan yang tidak berbeda secara signifikan.

Interpretasi akhir terhadap keseluruhan rangkaian hasil analisis kuantitatif ini membuktikan secara empiris bahwa profil rendahnya keterampilan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet bersifat homogen, sistemik, dan merata. Kesamaan karakteristik parameter tendensi sentral, kemiripan sebaran grafik batang per indikator Polya, serta tidak adanya perbedaan nilai rata-rata yang signifikan antara kedua sekolah memberikan konfirmasi statistik yang kuat. Hal tersebut mengindikasikan bahwa hambatan kognitif yang dialami oleh siswa bukan dipicu oleh variabel eksternal sekunder, seperti perbedaan tingkat

akreditasi sekolah, kelengkapan fasilitas dan sarana prasarana laboratorium, ataupun variasi karakteristik dan perlakuan mengajar guru di dalam kelas. Secara kuantitatif, data ini memberikan petunjuk operasional yang jelas bahwa sumber utama rendahnya kemampuan pemecahan masalah siswa bersifat intrinsik, yaitu melekat langsung pada tingkat kompleksitas materi medan magnet itu sendiri yang abstrak dan menuntut pemahaman konseptual serta penalaran ruang yang tinggi. Penemuan pola data kuantitatif yang merata dan ajeg di kedua institusi ini menjadi landasan argumentasi yang kuat untuk melangkah ke tahap analisis data kualitatif guna membedah secara deskriptif faktor-faktor kognitif internal yang menjadi titik kritis kegagalan siswa.

Tahap kedua dalam analisis data dilakukan melalui pendekatan kualitatif dengan tujuan menelusuri secara deskriptif dinamika kognitif internal dan akar penyebab rendahnya skor kemampuan pemecahan masalah siswa yang telah ditemukan pada tahap kuantitatif. Pengumpulan data kualitatif ini diawali dengan merekam seluruh aktivitas nonverbal, respons spontan, serta kendala teknis dan prosedural yang dialami siswa melalui lembar observasi selama proses pengerjaan tes tertulis materi medan magnet berlangsung. Hasil pengamatan langsung terhadap dinamika perilaku, interaksi, serta ekspresi hambatan siswa di dalam ruang kelas telah didokumentasikan secara visual pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses Pelaksanaan Tes Pemecahan Masalah

Berdasarkan hasil observasi kelas yang terekam pada Gambar 3, diperoleh fakta empiris bahwa meskipun siswa menunjukkan fokus dan antusiasme dalam pengerjaan yang baik, sebagian besar dari mereka menghabiskan durasi waktu yang sangat lama dan tidak proporsional saat memasuki fase perencanaan rumus dan pelaksanaan perhitungan matematis. Ketika dihadapkan pada lembar soal, siswa tampak berulang kali membuat sketsa arah medan magnet atau gaya Lorentz menggunakan pensil, namun langsung menghapusnya kembali karena diliputi keraguan yang konstan dalam menerapkan kaidah tangan kanan di atas kertas datar. Aktivitas nonverbal ini mengindikasikan adanya kendala berat pada motorik kognitif siswa dalam mentranslasikan konsep orientasi ruang medan magnet yang abstrak ke dalam bentuk representasi piktorial yang mantap sebelum memulai kalkulasi angka; hambatan

perilaku ini sejalan dengan temuan Basri et al. (2025) yang menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan hubungan tiga dimensi pada konsep magnetisme dan penerapan kaidah tangan kanan. Selain itu, Küchemann et al. (2021) menjelaskan bahwa kemampuan representasi medan vektor memiliki peran penting dalam membangun pemahaman konseptual fisika, karena siswa perlu menghubungkan diagram, arah vektor, dan konsep abstrak secara bersamaan.

