

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan latar belakang masalah yang mencakup *state of the art* dan *positioning* penelitian, rumusan masalah dan pertanyaan penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, definisi operasional variabel penelitian, serta sistematika penulisan disertasi.

A. Latar Belakang Masalah

Fisika merupakan ilmu dasar yang mempelajari gejala-gejala alam secara sistematis melalui observasi, eksperimen, dan penalaran logis yang didasarkan pada prinsip-prinsip ilmiah. Fisika tidak hanya menjelaskan bagaimana alam bekerja, tetapi juga mengungkap keteraturan dan hukum-hukum yang mendasarinya, mulai dari gerak benda sederhana hingga fenomena kompleks seperti elektromagnetisme dan termodinamika. Sebagai ilmu yang menjadi fondasi bagi cabang ilmu pengetahuan lainnya, fisika memiliki peran sentral dalam perkembangan teknologi dan kemajuan peradaban manusia. Oleh karena itu, pemahaman yang kuat terhadap fisika menjadi kunci penting dalam membentuk generasi yang mampu memahami dengan baik dan benar berbagai fenomena yang terjadi di sekitarnya.

Dalam konteks pendidikan, pembelajaran fisika memiliki peran strategis dalam menanamkan pola pikir ilmiah serta membekali peserta didik dengan kemampuan untuk memahami, menjelaskan, dan memprediksi peristiwa alam. Pembelajaran fisika tidak hanya bertujuan mentransfer pengetahuan berupa rumus atau teori, tetapi juga menekankan pada pemahaman konseptual dan keterampilan dalam menggunakan berbagai representasi untuk membangun makna. Mahasiswa perlu dilatih untuk mengaitkan fenomena fisika dengan kehidupan nyata, memahami prinsip dasar di baliknya, dan menerapkannya dalam konteks yang lebih luas. Hal ini menjadikan pembelajaran fisika sebagai suatu proses yang menuntut bukan hanya penguasaan materi, tetapi juga pengembangan cara berpikir yang logis, terstruktur, dan reflektif.

Di lingkungan pendidikan tinggi, salah satu mata kuliah yang diharapkan mampu mengajarkan konten fisika secara komprehensif adalah perkuliahan Fisika Dasar. Mata kuliah Fisika Dasar merupakan salah satu mata kuliah fundamental

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA
DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA
OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

yang diberikan pada berbagai program studi sains dan teknik di perguruan tinggi. Melalui Fisika Dasar, mahasiswa diperkenalkan pada cara kerja alam semesta secara ilmiah, mulai dari hukum-hukum gerak, konsep energi, hingga fenomena gelombang dan elektromagnetisme. Di antara tujuan utama dari mata kuliah ini sebagaimana tertuang dalam Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK), yaitu 1) membekali mahasiswa dengan pemahaman terhadap prinsip-prinsip dasar fisika yang menjadi landasan bagi perkembangan ilmu dan teknologi dan 2) menumbuhkan kemampuan berpikir logis, sistematis, dan berbasis bukti dalam menghadapi berbagai persoalan ilmiah. Oleh karena itu, pembelajaran fisika tidak hanya menuntut penguasaan materi secara teoretis, tetapi juga menuntut pengembangan penalaran ilmiah dan pemahaman konseptual yang utuh.

Seiring dengan tujuannya, Fisika Dasar menjadi wadah yang potensial untuk mengembangkan *scientific reasoning* atau penalaran ilmiah mahasiswa. Penalaran ilmiah mencakup kemampuan mengamati fenomena, merumuskan hipotesis, mengembangkan argumen berbasis data, serta mengevaluasi bukti dan kesimpulan secara kritis. Dalam konteks pembelajaran fisika, kemampuan ini sangat penting karena memungkinkan mahasiswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga memahami proses ilmiah di balik setiap konsep yang dipelajari. Dengan demikian, mata kuliah Fisika Dasar memiliki peran strategis dalam membentuk cara berpikir ilmiah yang menjadi fondasi penting bagi pembelajaran sains di tingkat lanjut. Dengan demikian, mata kuliah Fisika Dasar memiliki peran strategis dalam membentuk cara berpikir ilmiah yang menjadi fondasi penting bagi pembelajaran sains di tingkat lanjut.

Penalaran ilmiah merupakan kemampuan penting yang harus dimiliki oleh mahasiswa karena menjadi dasar dalam memahami, mengevaluasi, dan mengembangkan pengetahuan ilmiah secara kritis dan logis (Fatimah, Rusilowati, & Susilaningih, 2024; Manurung dkk., 2023). Dalam proses pembelajaran konsep IPA, penalaran ilmiah membantu mahasiswa dalam menghubungkan konsep-konsep teoretis dengan fenomena empiris melalui pemanfaatan bukti dan argumentasi yang sistematis (Fakhriyah dkk, 2023; Tytler dkk, 2013). Mahasiswa yang memiliki penalaran ilmiah yang baik akan mampu menginterpretasikan data, mengidentifikasi hubungan sebab-akibat, serta membangun dan mengkritisi

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

argumen berdasarkan prinsip-prinsip ilmiah (OECD, 2016). Hal ini sangat penting karena mahasiswa, khususnya mahasiswa calon guru IPA, tidak hanya dituntut untuk memahami konsep secara mendalam, tetapi juga mampu untuk mengajarkannya secara bermakna kepada peserta didik di masa depan. Oleh karena itu, penguatan kemampuan penalaran ilmiah menjadi prioritas dalam pengembangan kurikulum dan strategi pembelajaran di program pendidikan IPA guna mencetak calon pendidik yang berpikir kritis, reflektif, dan berbasis bukti (Zohar & Nemet, 2002).

