

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembelajaran fisika mencakup berbagai hal yang berkaitan dengan pemahaman fenomena alam, konsep dasar, dan prinsip-prinsip fisika (Bao & Koenig, 2019) seperti mekanika, termodinamika, elektromagnetisme, optik, dan fisika modern. Fokus pembelajaran fisika adalah mengembangkan pemahaman konseptual siswa tentang hukum-hukum alam dan bagaimana mereka bekerja dalam kehidupan sehari-hari, serta kemampuan berpikir kritis, analitis, dan pemecahan masalah (Bao & Koenig, 2019; Ince, 2018). Selain itu, pembelajaran fisika juga berfokus pada pengembangan keterampilan eksperimen dan pengamatan ilmiah, di mana siswa diajak untuk melakukan percobaan, mengumpulkan data, menganalisis hasil, dan menarik kesimpulan yang valid (Carl J. Wenning, 2011).

Fokus dalam pembelajaran fisika telah mengalami transformasi signifikan seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi serta tuntutan kebutuhan masyarakat. Awalnya, pembelajaran fisika berfokus pada pemahaman konsep dasar dan hukum-hukum fisika secara teoritis (Sabo et al., 2016; Shaffer & McDermott, 2005). Namun, saat ini tujuan pembelajaran fisika semakin diarahkan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kemampuan untuk menerapkan konsep-konsep fisika dalam situasi kehidupan nyata (Docktor et al., 2016; Ince, 2018). Hal ini didorong oleh pendekatan pembelajaran student center, dan penggunaan teknologi digital yang

mengintegrasikan simulasi dan eksperimen virtual (Ceberio et al., 2016; Krenn et al., 2021). Dengan pendekatan ini, pembelajaran fisika tidak hanya berfungsi sebagai transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai sarana untuk membangun keterampilan abad ke-21.

Perkembangan penelitian dalam Pendidikan Fisika mengalami kemajuan signifikan, tercermin dari sintesis disiplin ilmu yang beragam. Menurut Docktor & Mestre (2014), fokus penelitian mencakup pemahaman konseptual, pemecahan masalah, kurikulum, penilaian, psikologi kognitif, serta sikap dan keyakinan dalam pembelajaran. Bao & Koenig (2019) memperluas cakupan dengan menekankan pembelajaran mendalam berbasis disiplin, penalaran ilmiah, pendekatan pendidikan efektif, dan integrasi keterampilan abad ke-21. Sementara itu, Kanim & Cid (2020) menyoroti aspek kognitif-afektif siswa seperti pemikiran, identitas, serta pengembangan kurikulum dan model teoretis. Di sisi praktis, Ince (2018) menggarisbawahi pentingnya pengembangan keterampilan pemecahan masalah, pemahaman konsep, dan strategi instruksional. Supriyati dkk. (2022) menambahkan dimensi keterampilan proses sains melalui proyek, penemuan, dan pembelajaran aktif, sedangkan Jung & Won (2018) mengaitkan penelitian dengan teori pendidikan, desain kurikulum, metode pengajaran, dan filosofi pembelajaran. Tabel 1.1 merangkum sintesis multidisiplin ini, menunjukkan bahwa penelitian Pendidikan Fisika terus berevolusi dengan pendekatan yang holistik, menggabungkan teori, praktik, psikologi, dan tuntutan era modern untuk menjawab kompleksitas pembelajaran fisika.

Tabel 1.1 Sintesis Disiplin dalam Penelitian Pendidikan Fisika

Sintesis Disiplin dalam Penelitian Pendidikan Fisika	Sumber
(1) Pemahaman konseptual, (2) pemecahan masalah, (3) kurikulum dan pembelajaran, (4) penilaian, (5) psikologi kognitif, dan (6) sikap serta keyakinan tentang pengajaran dan pembelajaran	(Docket & Mestre, 2014)
(1) Pembelajaran Mendalam Spesifik Disiplin, (2) Pengembangan Kemampuan Penalaran Ilmiah, (3) Diseminasi Pendekatan Pendidikan yang Efektif, (4) Integrasi Keterampilan Abad ke-21	(Bao & Koenig, 2019)
(1) Penyelidikan terhadap pemikiran, (2) afeksi, (3) identitas siswa, (4) pengembangan kurikulum dan alat untuk mengukur kemajuan, serta (5) penciptaan model teoretis	(Kanim & Cid, 2020)
(1) Pengembangan keterampilan pemecahan masalah, (2) pemahaman konsep, dan (3) penerapan strategi instruksional.	(Ince, 2018)
(1) Keterampilan proses sains siswa, (2) proyek, (3) penemuan, dan (4) pembelajaran aktif.	(Supriyati et al., 2022)
(1) Teori pendidikan, (2) kurikulum, (3) metode pengajaran, dan (4) filosofi pengajaran,	(Jung & Won, 2018)