Untuk memperdalam dan mengklarifikasi temuan hasil tes tertulis, analisis kualitatif dilanjutkan melalui wawancara mendalam semi-terstruktur terhadap beberapa siswa setelah pelaksanaan tes. Pemilihan subjek wawancara dilakukan secara *purposive sampling* dengan melibatkan perwakilan siswa dari kelompok berkemampuan tinggi, sedang, dan rendah untuk menggali proses penalaran konseptual serta alasan yang melatarbelakangi jawaban mereka. Hasil transkrip wawancara menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam memvisualisasikan arah medan magnet akibat keterbatasan kemampuan spasial, serta cenderung menghafal rumus tanpa memahami makna fisis dari setiap variabel yang digunakan. Temuan tersebut sejalan dengan Maries dan Singh (2023) yang menunjukkan bahwa analisis kualitatif melalui wawancara mampu mengungkap kesulitan konseptual dan strategi berpikir siswa dalam menyelesaikan masalah fisika. Selain itu, Faisal et al. (2023) menjelaskan bahwa rendahnya pemahaman konseptual menyebabkan siswa kesulitan membangun strategi penyelesaian yang tepat, sehingga proses pemecahan masalah menjadi kurang efektif.

Penelusuran detail terhadap lembar jawaban uraian siswa yang disinkronkan berdasarkan indikator tahapan pemecahan masalah Polya menunjukkan bahwa deviasi kemampuan mulai terjadi secara tajam dari tahap memahami masalah menuju tahap merencanakan strategi. Pada indikator memahami masalah, siswa dari kelompok sedang maupun rendah tidak menunjukkan kendala berarti karena mampu menuliskan komponen variabel yang diketahui dan ditanyakan. Namun, kegagalan masif langsung menghadang siswa pada indikator merencanakan penyelesaian akibat ketidakmampuan menghubungkan variabel mekanik dengan konsep medan; hal ini diperkuat oleh kutipan langsung dari salah satu responden berkemampuan sedang (S-42) saat diwawancarai:

"Saya sebenarnya tahu dan hafal rumus medan magnet di sekitar kawat itu $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, tapi waktu melihat gambar kawatnya melengkung dalam koordinat tiga dimensi pada soal uraian, saya mendadak bingung menentukan apakah arah arusnya itu masuk atau keluar bidang datar kertas. Karena saya tidak bisa membayangkan arah panah vektornya secara pas, akhirnya saya coba-coba saja memasukkan angka yang tersedia ke rumus yang paling saya ingat tanpa yakin dengan langkah perencanaannya."

Hambatan kognitif yang jauh lebih mendasar ditemukan pada indikator melaksanakan rencana dan mengevaluasi hasil akhir, yang didominasi oleh kelompok siswa berkemampuan rendah akibat miskonsepsi bawaan. Kebanyakan dari mereka gagal total dalam mengeksekusi perhitungan arah gaya Lorentz karena memiliki pemahaman awal yang keliru mengenai prasyarat terjadinya induksi magnetik. Fenomena titik buta (*blind spot*) konseptual ini tercermin secara jelas melalui penuturan jujur dari responden dari kategori kemampuan rendah (S-105) berikut:

"Sejak awal belajar fisika, pikiran saya sudah tertanam kalau medan magnet itu cuma ada dan bisa muncul kalau di dalam soal digambarkan ada magnet batang atau

magnet permanennnya saja, Pak. Jadi begitu saya membaca soal uraian tentang kawat yang dialiri arus listrik tanpa ada gambar magnetnya, saya bingung dari mana datangnya gaya Lorentz dan medan magnet itu. Karena dasar konsep fisisnya saja saya sudah tidak paham, saya tidak tahu harus menggambar arah panahnya ke mana dan langsung melewati tahap pemeriksaan kembali jawaban karena terburu-buru pasrah."

Kondisi kepasrahan prosedural dan masih ditemukannya miskonsepsi pada kelompok siswa berkemampuan rendah sejalan dengan temuan Maries dan Singh (2023) serta Singh et al. (2023) yang menunjukkan bahwa lemahnya keterampilan metakognitif dan regulasi diri menyebabkan siswa kesulitan memantau proses berpikirnya sendiri, mengidentifikasi kesalahan konseptual, serta mengevaluasi kembali strategi penyelesaian yang telah digunakan. Akibatnya, proses pemecahan masalah sering berhenti sebelum siswa melakukan tahap akhir berupa pemeriksaan dan refleksi terhadap jawaban yang diperoleh.