Kemampuan penalaran ilmiah juga memegang peranan penting dalam membentuk pemahaman konsep yang mendalam pada mahasiswa. Penalaran ilmiah melibatkan proses berpikir logis yang menghubungkan bukti empiris dengan klaim atau konsep ilmiah melalui argumentasi yang valid (Tytler dkk, 2013). Dalam konteks pembelajaran sains, penalaran bukan sekadar keterampilan berpikir abstrak, tetapi juga mencakup kemampuan mengevaluasi data, membuat inferensi, serta menjelaskan fenomena berdasarkan prinsip-prinsip ilmiah. Oleh karena itu, mahasiswa yang terampil dalam penalaran ilmiah cenderung memiliki pemahaman konsep yang lebih baik karena mereka mampu mengaitkan teori dengan observasi dan mengintegrasikan berbagai informasi dalam struktur pengetahuan yang koheren (Prastiwi, Parno, & Wisodo, 2018). Sebaliknya, pemahaman konsep yang dangkal sering kali ditunjukkan dengan ketidakmampuan menjelaskan fenomena secara logis atau menyusun hubungan antar konsep dengan benar.

Pemahaman konsep dalam sains tidak hanya mencakup hafalan terhadap definisi atau rumus, tetapi juga mencakup kemampuan menjelaskan, menerapkan, dan menggeneralisasikan konsep dalam konteks baru (Saglam-Arslan & Devecioglu, 2010). Penalaran ilmiah membantu mahasiswa membangun representasi mental yang bermakna terhadap konsep-konsep tersebut (Gunawan, Harjono, & Sutrio, 2015). Misalnya, ketika mahasiswa dihadapkan pada fenomena fisika seperti gerak atau gaya, mereka dituntut untuk menggunakan penalaran kausal untuk menjelaskan hubungan antarvariabel dan menyusun argumen ilmiah berdasarkan bukti. Proses ini tidak hanya memperkuat pemahaman konsep, tetapi juga melatih mahasiswa untuk berpikir seperti ilmuwan (Osborne & Patterson, 2011).

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara kemampuan penalaran ilmiah dan tingkat pemahaman konsep mahasiswa (misalnya Acar, Büber, & Tola, 2015; Kim dkk, 2014; Malone, 2023; Pyper, 2012). Mahasiswa yang memiliki kemampuan penalaran yang tinggi lebih mampu mengorganisasi informasi dan mengonstruksi pengetahuan baru berdasarkan pengalaman belajar mereka (Kind & Osborne, 2017). Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan penalaran ilmiah perlu diintegrasikan secara eksplisit dalam strategi pembelajaran di pendidikan IPA, tidak hanya sebagai tujuan jangka panjang tetapi juga sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas pemahaman konsep mahasiswa. Dengan demikian, memperkuat kemampuan penalaran ilmiah pada mahasiswa bukan hanya mendukung keterampilan berpikir ilmiah, tetapi juga menjadi kunci untuk mencapai pemahaman konsep yang utuh dan aplikatif. Integrasi kegiatan berbasis penyelidikan ilmiah, diskusi berbasis bukti, serta refleksi atas proses berpikir menjadi pendekatan yang dapat mengembangkan kedua aspek ini secara bersamaan (Akbar dkk, 2023).

Studi pendahuluan tentang kemampuan penalaran ilmiah menggunakan tes tulis berbentuk uraian telah dilakukan terhadap 30 mahasiswa jurusan Pendidikan Fisika di salah satu perguruan tinggi di Kota Bandung. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa seluruh mahasiswa memiliki kemampuan penalaran ilmiah yang rendah, dengan indikasi: 1) tidak mampu mengajukan klaim yang tepat mengenai suatu fenomena fisis yang terjadi, misalnya mencairnya *ice berg*, pemanfaatan es kering dalam dekorasi panggung, radiasi infra merah yang ditangkap oleh kamera cctv 2) tidak mampu memberikan *evidence* (bukti) yang mendukung justifikasi, dan 3) tidak mampu memberikan alasan ilmiah fenomena fisika yang ditanyakan. Rendahnya kemampuan penalaran ilmiah mahasiswa berimbas pada rendahnya pemahaman mereka terhadap materi ajar. Hal ini ditunjukkan dengan hasil studi pendahuluan tentang level dan model pemahaman mahasiswa terhadap 30 mahasiswa Pendidikan Fisika di salah satu perguruan tinggi di Kota Bandung yang diperoleh melalui tes level dan model pemahaman dalam bentuk tes uraian, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2

Tabel 1.1 Studi Pendahuluan tentang Level Pemahaman Mahasiswa tentang Perpindahan Kalor dan Perubahan Fase

Konsep	N				
	SU	PU	PU-AC	AC	NU
Konduksi	0	0	3	8	19
Konveksi	0	0	3	5	22
Radiasi	0	0	6	3	21
Mencair	0	0	6	6	18
Membeku	0	0	7	3	20
Menguap	0	0	8	3	19
Mengembun	0	0	2	6	22
Menyublim	0	0	0	7	23
Deposisi	0	0	0	0	30

