

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

Kajian Pustaka berisi teori-teori yang relevan terhadap masalah yang diteliti dalam penelitian. Dalam penelitian ini, peneliti membahas beberapa kajian Pustaka meliputi keterampilan proses sains, model PIMCA, hubungan model PIMCA dengan keterampilan proses sains, dan materi kalor.

2.1.1 Keterampilan Proses Sains

Keterampilan Proses Sains (KPS) adalah keterampilan yang dimiliki oleh ilmuwan untuk memperoleh dan mengembangkan produk-produk sains (Ernawati, 2022). Menurut Robert G. Fuller (2003), salah satu tokoh penting dalam pengembangan pendidikan sains atau keterampilan proses sains adalah Robert Karplus, seorang fisikawan teoretis yang beralih menjadi pendidik sains pada tahun 1960-an. Karplus memberikan kontribusi besar dalam pengembangan kurikulum sains berbasis pengalaman, yang dikenal sebagai *Science Curriculum Improvement Study* (SCIS). Kurikulum ini dirancang dengan pendekatan yang menekankan eksplorasi, penemuan, dan pemahaman, serta didasarkan pada teori perkembangan kognitif Jean Piaget. Menurut Septi et al. (2022), keterampilan proses sains menitikberatkan pada pengembangan kemampuan dalam memperoleh pengetahuan serta mengomunikasikan hasilnya. Keterampilan ini diartikan sebagai kemampuan dalam menggunakan pemikiran, penalaran, dan tindakan secara efisien dan efektif untuk mencapai tujuan tertentu, termasuk kreativitas yang sangat penting dalam dunia pendidikan saat ini.

Berdasarkan hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2018 yang dirilis oleh *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), kemampuan sains siswa Indonesia memperoleh skor rata-rata 396, menempatkan Indonesia pada peringkat ke-71 dari 79 negara peserta (OECD, 2019). Menurut OECD, sebagian besar siswa Indonesia berada pada Level 1 dalam literasi sains, yang berarti hanya mampu mengenali atau mengidentifikasi penjelasan ilmiah dasar. Namun, siswa mengalami kesulitan dalam menerapkan konsep ilmiah untuk memahami fenomena yang lebih

kompleks dan memberikan jawaban yang melibatkan penalaran tingkat lanjut. Sebagai perbandingan, siswa di negara-negara dengan skor tinggi, seperti Singapura, mampu menganalisis, mengevaluasi, dan merancang penyelidikan ilmiah serta menerapkan konsep ilmiah dalam berbagai situasi, termasuk yang tidak familiar. (OECD, 2019).

Hasil PISA 2018 juga menunjukkan bahwa hanya sekitar 28% siswa Indonesia yang mencapai setidaknya Level 2 dalam literasi sains, yang dianggap sebagai batas minimum kompetensi untuk berpartisipasi penuh dalam kehidupan modern (Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2018). Beberapa faktor yang berkontribusi terhadap rendahnya literasi sains siswa Indonesia meliputi kualitas pembelajaran yang kurang interaktif, keterbatasan fasilitas pendidikan, dan kompetensi guru yang belum optimal. Untuk meningkatkan literasi sains, diperlukan upaya seperti peningkatan kompetensi guru, penyediaan fasilitas pendidikan yang memadai, serta penerapan metode pembelajaran yang lebih interaktif dan kontekstual. Upaya ini menjadi penting agar generasi mendatang mampu bersaing di tingkat regional maupun global (Yusmar & Fadilah, 2023).

Indikator dari keterampilan proses sains menurut Suja (2020) tersaji pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Indikator KPS Menurut Suja (2020)

No.	Indikator KPS	Sub Indikator KPS
1.	Mengamati (<i>Observing</i>)	a. Menggunakan sebanyak mungkin alat indera b. Membaca skala ukur
2.	Mengelompokkan/ mengklasifikasi (<i>Classifying</i>)	a. Mencatat setiap pengamatan secara terpisah b. Mencari perbedaan dan persamaan c. Mengontraskan ciri-ciri d. Membandingkan e. Mencari dasar pengelompokan atau penggolongan
3.	Menggunakan alat/bahan	a. Memakai alat/bahan b. Mengetahui alasan mengapa menggunakan alat/bahan c. Mengetahui bagaimana menggunakan alat/bahan
4.	Menerapkan konsep	a. Menggunakan konsep yang telah

No.	Indikator KPS	Sub Indikator KPS
	(<i>Applying</i>)	dipelajari dalam situasi baru b. Menggunakan konsep pada pengalaman baru untuk menjelaskan apa yang sedang terjadi
5.	Berkomunikasi (<i>Communicating</i>)	a. Mengubah bentuk penyajian b. Menggambarkan data empiris hasil percobaan atau pengamatan dengan grafik, tabel, atau diagram c. Menyusun dan menyampaikan laporan secara sistematis d. Menjelaskan hasil percobaan atau penelitian e. Membaca grafik, tabel, atau diagram f. Mendiskusikan hasil kegiatan mengenai suatu masalah atau suatu peristiwa.

