

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Transformasi digital dalam dunia pendidikan telah mengubah paradigma pembelajaran dari berpusat pada guru menjadi berpusat pada siswa melalui pemanfaatan teknologi informasi. Era Revolusi Industri 4.0 menuntut integrasi teknologi cerdas dalam kurikulum sains guna mempersiapkan siswa menghadapi kompleksitas tantangan global (Hidayat et al., 2023). Pendidikan merupakan fondasi utama dalam membangun peradaban bangsa yang adaptif terhadap dinamika perubahan zaman (Suryaningrum, 2024). Di era transformasi digital, integrasi teknologi dalam ruang kelas bukan lagi sekadar pilihan, melainkan keharusan untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang relevan dengan kebutuhan zaman. Pemanfaatan teknologi secara strategis berperan penting dalam mewujudkan pembelajaran yang efisien dan inklusif, selaras dengan target *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin keempat mengenai kualitas pendidikan global (Milasari & Nugraheni, 2024). Melalui digitalisasi, hambatan geografis dan keterbatasan sumber belajar dapat diminimalisir, memungkinkan setiap individu memperoleh hak pendidikan yang bermutu tanpa diskriminasi (Ramadhani, 2023). Terlebih penggunaan media konvensional maupun metode ceramah sudah mulai kurang efektif pada zaman saat ini. (Andi Ferawati, 2021) Oleh karena itu, inovasi dalam media pembelajaran harus terus dikembangkan untuk mendukung terciptanya masyarakat berbasis pengetahuan yang adaptif terhadap perubahan global.

Perkembangan pesat *Artificial Intelligence* (AI) telah membawa paradigma baru dalam dunia pendidikan, di mana kecerdasan buatan mampu menyediakan personalisasi belajar bagi siswa (Fajriati et al., 2024). AI dalam pendidikan tidak hanya berfungsi sebagai alat otomatisasi, tetapi juga sebagai asisten kognitif yang memperkaya interaksi melalui teknologi chatbot dan sistem adaptif (Rifky, 2024). Fenomena ini membuka peluang besar bagi pendidik untuk mengeksplorasi potensi integrasi AI dalam mengatasi berbagai kendala instruksional di kelas (Rochmawati et al., 2023).

Dengan dukungan AI, proses pembelajaran dapat berlangsung secara lebih interaktif, memberikan umpan balik instan, dan meningkatkan motivasi belajar siswa melalui lingkungan digital yang responsif. Hal ini menjadi krusial dalam memfasilitasi keterampilan abad ke-21 yang menuntut kemandirian dan literasi teknologi yang tinggi.

Dalam konteks pembelajaran fisika, pemilihan model pembelajaran harus didasarkan pada karakteristik materi yang seringkali bersifat abstrak dan memerlukan penalaran logis yang kuat. pendekatan *Problem-Based Learning* (PBL) muncul sebagai solusi pedagogis yang relevan dengan tuntutan kurikulum modern yang menekankan pada kemampuan pemecahan masalah (Wulandari, 2021). Melalui PBL, siswa diposisikan sebagai subjek aktif yang mengonstruksi pemahaman melalui investigasi masalah dunia nyata, sehingga keterampilan berpikir kritis dapat terasah secara alami. Implementasi PBL yang sistematis terbukti mampu menggeser pusat pembelajaran dari guru ke siswa, menciptakan ruang bagi eksplorasi ide dan kolaborasi intelektual (Sufyadi et al., 2021). Dengan demikian, PBL menjadi kerangka kerja yang ideal untuk mengintegrasikan berbagai media teknologi guna mencapai tujuan pembelajaran yang lebih bermakna.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Wulandari dan Setiani (2025) menunjukkan bahwa penerapan PBL pada mata pelajaran sains menunjukkan tingkat keterlaksanaan yang sangat tinggi, mencapai 98,8%, yang mengindikasikan antusiasme siswa dalam belajar berbasis masalah. Data empiris lain dari Vioni et al. (2025) mengungkap bahwa penggunaan PBL mampu meningkatkan ketuntasan klasikal siswa secara signifikan dari siklus ke siklus. Selain meningkatkan hasil belajar kognitif, PBL juga terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan kemampuan berpikir kritis siswa dalam merumuskan konsep fisika yang logis (Pasaribu et al., 2025; Napis & Rahmatulloh, 2021). Potensi PBL sebagai model yang mampu mengembangkan kemampuan kognitif tingkat tinggi menjadikannya instrumen yang kuat dalam memperbaiki kualitas pembelajaran fisika (Mulyadi et al., 2025). Kesuksesan ini menegaskan bahwa PBL memiliki daya adaptasi yang baik jika dikombinasikan dengan inovasi media yang tepat.