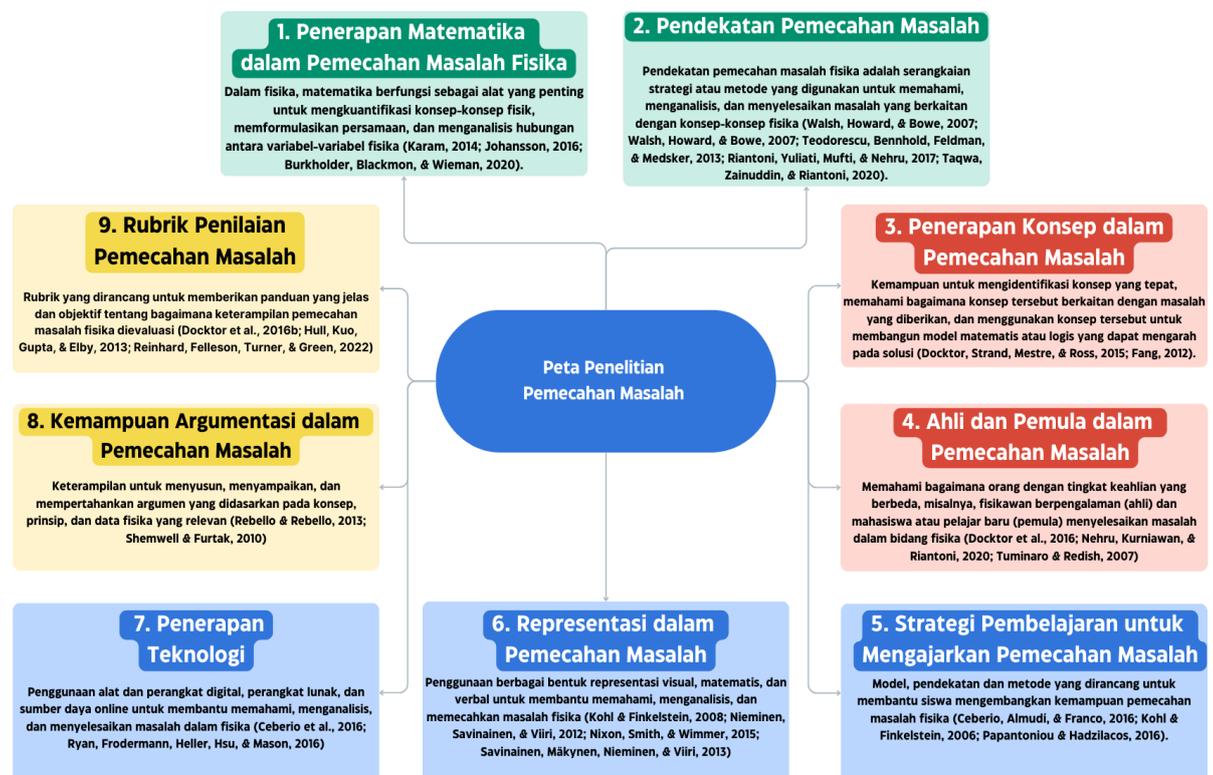
Salah satu kemampuan yang perlu dikembangkan dari fokus pembelajaran fisika tersebut adalah kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan pemecahan masalah fisika adalah keterampilan yang sangat penting dalam memahami konsep-konsep dasar dan lanjutan dalam ilmu fisika. Kemampuan ini mencakup pemahaman teori, penerapan konsep dalam situasi nyata, dan analisis kuantitatif terhadap fenomena fisik yang kompleks (Ogilvie, 2009). Proses pemecahan masalah fisika melibatkan beberapa tahap, seperti memahami kondisi masalah,

melaksanakan prosedur matematis, dan komunikasi atau perkembangan logis dari solusi (Docket & Mestre, 2014; Tuminaro & Redish, 2007).

Pemecahan masalah fisika juga didefinisikan sebagai proses di mana siswa menggunakan pengetahuan dan pemahaman mereka untuk menganalisis situasi fisika yang baru dan unik (Hegde & Meera, 2012). Proses ini melibatkan identifikasi prinsip-prinsip fisika yang relevan, serta kemampuan untuk mengintegrasikan berbagai keterampilan seperti pemrosesan matematis, komputasi, dan pemahaman hubungan timbal balik antara konsep fisika dan matematika (Hegde & Meera, 2012; Kohl et al., 2007). Selain itu, kemampuan ini juga mencakup pemanfaatan informasi tambahan dan interpretasi implikasi fisik yang dihasilkan dari perhitungan matematis serta sebaliknya (Bing & Redish, 2009). Dengan demikian, pemecahan masalah fisika memerlukan koordinasi yang efektif antara keterampilan kognitif dan analitis, memungkinkan siswa untuk memahami, mengevaluasi, dan menerapkan prinsip-prinsip fisika dalam berbagai konteks.

Dalam dua dekade terakhir penelitian pemecahan masalah difokuskan pada beberapa topik. Topik-topik tersebut disajikan pada Gambar 1.1. Dari topik-topik tersebut ditemukan berbagai permasalahan umum yang dialami oleh mahasiswa dalam pemecahan masalah fisika. Beberapa studi menunjukkan bahwa rata-rata mahasiswa dapat menyelesaikan masalah kuantitatif dengan cara menggantikan nilai dalam persamaan (Redish, 2005; Rosengrant et al., 2009; Walsh et al., 2007) dan tidak mengalami kesulitan dalam penerapan rumus serta perhitungan matematika (Ceberio et al., 2016). Namun, mereka sering mengalami

kesulitan dalam menyelesaikan masalah yang lebih kompleks karena tidak mampu mengaplikasikan pemahaman mereka secara efektif (Redish, 2005; Rosengrant et al., 2009; Walsh et al., 2007). Selain itu, mahasiswa sering kali masih kesulitan ketika menghadapi masalah yang sama di kemudian hari, karena mereka tidak belajar dari kesalahan sebelumnya (Brown et al., 2016).



Gambar 1.1 Topik-topik Fokus Penelitian Pemecahan Masalah Fisika

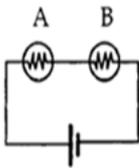
Bukti-bukti lain yang menunjukkan permasalahan mahasiswa dalam pemecahan masalah fisika adalah banyak mahasiswa, meskipun telah diajarkan, masih tidak mampu menerapkan strategi pemecahan masalah dengan efektif (Ceberio et al., 2016; Ryan et al., 2016). Mayoritas mahasiswa cenderung memecahkan masalah dengan fokus yang hanya pada nilai kuantitatif tanpa memanfaatkan konsep secara menyeluruh atau memperhatikan pentingnya

langkah-langkah prosedural dalam pemecahan masalah (Ceberio et al., 2016). Selain itu, ketika menghadapi kesulitan dalam proses pemecahan masalah, mahasiswa sering kali kekurangan ide atau strategi untuk mengatasi masalah tersebut (Hull et al., 2013; Rosengrant et al., 2009).