1. Mengamati (*Observing*)

Mengamati atau observasi yaitu menggunakan alat indera penglihatan dalam proses mengamati demonstrasi yang dilakukan oleh guru, mengamati skala termometer dan mampu mengkonversikannya dari skala termometer tertentu ke skala termometer yang lain, mengamati perubahan suhu pada berbagai zat ketika menerima atau melepaskan kalor, mengamati fenomena perpindahan kalor dalam kehidupan sehari-hari, seperti pemuatan logam atau penguapan air, dan mengamati reaksi zat terhadap perubahan suhu menggunakan alat ukur suhu.

2. Mengelompokkan/mengklasifikasi (*Classifying*)

Mengelompokkan atau mengklasifikasi adalah menggolongkan ciri-ciri, kejadian atau peristiwa yang berkaitan dengan kalor seperti mengklasifikasikan zat berdasarkan kalor jenis dan kapasitas kalor yang dimiliki untuk menentukan kemampuan menyerap kalor, mengklasifikasikan jenis perpindahan kalor (konduksi, konveksi, radiasi) berdasarkan peristiwa yang diamati dalam kehidupan sehari-hari, dan mengelompokkan jenis termometer berdasarkan skala suhu yang digunakan, yaitu: Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin.

3. Menggunakan alat/bahan

Menggunakan alat dan bahan merupakan keterampilan proses sains yang harus dilakukan oleh siswa dalam sebuah percobaan. Hal tersebut supaya siswa

mampu menggunakan konsep dari materi kalor dan terampil dalam menggunakan simulasi virtual dan kalorimeter sehingga dapat mengetahui bagaimana cara menggunakan alat/bahan dalam kegiatan simulasi virtual dan praktikum.

4. Menerapkan konsep (*Applying*)

Menerapkan konsep merupakan cara mengaplikasikan apa yang diujikan terhadap sebuah teori atau persamaan. Siswa mampu memecahkan masalah terkait perpindahan kalor pada berbagai jenis benda, menghitung jumlah kalor yang dibutuhkan atau dilepaskan suatu benda dalam eksperimen laboratorium, dan menyelesaikan masalah perpindahan kalor pada pencampuran dua zat berbeda.

5. Berkomunikasi (*Communicating*)

Berkomunikasi merupakan proses penyampaian makna melalui penggunaan tanda, simbol, dan lainnya yang mampu dipahami bersama. Dalam keterampilan proses sains siswa mampu membaca dan menginterpretasikan data dari sebuah grafik, tabel, atau diagram dari hasil percobaan atau pengamatan. Selain itu, menyampaikan atau menjelaskan hasil dari percobaan pada kegiatan presentasi secara jelas termasuk berkomunikasi.

Keterampilan proses sains menjadi hal pokok yang harus tetap dikembangkan, diasah, dan ditingkatkan dalam proses pembelajaran. Tetapi pada kenyataannya, tidak sedikit siswa yang memiliki keterampilan proses sains yang rendah. Menurut Suja (2020), berdasarkan temuannya pada tahun 2006 menyebutkan adanya berbagai kendala dalam mengajarkan KPS di sekolah, diantaranya 1) susah mengubah kebiasaan belajar siswa dari kebiasaan bersikap menerima ke menghadapi tantangan; 2) para guru umumnya belum merasa puas dalam mengajar jika belum banyak menyajikan informasi produk-produk sains melalui ceramah; 3) membutuhkan sumber belajar dan fasilitas tambahan, termasuk alat-alat dan bahan-bahan praktikum yang memerlukan dukungan dana dalam penyediaannya; 4) sistem klasikal dengan jumlah siswa yang relatif banyak menyusahakan pembelajaran pembelajaran sains sebagai proses; 5) tidak adanya tenaga laboran untuk menyiapkan alat dan bahan praktikum; 6) dialihfungsikan laboratorium sains sebagai ruang kelas sehingga secara psikologis mengurangi

niat untuk melakukan praktikum; 7) beban kerja guru cukup berat sehingga enggan untuk melakukan pembelajaran dengan praktikum.