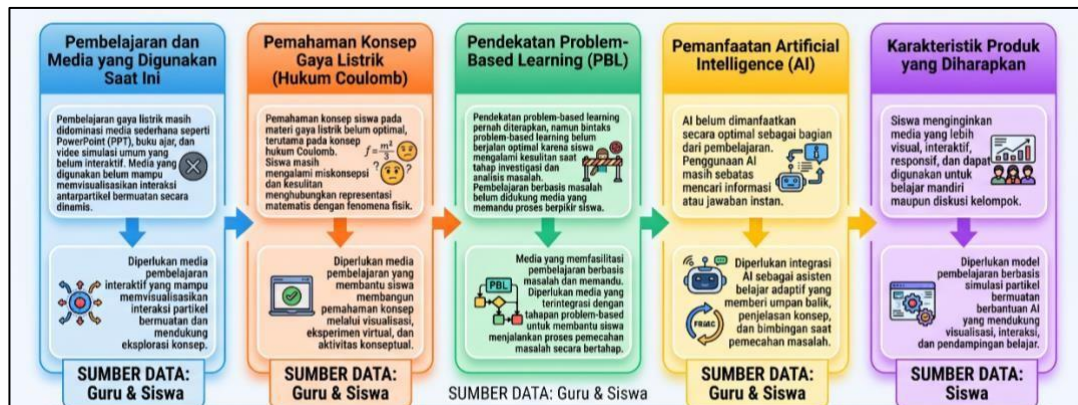
Integrasi AI ke dalam media pembelajaran fisika memberikan dampak yang terukur terhadap peningkatan efikasi diri dan kinerja akademik siswa (Simangunsong et al., 2024). Penelitian oleh Saifullah et al. (2024) mengonfirmasi bahwa penggunaan chatbot dalam lingkungan belajar digital meningkatkan keterlibatan siswa hingga 87% dan memperkuat keyakinan mereka dalam menyelesaikan tugas-tugas kompleks. Efektivitas chatbot AI sebagai asisten belajar dalam pembelajaran fisika juga didukung oleh temuan Kusuma et al. (2024) yang menyatakan bahwa media berbasis chatbot memiliki pengaruh kuat terhadap hasil belajar. Kepuasan pengguna terhadap layanan chatbot yang mudah digunakan dan responsif menjadi indikator bahwa teknologi ini dapat diterima dengan baik oleh siswa (Nasya & Wibowo, 2024).

Materi gaya listrik merupakan salah satu konsep dalam fisika yang bersifat abstrak dan seringkali menimbulkan miskonsepsi karena melibatkan interaksi partikel yang tidak kasat mata (Aripin et al., 2021). Memahami gaya listrik memerlukan kemampuan visualisasi yang baik mengenai interaksi antar muatan, arah gaya, dan resultan vektor. Namun, dalam praktiknya, banyak siswa masih mengalami kesulitan dalam menginternalisasi konsep dasar gaya listrik, terutama saat berhadapan dengan perhitungan matematis dan representasi mikroskopis (Yolanda, 2021). Penelitian Nasution (2024) menyebutkan bahwa kesulitan utama siswa terletak pada penurunan rumus dan visualisasi konsep dari gambar statis di buku teks. Kendala ini jika dibiarkan akan menghambat pemahaman siswa pada materi yang lebih kompleks di tingkat lanjut.

AI dapat meningkatkan kualitas pembelajaran fisika melalui pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan setiap siswa (Mnguni, 2025). AI juga mampu memberikan umpan balik secara real-time sehingga membantu siswa memahami dan memperbaiki kesalahan konsep secara mandiri (Younis, 2025). Selain itu, integrasi AI dengan simulasi interaktif dapat memvisualisasikan konsep-konsep fisika yang abstrak sehingga lebih mudah dipahami (Kotsis, 2025). Penerapan AI turut meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan pemahaman konseptual siswa dalam proses pembelajaran fisika (Latif et al., 2026).

Rendahnya pemahaman konsep pada materi gaya listrik juga ditegaskan oleh temuan sary (2026) yang menunjukkan rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa hanya mencapai 41%. Siswa seringkali gagal dalam menentukan konsep yang tepat saat variabel masalah diubah, serta mengalami hambatan dalam menerapkan hukum Coulomb secara benar (Hendra et al., 2024). Data dari Wulandari et al. (2023) bahkan menunjukkan tingkat pemahaman konsep yang sangat rendah, di mana mayoritas siswa terjebak dalam miskonsepsi atau sekadar menghafal rumus tanpa memahami fisisnya. Kondisi ini menuntut adanya media visualisasi interaktif seperti simulasi partikel bermuatan yang dapat memperlihatkan fenomena kelistrikan secara dinamis. Tanpa bantuan media visual, konsep gaya listrik akan tetap menjadi materi yang sulit dijangkau oleh nalar siswa.