Temuan komprehensif mengenai profil kemampuan pemecahan masalah siswa dalam penelitian ini memberikan implikasi penting terhadap pemilihan strategi pembelajaran fisika di kelas. Berdasarkan hasil penelitian, hambatan utama siswa terletak pada tahap perencanaan penyelesaian masalah dan visualisasi konsep yang bersifat abstrak. Oleh karena itu, pembelajaran yang masih berpusat pada guru (*teacher-centered*) dan berorientasi pada hafalan rumus perlu diarahkan menuju pembelajaran yang lebih berpusat pada siswa. Salah satu alternatif yang direkomendasikan adalah penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) yang dipadukan dengan pendekatan multi-representasi. Model PBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengidentifikasi masalah, merancang strategi penyelesaian, menguji solusi, dan melakukan refleksi terhadap hasil yang diperoleh sehingga kemampuan pemecahan masalah berkembang secara lebih sistematis. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, memperkuat proses berpikir konseptual, serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika (Pramudita et al., 2022; Faisal et al., 2023).

Selain itu, Pramudita et al. (2022) menjelaskan bahwa pembelajaran berbasis *Problem-Based Learning* yang didukung media digital dengan animasi tiga dimensi mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah sekaligus membantu siswa memvisualisasikan konsep medan magnet yang bersifat abstrak. Di sisi lain, masih ditemukan miskonsepsi mengenai sumber medan magnet, terutama anggapan bahwa medan magnet hanya dihasilkan oleh magnet permanen. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan Afkar et al. (2024) yang menunjukkan bahwa kesulitan siswa dalam menyelesaikan masalah pada konsep medan magnet dipengaruhi oleh rendahnya pemahaman konseptual dan masih adanya miskonsepsi terhadap konsep dasar medan magnet. Oleh karena itu, penggunaan media visual interaktif, seperti simulasi PhET atau animasi tiga dimensi, dapat membantu siswa membangun representasi konsep yang lebih akurat sehingga mendukung proses pemecahan masalah dan mengurangi terjadinya miskonsepsi (Pramudita et al., 2022; Singh et al., 2023).

Temuan penelitian ini memberikan implikasi penting terhadap proses pembelajaran fisika, khususnya pada materi medan magnet yang bersifat abstrak. Pembelajaran yang hanya berorientasi pada penyelesaian matematis dan hafalan rumus belum mampu mengembangkan kemampuan pemecahan masalah siswa secara optimal. Oleh karena itu, guru perlu menerapkan model pembelajaran yang mampu melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi

melalui aktivitas penyelidikan, diskusi, dan pemecahan masalah secara bertahap. Salah satu model yang direkomendasikan adalah *Problem-Based Learning* (PBL) yang dipadukan dengan simulasi virtual atau media visual berbasis animasi tiga dimensi. Penelitian Pramudita et al. (2022) menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis masalah yang didukung media digital dengan animasi 3D pada materi medan magnet mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa serta membantu memperkuat pemahaman konsep.

Implikasi langsung yang harus dihadapi oleh guru fisika di sekolah menengah adalah tuntutan untuk lebih inovatif dan adaptif dalam memfasilitasi keterampilan metakognitif serta penalaran spasial siswa melalui pemanfaatan teknologi digital. Integrasi perangkat lunak simulasi virtual, seperti PhET *Interactive Simulations*, maupun pemanfaatan media alat peraga virtual berupa animasi komputer tiga dimensi (3D) menjadi kebutuhan mutlak pada topik-topik abstrak seperti medan magnet. Penggunaan teknologi visual digital interaktif, seperti simulasi PhET dan media pembelajaran berbasis animasi tiga dimensi, terbukti dapat membantu siswa memvisualisasikan konsep medan magnet yang bersifat abstrak, mempermudah pemahaman kaidah tangan kanan, serta meningkatkan kemampuan pemecahan masalah melalui representasi konsep yang lebih konkret. Selain itu, integrasi media digital dalam pembelajaran berbasis *Problem-Based Learning* berkontribusi dalam mengurangi miskonsepsi dan mendorong siswa untuk membangun pemahaman konseptual, bukan sekadar menghafal rumus matematis (Pramudita et al., 2022; Singh et al., 2023).