SU = Sound Understanding

AC = Alternative Conception

PU = Partial Understanding

NU = No Understanding

PU-AC = Partial Understanding with Alternative Conception

Tabel 1.1 menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa berada pada level pemahaman tidak paham (NU). Sebagian kecil mahasiswa berada pada level alternative conceptions dan memahami sebagian. Tidak ada satupun mahasiswa yang berada pada level memahami secara utuh (SU). Data ini mengindikasikan kondisi level pemahaman mahasiswa yang sangat tidak diharapkan. Dengan sampel mahasiswa yang sama, kemudian didapati pula model pemahaman mahasiswa mengenai materi perpindahan kalor dan perubahan fase seperti pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Studi Pendahuluan tentang Model Pemahaman Mahasiswa tentang Perpindahan Kalor dan Perubahan Fase

Konsep	N					
	MO	MTK	MT	MP	MH	MTT
Konduksi	0	0	0	4	6	20
Konveksi	0	0	0	5	3	22
Radiasi	0	0	0	0	5	25
Mencair	0	0	0	6	1	23
Membeku	0	0	0	7	3	20
Menguap	0	0	0	3	3	24
Mengembun	0	0	0	0	4	26
Menyublim	0	0	0	0	0	30
Deposisi	0	0	0	0	0	30

MO = Model Optimum

MP = Model Praktis

MTK = Model Tidak Kreatif

MH = Model Hapalan

MT = Model Teoretis

MB = Model Tidak Tepat

Tabel 1.2 menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa memiliki model pemahaman dengan kategori model tidak tepat. Model tidak tepat mengindikasikan ketidakmampuan mahasiswa dalam: 1) memberikan penjelasan ilmiah mengenai suatu fenomena fisis, 2) menentukan hukum/konsep/prinsip fisika yang terkait fenomena fisis yang terjadi, 3) memberikan contoh tambahan fenomena fisis yang relevan, dan 3) menjelaskan makna hukum/konsep/prinsip fisika terkait fenomena fisis tersebut. Di sisi lain, sebagian kecil mahasiswa memiliki model hapalan dan model praktis. Tidak ada satupun mahasiswa yang memiliki model pemahaman dengan kategori model optimum. Data ini mengindikasikan kondisi model pemahaman mahasiswa yang sangat tidak diharapkan.

Kondisi rendahnya level pemahaman dan tidak optimalnya model pemahaman mahasiswa secara lebih detail diungkap melalui proses wawancara yang dilakukan terhadap 16 orang mahasiswa Pendidikan Fisika di salah satu perguruan tinggi di Kota Bandung mengenai konsep perubahan fase juga menunjukkan mayoritas mahasiswa masih memiliki level pemahaman yang rendah mengenai konsep fase dan perubahan fase. Pemahaman mahasiswa terkait konsep fase dan perubahan fase masih berada pada level makroskopis dan tidak mampu mengaitkannya dengan keadaan mikroskopis pada level atomik. Lemahnya pemahaman konsep mahasiswa juga tampak dari kecenderungan mahasiswa dalam mempertahankan pemahaman yang sama seperti peserta didik jenjang sekolah menengah saat diminta untuk menggambar struktur H_2O pada ketiga fase, yaitu tidak menggunakan representasi molekul H_2O sebagaimana yang digunakan oleh para ilmuwan dan tidak mampu menampilkan konsep-konsep penting misalnya gaya antar molekul. Mahasiswa juga cenderung menggunakan pendekatan makroskopis dalam menjelaskan kondisi sistem mikroskopis benda. Misalnya, saat menjelaskan bahwa *"tidak ada ruang antar partikel-partikel penyusun zat padat"* seorang mahasiswa memberikan alasan *"buktinya adalah meja yang bentuknya rigid seperti ini dan tidak ada celahnya sehingga sulit untuk diubah bentuknya"*. Selain itu, pendekatan sensoris-intuitif juga masih mendominasi penjelasan mahasiswa tentang transformasi selama perubahan fase. Misalnya, saat menjelaskan bahwa *"tidak ada perbedaan massa jenis air dan es batu"* mahasiswa memberikan alasan dengan *"saat satu meter kubik*

air dan es menempati sebuah wadah, maka ukurannya akan sama dan massanya juga akan terasa sama jika kita memegangnya secara langsung.”

Pada topik perpindahan kalor, wawancara terhadap mahasiswa juga mengungkap bahwa mahasiswa masih memiliki pemahaman yang rendah. Rendahnya pemahaman ini berakar dari kondisi mahasiswa yang tidak memahami bagaimana kalor (sebagai energi) berpindah, yang jelas berbeda dengan perpindahan materi yang selama ini lebih familiar dalam kehidupan sehari-hari. Mahasiswa tidak mampu menjelaskan perpindahan kalor dalam tinjauan mikroskopis atau interaksi partikel-partikel medium tempat kalor berpindah atau bahkan pada kondisi ruang vakum.

Lemahnya pemahaman mahasiswa terhadap konsep dasar seputar perubahan fase akan berimbas pada sulitnya mahasiswa dalam memahami beberapa fenomena fisis alam yang terkait, misalnya pembentukan awan, hujan es, embun, dan lain-lain. Rendahnya kemampuan penalaran ilmiah dan level pemahaman serta tidak optimalnya model pemahaman mahasiswa mengindikasikan adanya masalah dalam pencapaian CPMK Fisika Dasar yang telah dipaparkan sebelumnya. Kondisi ini tidak bisa dibiarkan terus terjadi karena akan berimbas pada rendahnya kompetensi lulusan terutama yang terkait dengan kompetensi profesional (penguasaan materi ajar). Harus ada upaya ke arah solusi untuk meningkatkan kemampuan penalaran ilmiah dan level pemahaman serta optimalisasi model pemahaman. Sebuah solusi akan optimal jika dapat menjangkau penyebab masalah selain masalahnya itu sendiri. Untuk itu, perlu segera ditemukan penyebab ketidaktercapaian CPMK tersebut.