Visualisasi konsep melalui simulasi partikel bermuatan menjadi sangat krusial untuk menjembatani antara teori abstrak dan realitas fisis. Pemetaan literatur menggunakan analisis bibliometrik menunjukkan bahwa tren penelitian AI saat ini berfokus pada pengembangan sistem pembelajaran yang adaptif bagi siswa (Tamphu et al., 2024). Dalam sebuah penelitian menyimpulkan penerapan simulasi dalam pembelajaran fisika terbukti dapat meningkatkan keterampilan proses sains, kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah, meningkatkan motivasi belajar siswa, dan memperdalam pemahaman konsep terhadap materi dan memiliki potensi besar untuk mendukung pembelajaran fisika yang lebih efektif dan interaktif. (Rararati, P. A., et al, 2024). Kata kunci seperti *learning systems* dan *e-learning* mendominasi ruang penelitian, namun integrasi yang spesifik antara simulasi interaktif partikel dengan asisten AI dalam kerangka PBL masih jarang dilakukan. Celah penelitian inilah yang perlu diisi untuk menghadirkan media pembelajaran yang tidak hanya informatif, tetapi juga membimbing proses kognitif siswa. Dengan menggabungkan simulasi dan AI, hambatan visualisasi pada materi gaya listrik dapat diatasi secara lebih terarah.



Gambar 1.1 Analisis Berdasarkan Wawancara

Berdasarkan studi pendahuluan tersebut melalui wawancara dengan guru fisika dan siswa di salah satu SMA Negeri 11 Jakarta, ditemukan bahwa pembelajaran pada materi gaya listrik masih menghadapi berbagai keterbatasan, baik dari aspek media pembelajaran, maupun pemanfaatan teknologi. Pembelajaran cenderung berlangsung secara konvensional melalui penjelasan guru, penggunaan presentasi PowerPoint, dan latihan soal rutin, sehingga siswa lebih banyak menerima informasi dibanding mengeksplorasi konsep secara aktif. Pada kondisi tersebut, visualisasi interaksi antar muatan belum tersaji secara optimal sehingga konsep gaya listrik yang bersifat abstrak sulit dipahami siswa. Guru juga menyampaikan bahwa siswa sering mengalami kesalahan dalam menentukan arah gaya listrik, memahami resultan gaya, dan menerapkan hukum Coulomb dalam konteks masalah yang lebih kompleks. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan pembelajaran konseptual dengan praktik pembelajaran yang berlangsung di kelas.

Dari aspek penerapan pendekatan pembelajaran, wawancara menunjukkan bahwa pendekatan *problem-based learning* pernah digunakan, namun implementasinya belum berjalan maksimal. Siswa mengalami hambatan pada tahap merumuskan masalah, menganalisis hubungan antar variabel, dan menarik kesimpulan dari penyelidikan yang dilakukan. Hambatan tersebut disebabkan belum tersedianya media yang mampu memandu proses berpikir siswa secara bertahap. Akibatnya, aktivitas pemecahan masalah sering berhenti pada diskusi permukaan tanpa diikuti eksplorasi konseptual yang mendalam. Padahal, pada pembelajaran fisika, khususnya materi gaya listrik, siswa membutuhkan dukungan

visualisasi dan scaffolding untuk membangun penalaran ilmiah secara sistematis. Hal ini menunjukkan perlunya inovasi media yang tidak hanya menyajikan materi, tetapi juga mendukung implementasi media pembelajaran simulasi berbasis masalah secara utuh.