Sejalan dengan hal tersebut, menurut Rahayu (2021), menyatakan bahwa keterampilan proses sains rendah karena pembelajaran hanya menekankan pada sebuah konsep serta kegiatan pembelajaran yang belum mengeksplorasi keterampilan proses sains siswa. Faktor yang mempengaruhi rendahnya keterampilan proses sains terjadi karena kurangnya optimalisasi pembelajaran yang melibatkan siswa. Siswa cenderung lebih banyak diam dan sekadar mendengarkan materi yang disampaikan oleh guru serta kurang aktif dan interaktif dalam proses pembelajaran. Sehingga tidak ada komunikasi dua arah antara guru dan siswa atau siswa dengan siswa dalam kegiatan diskusi dan presentasi.

Dengan demikian, melatih keterampilan proses sains baik dilakukan saat proses pembelajaran atau diintegrasikan pada latihan soal berbasis keterampilan proses sains. Kegiatan belajar yang dapat melatih keterampilan proses sains meliputi eksperimen sederhana, diskusi kelompok, analisis data dari pengamatan, dan mempresentasikan hasil temuan. Misalnya, pada materi kalor, siswa diminta untuk melakukan percobaan mengukur perubahan suhu pada air ketika dipanaskan. Siswa mencatat data suhu setiap menit, menganalisis grafik hubungan waktu dan suhu, serta mendiskusikan konsep kapasitas kalor dan perpindahan energi. Hasil pengamatan kemudian dipresentasikan untuk melatih komunikasi ilmiah.

2.1.2 Model *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment*

Formative (PIMCA)

Model pembelajaran PIMCA (*Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment Formative*) merupakan model yang dikembangkan oleh Poluakan & Katuuk (2022) sebagai pengembangan dari model MOMBI. Model ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa melalui empat tahapan pembelajaran yang sistematis, yaitu: *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization*, dan *Assessment Formative*. PIMCA berlandaskan pada teori model mental (Johnson-Laird, 1983),

konstruktivisme sosial Vygotsky (1978), dan perkembangan kognitif Bruner (1961), serta mengacu pada taksonomi Bloom revisi (Anderson & Krathwohl, 2001). Fokus utama model ini adalah pemrosesan informasi melalui representasi ganda (*multiple representation*) secara sistematis.

Kelebihan dari model ini menurut Mukkun et al. (2023) dan Tangel et al. (2024) antara lain: mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa, relevan diterapkan dalam pembelajaran sains dan matematika, serta mampu menstimulasi kemampuan berpikir kritis melalui representasi verbal, visual, dan simbolik. Namun, model ini memiliki sejumlah kelemahan. Menurut Londo (2022), PIMCA belum optimal dalam mendukung aktivitas ilmiah karena pembelajaran didominasi oleh proses representasi dan konseptualisasi yang dipandu guru, bukan eksplorasi mandiri. Tahapan *Idea Mapping* juga cenderung memakan waktu lama, membuat pembelajaran kurang dinamis dan terbatas pada konstruksi kognitif, bukan keterampilan praktis.

Jika dikaitkan dengan keterampilan proses sains (KPS), model PIMCA kurang tepat untuk membentuk KPS secara menyeluruh karena tidak sepenuhnya memfasilitasi pengalaman langsung seperti mengamati, memprediksi, merancang eksperimen, mengukur, atau menginterpretasikan data secara mandiri. Keterampilan proses sains menuntut siswa terlibat dalam kegiatan ilmiah secara aktif dan langsung (Rustaman, 2009), sementara PIMCA lebih menekankan aspek kognitif dan representasional dibanding aspek praktikum atau eksperimen lapangan. Dibandingkan dengan *Discovery Learning*, model PIMCA memiliki kekurangan dalam hal pengembangan keterampilan ilmiah. *Discovery Learning* memberi kebebasan kepada siswa untuk mengeksplorasi dan menemukan konsep melalui proses ilmiah yang alami (Bruner, 1961), seperti melakukan observasi, eksperimen, dan penyimpulan mandiri.

Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, dan Assessment Formative adalah empat tahap yang membentuk struktur model PIMCA. (Ula et al., 2022). Tabel 2.2 menunjukkan sintaks model pembelajaran PIMCA menurut Poluakan & Katuuk (2022).