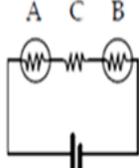
Permasalahan mahasiswa dalam pemecahan masalah fisika juga didukung dengan data hasil studi empiris. Dua soal disebarakan untuk melihat permasalahan pemecahan masalah mahasiswa. Soal pertama diberikan dalam konteks terangnya dua buah lampu sebelum dan setelah ditambahkan sebuah resistor yang dirangkai secara seri (Gambar 1.2). Soal kedua diberikan dalam konteks perubahan terangnya lampu yang dirangkai secara campuran seri dan paralel setelah saklar ditutup dalam rangkaian (Gambar 1.3). Soal yang digunakan untuk mengali informasi kemampuan pemecahan masalah mahasiswa ini merupakan soal yang dikembangkan oleh Riantoni et al (2017). Butir soal yang digunakan adalah soal pilihan ganda beralasan yang telah divalidasi oleh validator ahli untuk mengetahui kevalidan dari soal dan telah diuji secara empiris dengan skor rata-rata validitas sebesar 0,52 dan skor reliabilitas 0,84.

Dua buah bola lampu yang identik yaitu lampu A dan B dirangkai dengan sebuah baterai seperti pada Gambar 1. Jika anda menambahkan hambatan C dengan besar yang sama dengan hambatan dalam bola lampu A dan B dalam rangkain tersebut seperti pada Gambar 2, maka perubahan yang terjadi pada terangnya lampu A dan B jika dibandingkan sebelum ditambahkan resistor C adalah.....

- A tetap Sama, B meredup
- A meredup, B tetap sama
- A dan B lebih terang
- A dan B meredup
- A dan B tetap sama



Gambar 1

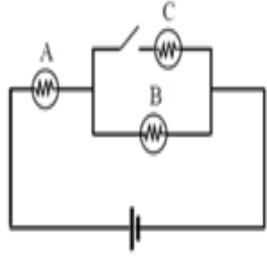


Gambar 2

Gambar 1.2 Soal Pertama

Tiga buah bola lampu yang identik dirangkai dengan sebuah sumber tegangan dengan besar 12V. Mula-mula saklar pada percabangan lampu C dalam keadaan terbuka. Jika saklar ditutup, maka perubahan yang terjadi dengan terangnya lampu A dan lampu B adalah.

- A tetap sama dan B meredup
- A bertambah terang, B meredup
- A dan B tambah terang
- A dan B meredup
- A dan B tetap sama



Gambar 1.3 Soal Kedua

Temuan hasil empiris secara umum menunjukkan bahwa mahasiswa sering mengalami berbagai permasalahan, terutama terkait dengan pemahaman konsep dasar. Meskipun data empiris menunjukkan bahwa mahasiswa dapat menemukan jawaban yang benar dalam pemecahan masalah, mereka masih mengalami kesulitan dalam menerapkan konsep tersebut secara efektif. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun mahasiswa mampu mengenali jawaban yang tepat, pemahaman konseptual yang mendalam masih kurang (Bollen et al., 2016; Christensen & Thompson, 2012). Selain itu, banyak mahasiswa hanya memahami potongan-potongan konsep tanpa pendekatan yang sistematis (Docktor & Mestre, 2014; Rahmawati et al., 2017; Sherin, 2001). Temuan tersebut didasarkan data pada Tabel 1.2 dan Tabel 1.3.

Tabel 1.2 Distribusi Jawaban Mahasiswa dan Konsep-konsep yang Diterapkan untuk Menjawab Butir Soal Pertama

Pilihan Jawaban	Jumlah Mahasiswa	Kategori	Konsep yang Diterapkan Mahasiswa
A	8 (12,3%)	1	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A tetap sama B meredup, karena lampu A menerima arus listrik dengan tegangan yang sama besar dan B menurun karena ada penambahan hambatan

Bersambung ke halaman 8

Sambungan Tabel 2.1

Pilihan Jawaban	Jumlah Mahasiswa	Kategori	Konsep yang Diterapkan Mahasiswa
		2	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A tetap sama B meredup, karena apabila ditambahkan resistor akan berdampak pada tegangan
		3	<ul style="list-style-type: none"> Tidak jelas
B	-	-	-
C	-	-	-
D	38 (58,5%)	1	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A dan B meredup, karena besarnya arus dan tegangan pada setiap lampu setelah ditambahkan resistor lebih kecil
		2	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A dan B meredup, karena jika hambatan C ditambahkan maka besarnya arus akan menurun
		3	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A dan B meredup, karena jika hambatan C ditambahkan maka energi akan terbagi 3
		4	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A dan B meredup, karena jika hambatan C ditambahkan maka daya akan menurun
		5	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A dan B meredup, karena apabila ditambahkan hambatan maka besarnya tegangan akan berkurang
		6	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A dan B meredup, karena hambatan pada awalnya dibagi 2 menjadi dibagi 3
E	19 (29%)	1	Lampu A dan B tetap sama, karena apabila ditambahkan hambatan maka tidak ada pengaruh pada besarnya arus

Jika dianalisis lebih mendalam. Data pada Tabel 1.2, menunjukkan sebanyak 12,3% mahasiswa memilih jawaban A untuk permasalahan pertama, yang menyatakan bahwa lampu A akan tetap sama terangnya, sementara lampu B akan meredup setelah resistor ditambahkan ke dalam rangkaian. Mahasiswa yang memilih jawaban ini terbagi dalam dua kategori argumen, seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.2. Mahasiswa dalam kategori pertama berpendapat bahwa lampu A tetap terang karena menerima arus listrik terlebih dahulu dengan tegangan yang sama, sedangkan lampu B meredup karena adanya penambahan hambatan yang menyebabkan penurunan arus di lampu B.