Hasil wawancara dengan mahasiswa mengenai proses perkuliahan Fisika Dasar materi kalor dan pengaruhnya terhadap zat, mengindikasikan bahwa proses perkuliahan kurang menstimulasi kemampuan penalaran ilmiah dan pemahaman mahasiswa. Dosen cenderung menggunakan pendekatan ekspositori yang kurang melibatkan aktivitas mahasiswa baik aktivitas berpikir maupun aktivitas motorik. Dosen memposisikan mahasiswa sebagai pendengar yang pasif menerima informasi yang diberikan oleh dosen. Selain itu, seringkali perkuliahan fisika hanya berfokus pada penyajian simbol dan rumus matematis tanpa mengaitkannya dengan fenomena nyata (makro) atau penjelasan partikel (mikro), sehingga mahasiswa

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

kesulitan membangun pemahaman konseptual yang utuh. Akibatnya, mahasiswa cenderung menghafal prosedur hitung tanpa memahami makna fisik di balik rumus tersebut, dan tidak mampu menjelaskan atau memprediksi fenomena secara ilmiah. Seperti yang disampaikan oleh Johnstone (1991), ketidakterhubungan antarrepresentasi ini menyebabkan beban kognitif tinggi dan menghambat proses berpikir ilmiah. Tanpa kemampuan untuk mentranslasikan suatu konsep ke dalam berbagai bentuk representasi, mahasiswa tidak hanya kehilangan konteks, tetapi juga kehilangan arah dalam menalar dan menyusun hubungan sebab-akibat dalam fisika. Hal ini memperlemah daya nalar ilmiah mahasiswa, karena mereka tidak terbiasa menafsirkan data, menjelaskan fenomena, dan memecahkan masalah dengan pendekatan yang reflektif dan menyeluruh.

Untuk mengatasi persoalan ini, perlu ada perbaikan dalam proses perkuliahan yang menggunakan model perkuliahan yang dapat melatih kemampuan penalaran ilmiah dan membangun pemahaman yang komprehensif. Hasil penelusuran literatur ditemukan beberapa artikel yang mempublikasi model-model perkuliahan Fisika yang dapat digunakan untuk keperluan tersebut, yaitu Interactive Conceptual Instruction (ICI), discovery learning, Inquiry-based learning, Interactive Lecturer Demonstration (ILD), dan Conceptual Understanding Procedures (CUPs). Masing-masing model ini memiliki kelebihan dan kekurangan dalam melatih kemampuan penalaran ilmiah dan membangun pemahaman yang komprehensif. Model ICI mengandalkan interaksi verbal dan pertanyaan terbuka untuk mengonfrontasi miskonsepsi, namun penerapannya seringkali terbatas pada diskusi kelas tanpa keterhubungan eksplisit antar representasi konseptual (Slater et al., 2008). Sementara itu, discovery learning memberikan kebebasan eksploratif kepada mahasiswa untuk menemukan konsep melalui pengalaman langsung, tetapi kelemahannya terletak pada tuntutan tinggi terhadap kemandirian mahasiswa yang belum tentu siap tanpa bimbingan terstruktur (Alfieri et al., 2011). Model inquiry mendorong mahasiswa mengembangkan pertanyaan dan melakukan investigasi ilmiah, namun kurang efektif tanpa integrasi eksplisit antara prosedur ilmiah dan konseptualisasi (Furtak et al., 2012). Di sisi lain, model ILD menggabungkan demonstrasi eksperimental dengan prediksi dan diskusi, terbukti kuat dalam mengubah miskonsepsi, tetapi masih kurang dalam menuntun mahasiswa

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

membangun relasi antar representasi makroskopik, mikroskopik, dan simbolik (Sokoloff & Thornton, 1997).

Berbeda dari pendekatan tersebut, model CUPs menekankan prosedur berpikir konseptual terstruktur yang mencakup pemetaan konseptual, konfrontasi miskonsepsi, dan penerapan representasi ganda dalam menjelaskan fenomena (Hsu et al., 2004). CUPs memadukan kekuatan dari pendekatan inkuiri dan demonstrasi interaktif, sekaligus menyediakan kerangka eksplisit bagi mahasiswa dalam menavigasi keterkaitan antar konsep dan representasi. Kekuatan inilah yang menjadikan CUPs lebih unggul dalam menstimulasi scientific reasoning dan memperdalam conceptual understanding, terutama dalam konteks materi fisika yang sarat dengan representasi makro, mikro, dan simbolik. Oleh karena itu, penelitian ini memilih model CUPs sebagai pendekatan utama dalam mendesain perkuliahan yang bertujuan mengembangkan kemampuan penalaran ilmiah dan pemahaman konsep mahasiswa secara menyeluruh.

Untuk optimalisasi penerapan model CUPs berorientasi kemampuan penalaran ilmiah dan membangun pemahaman yang komprehensif, perlu dukungan perangkat perkuliahan yang dapat membantu memudahkan para mahasiswa dalam memahami materi ajar perpindahan kalor dan perubahan wujud zat. Bentuk perangkat yang dibutuhkan untuk kepentingan ini adalah media visual, yaitu media yang menyajikan informasi dalam bentuk visual (penglihatan) untuk membantu proses belajar.