Tabel 2.2 Sintaks Model *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment Formative* (PIMCA)

Sintaks Pembelajaran	Keterangan
<i>Presentation</i>	Siswa mendapatkan sumber pengetahuan dari <i>Multiple Representation</i> (MR) dengan memperhatikan penjelasan pembelajaran dari guru.
<i>Idea Mapping</i>	Siswa membangun pengetahuan dengan mengidentifikasi ide dan konsep yang berkaitan dengan representasi pada sintaks <i>presentation</i> .
<i>Conceptualization</i>	Guru berperan sebagai fasilitator, yaitu mengarahkan dan membantu pelajar dalam menjelaskan konsep untuk membuat <i>mind mapping</i> yang lengkap, serta dapat melakukan simulasi untuk menguatkan pemahaman dan melatih keterampilan proses sains mengenai peristiwa yang berhubungan dengan materi tersebut.
<i>Assessment Formative</i>	Siswa memanfaatkan penilaian otentik sebagai penguat konsep yang dipelajari melalui latihan dan menjawab pertanyaan menggunakan berbagai instrumen evaluasi seperti tes, solusi kasus, atau portofolio, serta penilaian kinerja atau proyek.

Menurut perspektif psikologi pendidikan, keterkaitan model PIMCA dengan keterampilan proses sains dapat dilihat dari penjelasan sebagai berikut.

1. Model PIMCA merupakan komponen dari model pembelajaran instruksional. Ini sama dengan model pembelajaran tambahan yang dikenal sebagai MOMBI, atau model pembelajaran dasar, yang bergantung pada teori model mental (Poluakan & Katuuk, 2022).
2. Model PIMCA (*Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment formative*) merupakan suatu model pembelajaran yang baru dikembangkan oleh Poluakan dari model MOMBI dengan tujuan meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah bagi siswa, sehingga

pembelajaran lebih interaktif dan keterampilan proses sains lebih meningkat (Ula et al., 2022).

3. Pemahaman konsep yang baik memungkinkan siswa menginternalisasi ide dasar dan menghubungkannya dengan pengetahuan yang ada, sehingga memfasilitasi analisis situasi dan merumuskan solusi. Beberapa penelitian telah menunjukkan adanya hubungan positif antara pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Tampubolon et al. (2023) menemukan bahwa terdapat hubungan positif antara kemampuan pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa terhadap hasil belajar aspek kognitif pada materi aritmatika sosial. Dalam penelitian tersebut melaporkan bahwa pemahaman konsep berkontribusi sebesar 17% terhadap hasil belajar aspek kognitif, sementara kemampuan pemecahan masalah berkontribusi sebesar 51%. Secara bersama-sama, kedua kemampuan ini berkontribusi sebesar 64,44% terhadap hasil belajar aspek kognitif siswa. Kemampuan pemecahan masalah, yang melibatkan penerapan pengetahuan untuk menyelesaikan tantangan, sangat dipengaruhi oleh pemahaman konsep yang mendalam. Semakin kuat pemahaman siswa terhadap materi, semakin baik pula kemampuan mereka dalam memecahkan masalah.
4. Keterampilan Proses Sains mencakup keterampilan yang diperlukan dalam proses sains, seperti mengamati, mengklasifikasikan, dan berkomunikasi. Penelitian oleh Widyanti et al. (2020) menyatakan bahwa KPS terdiri dari dua kategori: 1) Keterampilan Proses Sains Dasar (KPSD), yaitu mengamati, mengklasifikasikan, mengukur, menggunakan hubungan ruang dan waktu, memprediksi, menyimpulkan, dan mengkomunikasikan; 2) Keterampilan Proses Sains Terintegrasi (KPST), yaitu menyusun definisi operasional variabel, menentukan hipotesis, mengontrol variabel, bereksperimen, dan menafsirkan data hasil eksperimen. Selain itu, penelitian oleh Sari et al. (2019) menyatakan bahwa KPS melibatkan kemampuan untuk melakukan kerja ilmiah atau penelitian ilmiah, mengkomunikasikan hasil penelitian ilmiah, dan bersikap ilmiah. Dengan demikian, keterampilan seperti mengamati,

mengklasifikasikan, dan berkomunikasi merupakan bagian integral dari KPS yang esensial dalam proses ilmiah.

5. Melalui pendekatan konseptualisasi dan penilaian formatif dalam model PIMCA, siswa didorong untuk terlibat dalam diskusi dan kolaborasi, yang mendukung pengembangan keterampilan praktis dan eksperimen. Pendekatan ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian Fitriyah (2024) yang mengembangkan penilaian formatif berbantuan *scaffolding* konseptual untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang suhu dan kalor. Selain itu, implementasi pembelajaran berbasis pengalaman melalui praktikum berbasis proyek juga berperan penting dalam mengembangkan keterampilan kolaboratif siswa, sebagaimana dibahas oleh Hasan et al. (2023).
6. Dengan demikian, pemahaman konsep yang kuat, Kemampuan Pemecahan Masalah yang terasah, dan Keterampilan Proses Sains yang meningkat saling mendukung dalam menciptakan pengalaman belajar yang holistik dan bermakna bagi siswa. Penelitian oleh Trihono (2022) menunjukkan adanya korelasi positif yang signifikan antara keterampilan proses sains dan kemampuan matematika dengan pemahaman konsep sains dalam pembelajaran penemuan terbimbing. Markawi (2012) menemukan bahwa keterampilan proses sains dan penalaran berpengaruh positif terhadap kemampuan pemecahan masalah, yang pada gilirannya meningkatkan hasil belajar fisika siswa. Oleh karena itu, integrasi ketiga aspek tersebut dalam proses pembelajaran dapat meningkatkan kualitas pendidikan sains dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan di dunia nyata.