Berdasarkan pemikiran tersebut, dapat diidentifikasi konsep yang diterapkan oleh mahasiswa yang memilih jawaban A kategori 1. Mahasiswa memahami bahwa terang lampu dipengaruhi oleh arus listrik yang mengalir pada setiap lampu, yang merupakan pengetahuan benar namun belum lengkap. Hasil ini juga menunjukkan adanya kesalahan mendasar, yaitu mahasiswa belum memahami bahwa kecerahan lampu ditentukan oleh kombinasi arus, tegangan, dan hambatan, yang biasanya dinyatakan dalam bentuk daya listrik. Selain itu, mereka juga tidak sepenuhnya memahami konsep arus, tegangan, dan hambatan dalam rangkaian seri. Kesalahan ini terlihat dari anggapan bahwa lampu yang paling dekat dengan kutub positif baterai akan menerima arus lebih besar dibandingkan lampu lainnya. Pola pikir mahasiswa yang memilih jawaban A kategori 1 mirip dengan mereka yang memilih jawaban A kategori 2. Perbedaannya terletak pada mahasiswa kategori 2 yang berpendapat bahwa kecerahan lampu hanya dipengaruhi oleh tegangan, mengabaikan peran arus, hambatan, energi, dan daya listrik. Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa yang memilih jawaban A tidak berhasil menerapkan konsep fisika secara tepat dalam memecahkan masalah.

Sebanyak 58,5% mahasiswa memilih jawaban D, yang menyatakan bahwa lampu A dan B akan meredup setelah penambahan resistor. Jawaban D merupakan pilihan yang benar dalam kasus ini, namun tidak semua mahasiswa yang memilih jawaban tersebut menggunakan konsep yang tepat dalam memecahkan masalah. Hasil survei menunjukkan bahwa terdapat enam kategori argumen dari mahasiswa yang memilih jawaban D. Mahasiswa kategori 1

berpendapat bahwa penambahan resistor dalam rangkaian menyebabkan peningkatan hambatan total. Peningkatan hambatan ini mengakibatkan penurunan arus dan tegangan pada setiap lampu, yang merupakan penerapan konsep yang benar. Selain itu, konsep yang tepat juga diterapkan oleh mahasiswa kategori 3 dan 4. Mahasiswa kategori 3 berpendapat bahwa penambahan resistor dalam rangkaian seri akan mengurangi energi, sedangkan mahasiswa kategori 4 berpendapat bahwa penambahan resistor mengurangi daya. Kedua pandangan ini juga benar dan menjelaskan mengapa lampu menjadi lebih redup.

Mahasiswa yang memilih jawaban D pada kategori 2, 5, dan 6 memang memilih jawaban yang benar, namun penerapan konsep mereka kurang tepat. Mahasiswa kategori 2 berpendapat bahwa penambahan resistor menyebabkan arus pada setiap lampu semakin kecil. Meskipun konsep ini benar, penerapannya belum sepenuhnya tepat untuk menyelesaikan masalah dalam konteks ini. Hal serupa juga terlihat pada mahasiswa kategori 5 yang hanya fokus pada penurunan tegangan, dan kategori 6 yang hanya memperhatikan peningkatan hambatan. Kesalahan ini disebabkan oleh pemahaman yang kurang tepat terkait faktor yang mempengaruhi kecerahan lampu dalam rangkaian seri. Banyak mahasiswa belum memahami bahwa kecerahan lampu dipengaruhi oleh kombinasi arus, tegangan, dan hambatan, yang semuanya terintegrasi dalam konsep daya listrik.

Pilihan ketiga sebanyak 29% mahasiswa memilih jawaban E, yang menyatakan bahwa lampu A dan B akan tetap memiliki kecerahan yang sama meskipun resistor ditambahkan ke dalam rangkaian. Semua mahasiswa yang memilih jawaban ini berpendapat bahwa penambahan hambatan dalam rangkaian

seri tidak memengaruhi besarnya arus. Namun, pemahaman ini merupakan konsep yang salah. Hasil tes menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam menerapkan konsep untuk memecahkan masalah. Menurut teori miskonsepsi, kegagalan mahasiswa dalam memecahkan masalah disebabkan oleh ketidaksesuaian antara pengetahuan yang dimiliki dengan konsep ilmiah yang benar (Clement, 1982; Rahmawati et al., 2017). Di sisi lain, teori resource menjelaskan bahwa kegagalan dalam menyelesaikan masalah tidak berarti pengetahuan yang dimiliki itu salah, melainkan tidak teraktivasi dalam konteks yang tepat (Elby & Hammer, 2010).

Tabel 1.3. Distribusi Jawaban Mahasiswa dan Konsep-konsep yang Diterapkan untuk Menjawab Butir Soal Kedua

Pilihan Jawaban	Jumlah Mahasiswa	Kategori	Konsep yang Diterapkan Mahasiswa
A	3 (4,6%)	1	<ul style="list-style-type: none"> A tetap sama dan B meredup karena pada lampu A tidak ada perubahan besarnya arus, sedangkan pada lampu B dan C terjadi pembagian arus yang tadinya mengalir dari lampu A
		2	<ul style="list-style-type: none"> Lampu A tetap sama dan B redup, karena besarnya daya setelah sakelar ditutup semakin kecil
B	46 (70,7%)	1	<ul style="list-style-type: none"> A lebih terang, B meredup karena arus bercabang pada lampu B dan C
		2	<ul style="list-style-type: none"> A lebih terang, B meredup karena rangkaian kombinasi
		3	<ul style="list-style-type: none"> A lebih terang, B meredup karena arus bercabang pada lampu B dan C. Apabila saklar dibuka, rangkaian yang terbentuk adalah seri dan apabila saklar ditutup rangkaian terbentuk adalah parallel
		4	<ul style="list-style-type: none"> Apabila saklar dibuka, rangkaian yang terbentuk adalah seri dan apabila saklar ditutup rangkaian terbentuk adalah campuran Ketika saklar dibuka terangnya lampu A dan B akan sama. Sedangkan ketika saklar ditutup lampu A akan semakin terang, dan lebih B meredup
		5	<ul style="list-style-type: none"> A lebih terang, B meredup karena besarnya tegangan pada lampu A lebih besar dari lampu B
		6	<ul style="list-style-type: none"> Tidak jelas