Berbagai studi menunjukkan bahwa penggunaan media visual memiliki dampak positif yang signifikan terhadap peningkatan penalaran ilmiah dan pemahaman peserta didik. Penelitian oleh Wu dan Shah (2004) menemukan bahwa animasi visual dalam pembelajaran kimia mampu memperkuat kemampuan siswa dalam membangun relasi antar konsep dan mengembangkan representasi mental yang akurat. Mayer (2009) juga menunjukkan bahwa multimedia visual yang dirancang berdasarkan prinsip kognitif mampu meningkatkan pemahaman konseptual dengan mengurangi beban kerja memori jangka pendek. Tsui dan Treagust (2013) mengungkapkan bahwa representasi visual dalam biologi, seperti model 3D dan simulasi interaktif, memfasilitasi kemampuan siswa untuk menjelaskan fenomena secara ilmiah dan menyusun argumen berbasis bukti.

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Selanjutnya, penelitian Akçayır dan Akçayır (2017) menunjukkan bahwa *Augmented Reality* (AR) mampu menciptakan pengalaman belajar kontekstual yang memperdalam pemahaman dan meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah mahasiswa. Dalam studi lain, Zhang dkk (2016) menemukan bahwa penggunaan simulasi komputer dalam fisika mendorong siswa untuk melakukan prediksi, refleksi, dan evaluasi konseptual, yang merupakan elemen penting dalam penalaran ilmiah.

Penelitian oleh Moreno dan Mayer (2007) menyatakan bahwa siswa yang belajar menggunakan kombinasi narasi dan animasi menunjukkan hasil yang lebih tinggi dalam tes transfer dan penalaran dibanding kelompok yang hanya menerima teks. Demikian pula, hasil studi oleh Korakakis dkk (2009) menyimpulkan bahwa penggunaan diagram dan visualisasi dalam pembelajaran IPA mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan mengurangi miskonsepsi. McElhaney dkk (2015) menunjukkan bahwa representasi visual dinamis, seperti simulasi berbasis data, membantu siswa mengembangkan keterampilan inferensial dalam sains. Dalam konteks pendidikan fisika, Srisawasdi dan Kroothkeaw (2014) menemukan bahwa integrasi teknologi visual berbasis simulasi digital memperkuat kemampuan mahasiswa dalam menghubungkan fenomena makroskopik dengan penalaran teoretis. Secara keseluruhan, temuan-temuan ini memperkuat bukti bahwa media visual bukan hanya alat bantu pembelajaran, tetapi juga instrumen penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah dan pemahaman konsep yang bermakna.

Berkaitan dengan visualisasi, maka akan sangat berkaitan dengan karakteristik konten yang akan disajikan. Karakteristik topik transfer kalor dan perubahan fase mencakup level representasi makroskopis dan mikroskopis. Akan sulit memahami perpindahan kalor dan perubahan wujud hanya dengan melihat kondisi makro. Bahkan munculnya banyaknya miskonsepsi bersumber dari pendekatan makroskopis saja. Sebagai contoh, konsep zat pada sistem makroskopis yang bersinggungan dengan pengalaman sehari-hari mendorong peserta didik untuk menjelaskan fenomena pada level mikroskopis dengan cara yang sama (Özmen, 2011). Dengan kata lain, peserta didik cenderung menggunakan persepsi pada level makroskopis untuk menjelaskan fenomena yang terjadi pada level mikroskopis.

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Kecenderungan tersebut telah terekam pada literatur pendahulu (yaitu Harrison & Treagust, 2002; Johnson, 1998; Kokkotas, Vlachos, & Koulaidis, 1998). Sebagai contoh, Krnel, Watson, dan Glazar (1998) melaporkan bahwa peserta didik menganggap partikel sebagai bagian kecil dari objek makroskopik dengan segala sifat-sifatnya. Akibatnya, peserta didik mengaitkan sifat makroskopis materi dengan partikel mikroskopisnya.

Sesuai dengan karakteristik topik fisika tersebut, maka media visual yang dibutuhkan adalah media yang bisa menayangkan fenomena riil makroskopis dan mikroskopis secara simultan. Jadi terdapat dua visualisasi fenomena makro yang riil dengan fenomena mikro yang virtual dalam satu tayangan. Media semacam ini kemudian oleh peneliti diberi label dengan media *Bi-Visuals*.

Media *Bi-Visual* sesungguhnya menggunakan prinsip *Augmented Reality* (AR). AR merupakan teknologi yang memungkinkan integrasi antara dunia nyata dan objek virtual secara real-time, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan kontekstual. Dalam konteks pembelajaran sains, AR telah terbukti efektif dalam memvisualisasikan objek dan fenomena abstrak yang sulit diamati langsung, seperti struktur mikroskopik materi, interaksi partikel, atau dinamika energi (Akçayır & Akçayır, 2017). Salah satu kekuatan utama AR adalah kemampuannya menyajikan representasi ganda—baik visual makroskopik maupun mikroskopik—secara simultan, yang sangat penting dalam mendukung pemahaman konsep yang utuh. Media *Bi-Visual* yang dikembangkan dalam studi ini mengadopsi prinsip kerja AR dengan menggabungkan tampilan dunia nyata (misalnya, benda konkret atau fenomena langsung) dengan lapisan visualisasi virtual yang merepresentasikan struktur atau proses yang tak kasatmata. Dengan demikian, media *Bi-Visual* tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual biasa, tetapi sebagai sarana interaktif berbasis AR yang memungkinkan mahasiswa mengakses representasi makro dan mikro secara bersamaan, sehingga mendukung penguatan pemahaman konseptual dan penalaran ilmiah secara sinergis.