Selain itu, hasil wawancara juga menunjukkan bahwa pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam pembelajaran fisika masih sangat terbatas. Guru belum banyak menggunakan AI sebagai bagian dari strategi pembelajaran, sedangkan siswa lebih sering menggunakan AI hanya untuk memperoleh jawaban cepat tanpa memahami proses penyelesaiannya. Meskipun demikian, guru dan siswa menunjukkan ketertarikan terhadap penggunaan AI sebagai pendamping belajar yang mampu memberi penjelasan, mengarahkan investigasi, dan memberikan umpan balik selama proses pemecahan masalah. Temuan ini menunjukkan adanya peluang untuk mengintegrasikan AI tidak hanya sebagai alat bantu teknologi, tetapi sebagai *learning assistant* yang mendukung pembelajaran konseptual. Dalam konteks ini, simulasi partikel bermuatan berbantuan AI dinilai potensial karena dapat menggabungkan visualisasi interaktif dan pendampingan belajar adaptif dalam satu sistem pembelajaran. Integrasi tersebut menjadi relevan untuk menjawab kebutuhan pembelajaran fisika yang lebih interaktif, terarah, dan bermakna.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan tersebut, terdapat kesenjangan antara kondisi ideal pembelajaran gaya listrik dan realitas implementasi di lapangan. Secara ideal, pembelajaran gaya listrik memerlukan media yang mampu meningkatkan pemahaman konsep, pemecahan masalah, dan interaksi belajar berbasis teknologi. Namun pada praktiknya, media yang digunakan belum mendukung visualisasi konseptual secara optimal, implementasi *problem-based learning* belum terfasilitasi dengan baik, dan pemanfaatan AI belum diarahkan untuk mendukung proses konstruksi pengetahuan siswa. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa integrasi antara *problem-based learning*, simulasi partikel bermuatan, dan AI masih menjadi ruang pengembangan yang belum banyak dieksplorasi dalam penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, hasil wawancara ini memperkuat urgensi pengembangan media pembelajaran simulasi partikel bermuatan berbantuan AI berbasis *problem-based learning* sebagai solusi untuk

meningkatkan pemahaman konsep gaya listrik sekaligus menjadi landasan menuju nilai kebaruan (*novelty*) penelitian ini.

Nilai kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan media pembelajaran fisika yang menyinergikan pendekatan PBL dengan simulasi partikel bermuatan yang dibantu oleh asisten AI (chatbot). Berbeda dengan simulasi konvensional yang bersifat pasif, media ini menghadirkan chatbot AI yang berfungsi sebagai perancah (*scaffolding*) yang memandu siswa secara bertahap. Chatbot akan memberikan pertanyaan pemantik, membantu analisis data simulasi, dan memberikan penjelasan konseptual yang adaptif saat siswa mengalami kebuntuan dalam memecahkan masalah gaya listrik. Integrasi ini dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan kolaboratif, di mana teknologi tidak menggantikan peran berpikir siswa, melainkan memperkuatnya melalui interaksi yang cerdas.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi terobosan dalam mengatasi rendahnya pemahaman konsep gaya listrik melalui pendekatan yang selaras dengan keterampilan abad ke-21. Dengan mengombinasikan visualisasi simulasi, aktivitas diskusi berbasis masalah, dan pendampingan AI, siswa diharapkan dapat membangun pemahaman konseptual yang lebih kokoh dan akurat. Fokus utama penelitian ini adalah memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan mampu memfasilitasi perubahan paradigma belajar dari sekadar menghafal menjadi mampu menganalisis fenomena fisika secara kritis. Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran simulasi partikel bermuatan berbantuan AI ini sangat mendesak untuk dilaksanakan sebagai solusi inovatif dalam pendidikan fisika.

B. Fokus Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, fokus penelitian ini diarahkan pada pengembangan media pembelajaran berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) menggunakan simulasi partikel bermuatan yang terintegrasi dengan chatbot AI, serta mengetahui peningkatan pemahaman konsep gaya listrik setelah mengikuti pembelajaran.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka masalah yang ingin dipecahkan dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik media pembelajaran simulasi berbasis *problem-based learning* terintegrasi AI pada materi gaya listrik dengan menggunakan model ADDIE?
2. Bagaimana validitas media pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan penilaian ahli?
3. Bagaimana penilaian media pembelajaran simulasi berbasis *problem-based learning* terintegrasi AI berdasarkan tanggapan guru dan para siswa?
4. Bagaimana peningkatan pemahaman konsep gaya listrik siswa setelah mengikuti pembelajaran dengan media yang dikembangkan?

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoretis maupun praktis.

1. Manfaat Teoritis

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teori instruksional dalam pendidikan fisika, khususnya mengenai integrasi AI sebagai perancah (*scaffolding*) dalam media simulasi. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah mengenai efektivitas penggabungan simulasi interaktif dan kecerdasan buatan dalam memperbaiki struktur kognitif siswa pada materi fisika yang abstrak.

2. Manfaat Praktis

- 1) Siswa akan mendapatkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan membantu mengatasi miskonsepsi pada materi gaya listrik melalui visualisasi simulasi dan pendampingan AI yang adaptif.
- 2) Menyediakan media pembelajaran inovatif yang valid dan teruji untuk membantu guru dalam penyampaian materi gaya listrik serta memudahkan pemantauan proses berpikir siswa.
- 3) Menjadi dasar bagi peneliti untuk mengembangkan penelitian selanjutnya terkait pemanfaatan AI dalam berbagai topik fisika lainnya guna meningkatkan kualitas pendidikan sains di Indonesia.