Sambungan Tabel 2.2

Pilihan Jawaban	Jumlah Mahasiswa	Kategori	Konsep yang Diterapkan Mahasiswa
C	3 (4,6%)	1	• Karena besarnya arus sebelum dan setelah sakelar dibuka berbeda
		2	• Tidak jelas
D	4 (6,1%)		Lampu A dan B akan meredup karena ketika sakelar ditutup arus akan terbagi sedangkan tegangan sama
E	4 (6,1%)		Terang lampu A dan B tetap sama, karena beda potensial dialirkan ketiga lampu dan tidak mempengaruhi terangnya lampu
Lainnya	5 (7,7%)		Lampu A redup, B tambah terang, karena lampu A disusun seri dengan sumber tegangan, dan tegangan dalam rangkaian seri dibagi. Sedangkan lampu B tambah terang, karena lampu B disusun parallel, dan tegangan dalam parallel adalah sama

Hasil yang sama juga ditemukan pada Tabel 1.3, yang menunjukkan sebanyak 70,7% mahasiswa memilih jawaban yang benar, yaitu B, yang menyatakan bahwa setelah saklar ditutup, lampu A akan menjadi lebih terang sementara lampu B akan meredup. Namun, mahasiswa yang memilih jawaban B tidak selalu menggunakan konsep yang tepat dalam memecahkan masalah tersebut. Hasil tes menunjukkan adanya enam kategori uraian dari mahasiswa yang memilih jawaban B. Kategori 4 mencakup mahasiswa yang memberikan alasan yang benar untuk pilihan jawaban ini. Berdasarkan analisis, mahasiswa dalam kategori 4 memiliki dua pendapat utama: pertama, mereka berargumen bahwa saat saklar dibuka, rangkaian yang terbentuk adalah rangkaian seri, sedangkan saat saklar ditutup, rangkaian tersebut berfungsi sebagai rangkaian paralel. Kedua, mereka menjelaskan bahwa ketika saklar ditutup, daya pada lampu A akan meningkat, sedangkan daya pada lampu B akan menurun akibat pembagian arus listrik yang terjadi.

Mahasiswa yang memilih jawaban selain B pada kategori 4 menunjukkan bahwa mereka masih memahami konsep dalam bentuk potongan-potongan yang terpisah. Hal ini menjadi penyebab utama kesalahan dalam menemukan solusi dalam proses pemecahan masalah. Sebagai contoh, mahasiswa yang memilih jawaban A dengan alasan kategori 1 berpendapat bahwa ketika saklar ditutup, kecerahan lampu A tetap sama sementara lampu B meredup. Mereka beralasan bahwa tidak ada perubahan pada besarnya arus di lampu A, sedangkan lampu B dan C mengalami pembagian arus yang mengalir dari lampu A. Dari jawaban tersebut, dapat diidentifikasi bahwa mahasiswa tidak mencoba untuk melihat perubahan secara keseluruhan, termasuk besarnya hambatan, arus listrik, tegangan, dan daya yang diterima oleh setiap lampu. Mereka hanya berfokus pada besarnya arus listrik.

Berbagai penelitian telah mencoba menemukan solusi untuk mengatasi masalah dalam pemecahan masalah fisika. Namun, sebagian besar penelitian tersebut hanya berhasil meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada sebagian kecil mahasiswa secara signifikan. Sebagai contoh, penelitian yang menerapkan strategi penggunaan representasi dalam pemecahan masalah menunjukkan bahwa mahasiswa belum mengeksplorasi kemampuan adaptasi representasional secara mendalam (De Cock, 2012). Penelitian lain yang berfokus pada pendekatan konseptual dalam pemecahan masalah menemukan bahwa para pengajar mengalami kesulitan menerapkan pendekatan ini dengan cara yang terkontrol dan efektif (Dockett et al., 2015).

Penelitian lain, seperti penggunaan laboratorium virtual untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, menunjukkan dampak positif. Namun, kemampuan dalam menganalisis pilihan ide dan langkah-langkah untuk menindaklanjuti pemecahan masalah secara keseluruhan masih perlu ditingkatkan (Gunawan et al., 2018). Penelitian yang menerapkan pendekatan Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) juga menunjukkan bahwa diperlukan latihan lebih mendalam untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, termasuk memahami masalah, merencanakan strategi solusi, melaksanakan rencana, dan memeriksa solusi yang diperoleh (Gumisrizah et al., 2024). Selain itu, penelitian yang menggabungkan model pembelajaran berbasis masalah dengan bantuan buku augmented reality (AR) menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah siswa masih berada pada tingkat rendah (Arzak & Prahani, 2023).

Pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa perlu mengintegrasikan pendekatan yang mendorong pemahaman konsep yang mendalam, penerapan strategi pemecahan masalah yang bervariasi, dan refleksi terhadap proses pembelajaran. Salah satu bentuk pembelajaran yang memenuhi kriteria ini adalah pembelajaran inkuiri, Dimana pembelajaran ini dapat menstimulasi mahasiswa agar berpikir sama dengan peneliti, dengan mahasiswa diberi pertanyaan, mengembangkan hipotesis, mendesain eksperimen untuk menguji hipotesis, menyimpulkan jawaban, mendiskusikan hasil, mengevaluasi proses, dan mengembangkan beberapa pertanyaan (Wolf & Laferriere, 2009). Pembelajaran inkuiri merupakan pembelajaran yang melibatkan mahasiswa sebagai peserta aktif dalam

memecahkan masalah (Lotter et al., 2009; Zuckerman et al., 2009), sehingga dapat membantu mengatasi kesulitan mahasiswa dalam memecahkan masalah (Walsh et al., 2007). Penerapan inkuiri dalam pembelajaran dapat mengembangkan pemahaman pada mahasiswa tidak hanya produk tetapi juga proses (Wenning, 2011).