Dengan demikian, untuk implementasi model CUPs dalam perkuliahan Fisika Dasar dibutuhkan media *Bi-Visual* yang berbasis AR terkait materi perpindahan kalor dan perubahan wujud. Sayangnya, hasil penelusuran berbagai literatur dan *platform* digital belum ditemukan media visual yang dimaksud. Media

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA *BI-VISUALS* BERBASIS *AUGMENTED REALITY* UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

pembelajaran berbasis AR pada topik perpindahan kalor dan perubahan wujud belum menggabungkan fenomena riil makroskopis dan sistem mikroskopis secara simultan, melainkan terpisah atau bahkan hanya menggunakan salah satunya. Untuk itu, peneliti memutuskan untuk melakukan penelitian pengembangan guna menghasilkan media Bi-Visuals berbasis AR terkait materi kalor dalam rangka memenuhi kebutuhan tersebut.

Penelitian pengembangan yang dilakukan juga menjawab kesenjangan pada literatur penelitian pendidikan IPA mengenai penelitian pada materi zat dan kalor. Studi literatur sistemik (SLR) yang dilakukan pada 66 artikel yang dipublikasi pada jurnal internasional bereputasi pada basis data *Web of Science* (WoS) telah menunjukkan bahwa: (1) mayoritas penelitian merupakan penelitian eksploratif tanpa intervensi melalui pendekatan kualitatif untuk menggali bagaimana peserta didik mengkonseptualisasi materi zat dan kalor. Adapun penelitian interventif penggunaan media visual dalam bentuk AR yang dilakukan untuk meningkatkan penalaran ilmiah dan pemahaman peserta didik pada topik zat dan kalor masih belum banyak. (2) Penelitian yang melibatkan mahasiswa calon guru IPA masih minoritas dibandingkan jenjang pendidikan sebelumnya. Dengan kata lain, SLR yang telah dilakukan berhasil menemukan celah penelitian yang kemudian dijadikan sebagai *novelty claim* bahwa penelitian pengembangan ini mengisi celah yang belum terjawab pada literatur penelitian Pendidikan IPA pada topik zat dan kalor.

Berdasarkan paparan hasil identifikasi masalah di atas dan sintesis tawaran solusi atas permasalahan yang dihadapi, peneliti terdorong untuk melakukan penelitian pengembangan media visual terkait materi perpindahan kalor dan perubahan wujud yang kemudian diberi judul: "*Pengembangan Media Bi-Visuals Berbasis Augmented Reality untuk Perkuliahan Fisika Dasar Berorientasi Peningkatan Penalaran Ilmiah dan Level Pemahaman Serta Optimalisasi Model Pemahaman Mahasiswa*". Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam perbaikan kualitas proses dan hasil perkuliahan Fisika Dasar khususnya yang terkait dengan kemampuan penalaran ilmiah dan pemahaman mahasiswa.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan utama penelitian ini dirumuskan dalam bentuk pertanyaan berupa, "Media *Bi-Visuals* Berbasis AR yang bagaimana, yang dapat mendukung perkuliahan Fisika Dasar materi kalor berorientasi peningkatan penalaran ilmiah dan level pemahaman serta optimalisasi model pemahaman mahasiswa?" Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka pertanyaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik media *Bi-Visuals* berbasis AR yang dapat mendukung perkuliahan Fisika Dasar materi kalor berorientasi pada peningkatan penalaran ilmiah dan level pemahaman serta optimalisasi model pemahaman mahasiswa?
2. Bagaimana kelayakan media *Bi-Visuals* berbasis AR yang dapat mendukung perkuliahan Fisika Dasar materi kalor berorientasi pada peningkatan penalaran ilmiah dan level pemahaman serta optimalisasi model pemahaman mahasiswa?
3. Bagaimana peningkatan penalaran ilmiah mahasiswa sebagai efek implementasi media *Bi-Visuals* berbasis AR sebagai alat bantu perkuliahan Fisika Dasar materi kalor?
4. Bagaimana peningkatan pemahaman mahasiswa sebagai efek implementasi media *Bi-Visuals* berbasis AR sebagai alat bantu perkuliahan Fisika Dasar materi kalor?
5. Bagaimana perubahan level pemahaman mahasiswa sebagai efek implementasi media *Bi-Visuals* berbasis AR sebagai alat bantu perkuliahan Fisika Dasar materi kalor?
6. Bagaimana optimalisasi model pemahaman mahasiswa sebagai efek implementasi media *Bi-Visuals* berbasis AR sebagai alat bantu perkuliahan Fisika Dasar materi kalor?
7. Bagaimana pengaruh implementasi media *Bi-Visuals* berbasis AR terhadap peningkatan kemampuan penalaran ilmiah dan level pemahaman mahasiswa pada perkuliahan Fisika Dasar materi kalor?
8. Bagaimana tanggapan mahasiswa terhadap implementasi media *Bi-Visuals* berbasis AR pada perkuliahan Fisika Dasar materi kalor?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan produk media *Bi-Visuals* berbasis AR yang valid dan teruji sebagai alat dukung perkuliahan Fisika Dasar yang berorientasi pada peningkatan penalaran ilmiah dan level pemahaman serta perubahan model pemahaman konsep mahasiswa jenjang sarjana.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penelitian dan perkuliahan Fisika Dasar pada materi perpindahan kalor dan perubahan wujud secara khusus dan konsep Fisika lainnya secara umum. Secara rinci, manfaat penelitian dapat dibagi menjadi beberapa hal berikut:

a. Manfaat Teoretis

Berbagai teori dan konsep yang digunakan dalam mengembangkan produk media visual berupa media *Bi-Visuals* berbasis AR dapat digunakan oleh peneliti lain di bidang Pendidikan IPA (Fisika) baik sebagai rujukan, pembanding, maupun pendukung argumen dalam penelitian relevan yang akan datang.