Hasil studi kombinasi (*mixed methods*) ini memberikan implikasi penting berupa perlunya pengembangan instrumen tes diagnostik baru yang secara spesifik mampu mengukur korelasi kuantitatif antara tingkat kemampuan berpikir spasial (*spatial thinking skills*) dan efektivitas pemecahan masalah fisika pada topik-topik abstrak lainnya. Peneliti masa depan juga disarankan untuk melakukan penelitian tindakan kelas (*classroom action research*) maupun studi eksperimen formal berskala luas guna menguji efektivitas empiris paket unit pembelajaran PBL berbasis animasi digital dalam meningkatkan keterampilan metakognitif siswa secara longitudinal. Melalui pengembangan intervensi pembelajaran berbasis data empiris dari lapangan ini, mata rantai kesulitan siswa pada rumpun materi elektromagnetisme diharapkan dapat diputus secara lebih optimal (Singh et al., 2023).

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis data kuantitatif dan kualitatif, dapat disimpulkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa pada konsep medan magnet di Kabupaten Garut masih belum optimal. Sebagian besar siswa berada pada kategori sedang (60,0%) dan rendah (25,0%), dengan penurunan kemampuan yang paling terlihat pada tahap merencanakan penyelesaian, melaksanakan strategi, dan mengevaluasi hasil berdasarkan langkah-langkah Polya. Hasil uji *Independent Samples t-Test* ($\text{Sig.} = 0,947 > 0,05$) menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan yang signifikan antara kedua sekolah, sehingga rendahnya kemampuan pemecahan masalah bersifat relatif merata. Hasil analisis kualitatif mengungkap bahwa kondisi tersebut dipengaruhi oleh rendahnya kemampuan representasi visual-spasial, adanya miskonsepsi tentang konsep medan magnet, serta kecenderungan siswa menghafal rumus tanpa memahami konsep secara mendalam. Berdasarkan temuan tersebut, guru disarankan menerapkan pembelajaran yang berpusat pada siswa, seperti *Problem-Based Learning* (PBL) yang dipadukan dengan pendekatan multi representasi dan media visual interaktif untuk membantu memahami konsep medan magnet yang bersifat abstrak. Peneliti

selanjutnya disarankan mengembangkan penelitian eksperimen atau penelitian tindakan kelas guna menguji efektivitas model pembelajaran tersebut serta mengembangkan instrumen yang dapat mengukur hubungan antara kemampuan spasial, pemahaman konsep, dan kemampuan pemecahan masalah pada materi fisika lainnya.