Ada banyak bentuk inkuiri, seperti banyak bentuk konstruktivisme (Capps & Crawford, 2013). Setiap level atau jenis inkuiri pada dasarnya memiliki langkah-langkah yang sama, akan tetapi perbedaan terdapat pada perlakuan dalam setiap langkah pembelajaran. Menurut Wenning (2010), inkuiri terdiri dari 5 level, yaitu *discovery learning*, *interactive demonstrations*, *inquiry lessons*, *inquiry labs*, dan *hypothetical inquiry*. Menurut Herron inkuiri dibagi menjadi empat level, yaitu *confirmation inquiry*, *structured inquiry*, *guided inquiry*, dan *open inquiry* (Bunterm et al., 2014). Selain itu terdapat jenis inkuiri lain yang disebut *collaborative inquiry* (Bell et al., 2010).

Dalam penelitian ini model inkuiri yang dipilih adalah inkuiri terbuka. Hal ini dikarena karakteristik dari inkuiri terbuka yang sesuai dengan filosofi pembelajaran untuk tingkat perguruan tinggi yaitu dalam proses pembelajaran dosen hanya sebagai fasilitator, sedangkan pertanyaan penyelidikan/tujuan penyelidikan dan prosedur percobaan dibuat oleh mahasiswa secara mandiri (Smithenry, 2010). Selain itu, pembelajaran inkuiri terbuka merupakan jenis pembelajaran yang jauh dari cara-cara pengajaran tradisional, di mana pendapat dosen mendominasi dan mahasiswa hanya dipaksa untuk menghafal (Bell et al., 2010; Vlassi & Karaliota, 2013).

Inkuiri terbuka adalah model pembelajaran pembelajaran di mana peserta didik diberikan kebebasan penuh untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan pertanyaan penelitian, merancang metode atau eksperimen, serta menganalisis dan menarik kesimpulan dari data yang diperoleh (Rahmat & Chanunan, 2018). Dalam inkuiri terbuka, pengajar berperan sebagai fasilitator yang memberikan dukungan dan bimbingan hanya jika diperlukan, sementara siswa bertindak sebagai peneliti yang mengeksplorasi masalah yang benar-benar baru atau menarik bagi mereka (Bunterm et al., 2014). Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, dan kemandirian dalam belajar, karena mereka dihadapkan pada tantangan yang memerlukan penalaran yang mendalam dan penerapan konsep-konsep ilmiah dalam konteks yang nyata (Kock et al., 2014). Inkuiri terbuka juga mendorong rasa ingin tahu dan motivasi intrinsik siswa untuk belajar, karena mereka terlibat secara aktif dalam proses menemukan pengetahuan baru yang bermakna bagi mereka (Rahmat & Chanunan, 2018).

Agar mahasiswa dapat mengalami pembelajaran yang lebih bermakna dan mempersiapkan mereka untuk menjadi pemecah masalah yang efektif, pembelajaran inkuiri terbuka dapat diintegrasikan dengan pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Pendidikan STEM berperan sebagai katalis dalam lingkungan belajar (Margot & Kettler, 2019), dengan menggabungkan berbagai disiplin ilmu, yaitu sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk membekali mahasiswa dengan keterampilan pemecahan masalah yang komprehensif (Karakaya & Avgın, 2016; Tekerek & Karakaya,

2018). Dalam konteks ini, dosen memainkan peran krusial sebagai fasilitator yang mendorong interaksi antara individu dan lingkungan pembelajaran guna mengembangkan kemampuan pemecahan masalah melalui pendekatan STEM (Margot & Kettler, 2019). Dengan desain pembelajaran dan lingkungan yang optimal, dosen dan program STEM menyediakan peluang, dukungan, dan pengalaman yang diperlukan mahasiswa untuk mengembangkan potensi mereka secara maksimal.

Inkuiri terbuka dan STEM saling melengkapi dan memperkuat dalam proses pendidikan. Inkuiri terbuka, yang memberikan kebebasan penuh kepada siswa untuk mengidentifikasi masalah, merancang eksperimen, serta menemukan solusi (Pizzolato et al., 2014), sangat sesuai dengan esensi pembelajaran STEM yang menekankan eksplorasi, inovasi, dan penerapan konsep ilmiah dalam konteks nyata (English, 2016). Dalam pembelajaran berbasis STEM, siswa didorong untuk memecahkan masalah dunia nyata yang kompleks dengan menggunakan pengetahuan lintas disiplin (Felder, 2021; Xu & Ouyang, 2022), dan di sinilah inkuiri terbuka memainkan peran penting. Melalui inkuiri terbuka, siswa belajar menerapkan konsep-konsep dari sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk merumuskan hipotesis, melakukan eksperimen, dan menganalisis data secara mandiri. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan pemecahan masalah siswa, tetapi juga membangun kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan komunikasi kompetensi yang sangat penting dalam bidang STEM.

Integrasi STEM dengan pembelajaran inkuiri terbuka masih jarang diterapkan. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak menggabungkan STEM dengan model pembelajaran lain, seperti pembelajaran berbasis proyek (PjBL) (Afriana et al., 2016; Lin et al., 2021; Sumarni & Kadarwati, 2020; Tekbiyik et al., 2022), pembelajaran berbasis masalah (PBL) (Kim et al., 2018), modul berbasis masalah (Sari et al., 2022), dan penggunaan laboratorium virtual yang memungkinkan siswa belajar melalui simulasi dan eksperimen digital (Sari et al., 2022).

Pendekatan-pendekatan tersebut telah terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan analitis siswa, serta pemahaman konseptual di berbagai disiplin ilmu STEM. Namun, potensi integrasi STEM dengan inkuiri terbuka yang dapat mendorong eksplorasi, kemandirian, dan inovasi siswa dalam memecahkan masalah masih belum banyak dieksplorasi.