b. Manfaat Praktis

Secara praktis, produk media perkuliahan berupa media *Bi-Visuals* berbasis AR yang telah dikembangkan akan menjadi sebuah inovasi baru dan dapat diimplementasikan dalam mata kuliah lain yang relevan sebagai alat bantu yang efektif dalam meningkatkan penalaran ilmiah dan level pemahaman serta perubahan model pemahaman mahasiswa.

E. Definisi Operasional

Dengan mempertimbangkan kemudahan pembaca dalam memahami istilah pada penelitian ini, maka peneliti memberikan definisi operasional sebagai berikut:

- a. Pengembangan media *Bi-Visuals* berbasis AR merupakan kegiatan *design and development research* (DDR) untuk menghasilkan produk media *Bi-Visuals* berbasis AR yang valid dan teruji. *Media Bi-Visuals* merupakan media yang menyajikan konsep perubahan fase dan transfer kalor pada level makroskopis dan mikroskopis secara terpadu, yang merupakan aplikasi penerapan prinsip

Ananda Hafizhah Putri, 2025

PENGEMBANGAN MEDIA BI-VISUALS BERBASIS AUGMENTED REALITY UNTUK PERKULIAHAN FISIKA DASAR BERORIENTASI PENINGKATAN PENALARAN ILMIAH DAN LEVEL PEMAHAMAN SERTA OPTIMALISASI MODEL PEMAHAMAN MAHASISWA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Augmented Reality (AR). Format akhir produk *Media Bi-Visuals* berupa sembilan produk digital yang menggabungkan rekaman *time lapse* fenomena riil dan animasi mikroskopis tentang perubahan fase dan transfer kalor. Proses pengembangan menggunakan model DDR Tipe 1 dengan enam tahapan, yaitu: 1) mengidentifikasi masalah penelitian; 2) menentukan tujuan; 3) merancang dan mengembangkan artefak; 4) menguji artefak; 5) mengevaluasi hasil pengujian; dan 6) mengkomunikasikan hasil pengujian sehingga menghasilkan produk media *Bi-Visuals* berbasis AR yang valid dan teruji dalam perkuliahan fisika yang berorientasi peningkatan level dan model pemahaman serta penalaran ilmiah mahasiswa. Kelayakan produk media *Bi-Visuals* berbasis AR ditentukan melalui validasi ahli menggunakan lembar reвью media oleh lima orang dosen Pendidikan IPA (Fisika) yang mengevaluasi kesesuaian *Media Bi-Visuals* dalam empat aspek, yaitu 1) substansi ilmiah, 2) relevansi, 3) visualisasi, dan 4) pedagogis. Selain itu, catatan dan komentar para ahli juga digunakan dalam memperbaiki format awal *Media Bi-Visuals* menjadi lebih baik.

- b. Perkuliahan Fisika Dasar pada penelitian ini didefinisikan sebagai perkuliahan yang menggunakan model *Conceptual Understanding Procedures* (CUPs) dengan tiga tahapan yaitu: 1) *personal reasoning phase*; 2) *shared reasoning phase*; dan 3) *whole-classes consensus building*. Aktivitas mahasiswa pada *personal reasoning phase* dan *shared reasoning phase* dibantu melalui pengerjaan *worksheet*. Adapun media *Bi-Visuals* berbasis AR digunakan dalam kegiatan penguatan konsep pada tahapan *whole-class consensus building*. Keterlaksanaan perkuliahan Fisika dengan model CUPs berbantuan media *Bi-Visuals* berbasis AR diukur secara kualitatif menggunakan lembar observasi dan catatan lapangan (*field note*) oleh dua orang *observer*.
- c. Penalaran ilmiah didefinisikan sebagai kemampuan mahasiswa dalam menyusun dan mengevaluasi argumen ilmiah yang logis, berbasis bukti, dan konsisten dengan prinsip ilmiah. Penalaran ilmiah mencakup tiga komponen, yaitu *claim*, *evidence*, dan *reasoning* atau dikenal dengan kerangka CER. Menyatakan klaim (*claim*) yaitu merumuskan jawaban atau posisi terhadap pertanyaan atau fenomena ilmiah yang dapat diuji kebenarannya. Sedangkan

menyediakan bukti (*evidence*) adalah menggunakan data, fakta, atau hasil observasi yang relevan dan kredibel sebagai dasar dari klaim yang diajukan. Adapun menyusun alasan (*reasoning*) adalah menjelaskan bagaimana dan mengapa bukti tersebut mendukung klaim, dengan mengaitkan bukti pada prinsip, konsep, atau teori ilmiah yang sesuai. Kemampuan penalaran ilmiah diukur menggunakan tes penalaran ilmiah dalam bentuk tes tulis dengan format uraian yang memuat tiga komponen penalaran ilmiah pada tiap konsep uji. Peningkatan penalaran ilmiah dihitung menggunakan *N-Gain*.