Referensi

- Afifah, R. N., & Hariyono, E. (2023). Analisis literasi sains dan kemampuan pemecahan masalah siswa dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 45–55. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.40210>
- Afkar, M., et al. (2024). Analisis kesulitan siswa dalam pemecahan masalah fisika pada konsep medan magnet menggunakan metode Krulik-Rudnick. *Desultanh: Journal Education and Social Science*, 2(2), 1–14. <https://doi.org/10.69548/d-jess.v2i2.29>
- Arikunto, S. (2019). *Prosedur penelitian: Suatu pendekatan praktik* (Edisi revisi). PT Rineka Cipta.
- Ayudha, C. F. H., & Setyarsih, W. (2022). Studi literatur: Analisis praktik pembelajaran fisika di SMA untuk melatih keterampilan pemecahan masalah. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 11(1). <https://doi.org/10.23887/jjpf.v11i1.33427>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Dewi, W. S., Siregar, R., Putra, A., & Hidayati, H. (2023). The effect of problem-based learning model on students' physics problem solving ability: A meta-analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 2103–2109. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.3291>
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics–Physics Education Research*, 10(2), 020119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>
- Faisal, M., et al. (2023). Cognitive process in physics problem solving: A profile analysis of high school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 2473, 012015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2473/1/012015>
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi analisis multivariate dengan program IBM SPSS*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Harudu, L., Nursalam, L. O., Kasmianti, S., Hasan, S., Sugiarto, A. T. A., Karim, A., Syarifuddin, S., & Sejati, A. E. (2024). The impact of PhET-assisted problem-solving model on enhancing students' physics problem-solving skills in Indonesian high schools. *Multi Discere Journal*, 3(2), 59–71. <https://doi.org/10.36312/mj.v3i2.2312>
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 60(7), 627–636. <https://doi.org/10.1119/1.17117>
- Lin, S.-Y., & Singh, C. (2015). Effect of scaffolding on helping introductory physics students solve quantitative problems involving strong alternative conceptions. *Physical Review Special Topics–Physics Education Research*, 11(2), 020105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020105>
- Maulana, L. M. S., Kosim, K., Zuhdi, M., & Wahyudi, W. (2024). Development of student worksheets based on problem-based learning (PBL) assisted by PhET simulations.

- Maries, A., & Singh, C. (2023). Qualitative analysis of students' problem-solving skills in physics. *Physical Review Physics Education Research*, 19(1), 010115. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010115>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Nisa, K., Putri, S. A., & Kuswanto, H. (2024). A systematic literature review: Problem-solving skills in physics teaching. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(1), 173–184. <https://doi.org/10.21009/1.10115>
- Polya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Pramudita, E., Ridlo, S., & Pamelasari, S. D. (2022). Implementation of online problem-based learning assisted by digital book with 3D animations to improve students' physics problem-solving skills in magnetic field subject. *Journal of Technology and Science Education*, 12(2), 379–396. <https://doi.org/10.3926/jotse.1596>
- Rahmasari, A., & Kuswanto, H. (2023). The effectiveness of problem-based learning physics pocketbook integrating augmented reality with the local wisdom of catapults in improving mathematical and graphical representation abilities. *Journal of Technology and Science Education*, 13(3), 886–900. <https://doi.org/10.3926/jotse.1962>
- Rizqa, A., Harjono, A., & Wahyudi. (2020). Kemampuan pemecahan masalah fisika peserta didik melalui model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan *post organizer*. *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 6(2), 243–247. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i2.3133>
- Safanah, A., Samsudin, A., Aviyanti, L., Hasanah, L., Liliawati, W., & Oktavianty, E. (2025). Exploring the role of media in enhancing problem-based learning in physics: A systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 21(2). <https://doi.org/10.15294/jpfi.v21i2.19319>
- Sapulete, H., Sopacua, F., & Sopacua, V. (2024). The analysis of students' metacognitive skills in physics through problem-solving strategies in physics education students. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 4453–4460. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i7.7102>
- Singh, C., Maries, A., & Sayer, R. (2023). Strategies for developing cognitive and metacognitive skills in physics problem solving. *Journal of Science Education and Technology*, 32(4), 500–515. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10062-2>
- Sofa, E. L., Saptanigrum, E., Khoiri, N., Kurniawan, A. F., & Ristanto, S. (2025). Effectiveness of integrating deep learning into problem-based learning with PhET simulations to enhance students' problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 13(3), 416–428. <https://doi.org/10.26618/ttreea958>
- Suhardiman, S., Purnama, E., Hasanah, U., Hidayat, Y., & Azhar, H. (2021). Meta-analisis model pembelajaran *problem based learning* (PBL) pada pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 9(1). <https://doi.org/10.24252/jpf.v9i1.20463>