Dibalik keunggulan dari inkuiri terbuka dan STEM, juga ditemukan beberapa permasalahan yang perlu antisipasi dalam penerapan inkuiri terbuka dan STEM. Penerapan inkuiri terbuka dalam pembelajaran sering kali menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam hal membimbing siswa untuk mencapai tujuan pembelajaran secara mandiri (Rahmat & Chanunan, 2018). Siswa yang belum terbiasa dengan pendekatan inkuiri terbuka sering mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, dan merancang eksperimen secara efektif (Kadir et al., 2017; Pizzolato et al., 2014). Ketidakpastian dalam pembelajaran ini dapat menyebabkan kebingungan, rasa frustrasi, dan penurunan motivasi siswa. Tanpa bimbingan yang tepat, banyak

siswa mengalami kesulitan dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah yang diperlukan untuk memanfaatkan potensi penuh dari inkuiri terbuka.

Sementara itu, penerapan STEM yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika juga memiliki tantangan tersendiri, terutama dalam konteks pembelajaran inkuiri terbuka. Kompleksitas konsep-konsep STEM seringkali membuat siswa kesulitan dalam memahami keterkaitan antar disiplin ilmu atau menyelesaikan tugas yang memerlukan penalaran lintas disiplin (Hasanah, 2020; Mulyani, 2019). Tanpa panduan atau bimbingan yang jelas, siswa mungkin kesulitan dalam menghubungkan teori dengan praktik, atau dalam mengembangkan solusi yang inovatif dan aplikatif (Barak & Assal, 2018).

Scaffolding yang tepat dapat membantu menjembatani permasalahan siswa dalam pembelajaran inkuiri terbuka dan STEM. Scaffolding merupakan dukungan tepat waktu yang diberikan oleh pendidik/ orang tua (tutor) yang memungkinkan mahasiswa untuk berpartisipasi secara bermakna dan memperoleh keterampilan dalam pemecahan masalah (Belland, 2014; Wood et al., 1976). Scaffolding perlu diberikan, karena tanpa adanya scaffolding dalam pemecahan masalah mahasiswa selalu berorientasi pada rumus sebagai dasar dalam proses menemukan solusi dari suatu masalah, bukan berdasarkan konsep yang relevan (Maries et al., 2017). Scaffolding dapat digunakan sebagai cara untuk memfasilitasi berbagai tingkat pengetahuan awal siswa di dalam kelas (Amelia et al., 2016). Dukungan dinamis dalam scaffolding membantu mahasiswa berpartisipasi secara bermakna dan memperoleh keterampilan pada tugas-tugas diluar kemampuan mahasiswa (Belland, 2014; Kim et al., 2018).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemberian scaffolding memberikan banyak keuntungan dalam pembelajaran. Misalnya dalam penelitian yang dilakukan oleh Amelia et al (2016) yang menerapkan *procedural scaffolding* menunjukkan bahwa prestasi belajar kelompok yang menggunakan strategi *prosedural scaffolding* lebih tinggi daripada yang lainnya. Hasnunidah et al (2015) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa Strategi pembelajaran ADIS (*Argument-Driven Inquiry with Scaffolding*) lebih efektif dalam meningkatkan kemampuan argumentasi. Selain itu, hasil penelitian Ding et al (2011) menunjukkan bahwa scaffolding mendorong mahasiswa untuk mencari dan menerapkan prinsip-prinsip dasar yang sesuai dalam memecahkan masalah.

Dengan mempertimbangkan permasalahan dan teori yang telah dibahas, penting untuk melaksanakan penelitian yang berjudul “Pembelajaran Inkuiri Terbuka Berbasis STEM dan Bantuan Scaffolding untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika Mahasiswa”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Apa saja kebutuhan pembelajaran fisika mahasiswa yang mendasari perlunya integrasi pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa?
2. Bagaimana prosedur yang direkomendasikan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung

scaffolding guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa?

3. Bagaimana kondisi yang kondusif untuk merancang dan mengembangkan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa?
4. Bagaimana prosedur yang direkomendasikan dalam menerapkan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa yang telah dihasilkan?
5. Bagaimana dampak penerapan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kebutuhan pembelajaran fisika mahasiswa yang mendasari perlunya integrasi pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa.
2. Mengevaluasi hasil setiap prosedur dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa.

3. Menganalisis kondisi yang kondusif untuk merancang dan mengembangkan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding.
4. Menganalisis prosedur yang direkomendasikan dalam menerapkan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding guna meningkatkan kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa yang telah dihasilkan.
5. Mengevaluasi dampak penerapan pembelajaran inkuiri terbuka berbasis STEM yang didukung scaffolding terhadap kemampuan pemecahan masalah fisika mahasiswa.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah hasil pengembangan dan dampak implementasi inkuiri terbuka berbasis STEM dan berbantuan scaffolding dapat dijadikan rekomendasi untuk para dosen-dosen dalam mengajar, khususnya dalam meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam pemecahan masalah. Selain itu, hasil data empiris dari setiap proses pengembangan dapat memberikan gambaran kepada para dosen terkait sebaran dari masalah yang dialami mahasiswa dalam pemecahan masalah. Sedangkan profil transfer scaffolding dapat menjadi panduan para dosen yang ingin menerapkan scaffolding dalam mengajar materi-materi fisika.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada mata kuliah Listrik Magnet sebagai sampel materi.