- d. Level pemahaman konsep didefinisikan sebagai tingkatan kemampuan mahasiswa dalam memahami konsep secara utuh sebagaimana yang dipahami oleh saintis, yakni memberikan pemaknaan pada sebuah konsep beserta memberikan penjelasan terkait mekanisme yang terlibat pada konsep tersebut, baik penjelasan verbal maupun dalam representasi gambar. Level pemahaman konsep diukur melalui tes identifikasi level pemahaman dalam bentuk tes tulis dengan format uraian dengan tiga tingkat pertanyaan pada masing-masing konsep yang diuji. Level pemahaman konsep mahasiswa diklasifikasikan menjadi lima kategori, yaitu 1) memahami secara utuh, 2) memahami sebagian, 3) memahami sebagian dan memiliki konsepsi alternatif, 4) memiliki konsepsi alternatif, dan 5) tidak paham. Peningkatan level pemahaman konsep dihitung menggunakan *N-Gain*.
- e. Model pemahaman konsep didefinisikan sebagai kemampuan mahasiswa dalam menguasai berbagai materi atau konsep, yang tidak hanya terbatas pada pengenalan atau penghafalan konsep-konsep tersebut, tetapi juga mencakup kemampuan untuk menjelaskan fenomena yang diberikan, memberikan contoh fenomena lain yang relevan dengan konsep atau hukum yang dimaksud, serta mendeskripsikan konsep atau hukum tersebut dengan kata-kata sendiri tanpa mengubah makna dasarnya. Model pemahaman diukur melalui tes model pemahaman dalam bentuk tes tulis dengan format uraian dengan empat tingkatan pertanyaan pada masing-masing konsep yang diuji. Analisis terhadap model pemahaman akan mengacu pada rubrik penilaian yang dikembangkan dan hasilnya akan diklasifikasikan menurut enam kategori, yaitu: 1) Model Optimum, 2) Model Tidak Kreatif, 3) Model Teoritis, 4) Model

Praktis, 5) Model Hapalan, dan 6) Model Tidak Tepat. Optimalisasi model pemahaman mahasiswa ditentukan menggunakan perhitungan persentase jumlah mahasiswa yang model pemahamannya berubah dari model tidak tepat dan model hapalan saat sebelum perkuliahan menjadi yang diharapkan, yaitu model optimum.

F. Sistematika Penulisan Disertasi

Disertasi ini disusun secara sistematis mengikuti pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Pendidikan Indonesia Tahun 2024. Disertasi ini terdiri dari enam BAB meliputi BAB I (Pendahuluan), BAB II (Tinjauan Pustaka dan kerangka Pikir Penelitian), BAB III (Metode Penelitian), BAB IV (Hasil Penelitian), BAB V (Pembahasan), dan Bab VI (simpulan, Implikasi, dan Rekomendasi) (UPI, 2024).

Bab I terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, definisi operasional, dan struktur organisasi disertasi. Latar belakang masalah memaparkan *state of the art* penelitian yang meliputi rumusan masalah, analisis penyebab masalah dan tawaran solusi atas masalah yang merujuk pada studi pendahuluan dan hasil-hasil kajian literatur terbaru yang relevan. Pada latar belakang masalah juga dipaparkan *positioning* penelitian diantara penelitian-penelitian lain sejenis untuk memperjelas klaim originalitas dan *novelty* penelitian Disertasi ini. Rumusan masalah dijabarkan kepada beberapa pertanyaan penelitian. Tujuan penelitian diarahkan pada menghasilkan produk *Media Bi-Visuals* yang valid dan teruji, sedangkan manfaat penelitian mencakup manfaat teoretis dan manfaat praktis. Definisi operasional memaparkan pengertian dari setiap istilah yang digunakan sebagai variabel penelitian secara operasional sesuai penggunaannya dalam penelitian ini serta cara-cara mengevaluasinya.

Bab II berisi kajian pustaka dan kerangka pikir penelitian, terkait dengan variable-variabel terikat yang ditinjau dan konsep-konsep yang digunakan dalam pengembangan *Media Bi-Visuals*, diantaranya: konsep Penalaran Ilmiah, Pemahaman Konsep, Definisi dan Hakikat Visualisasi, Teori Kognitif dalam Visualisasi, Kajian Materi Perubahan Fase dan Transfer Kalor dan diakhiri dengan kerangka pikir penelitian yang merupakan *state of the art* dari penelitian ini.

BAB III memaparkan metode penelitian pada penelitian Disertasi ini. Metode penelitian dimulai dari paparan desain dan struktur pengembangan produk *Media Bi-Visuals* berbasis AR, subjek penelitian, lokasi dan waktu penelitian, instrumen penelitian, serta teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini.

Bab IV memaparkan hasil penelitian. Hasil penelitian dilakukan dengan mengikuti urutan pertanyaan penelitian. Pemaparan hasil didukung oleh media visual seperti diagram batang dan diagram pie.

Bab V memaparkan pembahasan dari hasil penelitian. Pembahasan penelitian dilakukan dengan mengkaji berbagai teori dan hasil penelitian relevan terdahulu yang mendukung dan memperkuat hasil penelitian.

Bab VI memaparkan simpulan penelitian, implikasi, dan rekomendasi. Pada penelitian ini, simpulan ditulis dalam bentuk butir per butir sesuai dengan pertanyaan penelitian yang dirumuskan. Implikasi dan rekomendasi dari penelitian ini diperuntukkan kepada para pembuat kebijakan, pengguna hasil penelitian, dan para peneliti lain yang tertarik melakukan penelitian lanjutan.