2. Proses penelitian dibatasi sampai pada tahap penilaian formatif, khususnya uji coba kelompok kecil.

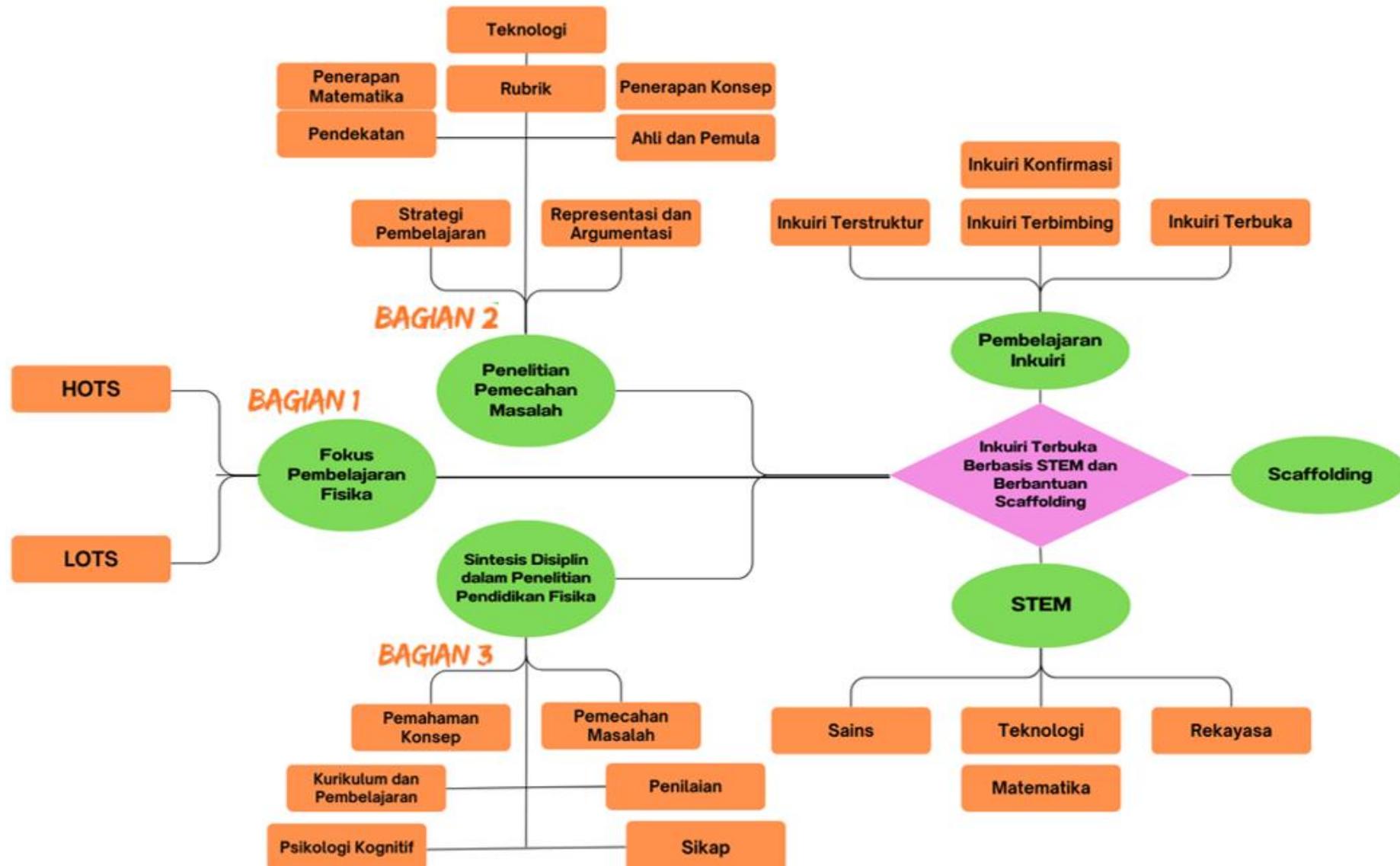
1.6 Definisi Istilah

Untuk memahami istilah-istilah yang digunakan yang bersifat operasional, maka dijelaskan definisi istilah sebagai berikut.

1. Kemampuan pemecahan masalah adalah kemampuan mahasiswa dalam mengambil informasi dari representasi, menentukan konsep dan menggunakan konsep untuk memecahkan masalah. Keberhasilan mahasiswa dalam pemecahan masalah dapat dilihat dari peningkatan skor pemecahan masalah dengan menggunakan rubrik penilaian pemecahan masalah yang terdiri dari *useful description*, *physics approach*, *specific application of physics*, *mathematical procedures*, dan *logical progression*. Selain itu, kriteria kemampuan pemecahan masalah mahasiswa bisa dinilai dari cara mahasiswa memecahkan masalah, yaitu cara pemecahan masalah *expert* dan cara pemecahan masalah *novice*.
2. Inkuiri Terbuka merupakan model pembelajaran yang mana para mahasiswa terlibat dalam pengambilan keputusan terus menerus di setiap tahap proses inkuiri dimana mereka mengajukan pertanyaan yang diarahkan sendiri, menentukan apa yang merupakan bukti dan mengumpulkannya, merumuskan penjelasan setelah merangkum bukti, memeriksa sumber daya lainnya, membentuk penjelasan, dan membentuk argumen yang masuk akal dan logis untuk mengkomunikasikan penjelasan

3. *Scaffolding* merupakan sebuah dukungan interaktif yang memanfaatkan pengetahuan yang dimiliki mahasiswa secara individual, kelompok dan classroom untuk membantu mereka berpartisipasi secara bermakna dan mendapatkan keterampilan pada tugas yang berada di luar kemampuan mereka. Dalam mendesain scaffolding terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu (1) karakteristik materi, (2) karakteristik mahasiswa, dan (3) jumlah scaffolding yang diberikan karena dalam konsepnya tujuan akhir dari suatu pembelajaran dengan menerapkan scaffolding adalah mahasiswa mampu belajar secara mandiri tanpa scaffolding. Selain itu dalam proses penilaian scaffolding harus menggunakan penilaian dinamis.
4. STEM merupakan bentuk integrasi pembelajaran sains, teknologi, engineering dan mathematics dalam satu kesatuan. Dalam proses pembelajarannya, mahasiswa diarahkan tidak hanya memahami konsep saja, namun mampu menganalisis masalah dan mencari solusi dalam bentuk pemecahan masalah. Penerapan pengetahuan dan keterampilan merupakan kunci dalam pembelajaran dengan pendekatan STEM

1.6 Skema Latar Belakang



Gambar 1.4 Skema Latar Belakang