Keterampilan proses melibatkan keterampilan-keterampilan kognitif atau intelektual, manual, dan sosial. Keterampilan kognitif atau intelektual terlibat karena dengan melakukan keterampilan proses siswa menggunakan pikirannya. Keterampilan manual terlibat dalam keterampilan proses karena siswa melibatkan penggunaan alat dan bahan. Kemudian keterampilan sosial dimaksudkan bahwa siswa berinteraksi dengan keterampilan proses, misalnya pada saat kegiatan

diskusi atau presentasi hasil pengamatan. Dengan demikian, proses pembelajaran menggunakan model PIMCA dapat menjadi solusi atau strategi untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa karena dalam tahapan model pembelajaran PIMCA dapat mencakup indikator keterampilan proses sains seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Keterkaitan Model PIMCA dengan KPS

No	Sintaks Model PIMCA	Aktivitas Siswa	Indikator KPS
1.	<i>Presentation</i>	Menyampaikan ide, gagasan atau informasi menurut pengetahuan awal siswa	Berkomunikasi
		Memperhatikan penjelasan pembelajaran dari guru.	Mengamati
2.	<i>Idea Mapping</i>	Mengorganisir dan mengelompokkan informasi atau konsep ke dalam kategori melalui <i>mind mapping</i> .	Mengklasifikasi
		Menerapkan konsep yang dipelajari dalam <i>mind mapping</i> untuk menghubungkan ide-ide secara logis.	Menerapkan konsep
3.	<i>Conceptualization</i>	Melakukan percobaan sederhana baik menggunakan virtual lab atau alat praktikum sederhana dan bekerja sama dengan kelompok masing-masing.	Menggunakan alat/bahan
		Merumuskan dan menguji konsep-konsep ilmiah sesuai dengan teori yang telah dipelajari.	Menerapkan konsep
4.	<i>Assessment Formative</i>	Mempresentasikan hasil praktikum di depan kelas.	Berkomunikasi
		Mengamati kelompok lain yang sedang melakukan presentasi serta memperhatikan umpan balik yang disampaikan	Mengamati

No	Sintaks Model PIMCA	Aktivitas Siswa	Indikator KPS
		oleh guru.	

*Catatan: Keterkaitan dalam Tabel 2.3 merupakan sintesis teoretis yang disusun peneliti berdasarkan kesesuaian sintaks model PIMCA dengan aspek-aspek keterampilan proses sains menurut Suja (2020).

2.1.3 Materi Kalor

Dalam penelitian ini, materi pembelajaran yang digunakan oleh peneliti yaitu materi kalor. Alasan peneliti memilih materi tersebut karena materi kalor merupakan salah satu materi mata pelajaran fisika yang sesuai untuk meningkatkan keterampilan proses sains siswa dan merupakan materi dasar yang harus dikuasai untuk dapat memahami materi selanjutnya yang berkaitan dengan materi kalor, seperti termodinamika, gas ideal, ataupun yang lainnya. Berdasarkan rekomendasi dari guru fisika dan observasi di kelas, materi kalor cukup membuat siswa kebingungan dan sulit dipahami apabila tidak dilaksanakan simulasi atau praktikum sederhana. Pemaparan materi yang dijadikan acuan dalam penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

A. Suhu dan Pemuaian Zat

1. Suhu

Suhu merupakan derajat panas atau dingin yang dirasakan indera. Alat yang biasa digunakan untuk pengukur suhu dinamakan termometer.

a) Termometer

Termometer merupakan alat yang sederhana dengan fungsi yang besar. Ada bermacam macam termometer mulai dari yang analog sampai yang digital, mulai dari yang menggunakan air raksa sampai yang menggunakan infra merah.

b) Skala Suhu

Terdapat 4 skala suhu yang digunakan pada termometer diantaranya Celcius ($^{\circ}\text{C}$), Reamur ($^{\circ}\text{R}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) dan Kelvin ($^{\circ}\text{K}$).

Tabel 2.4 Empat Skala Suhu yang Digunakan pada Termometer

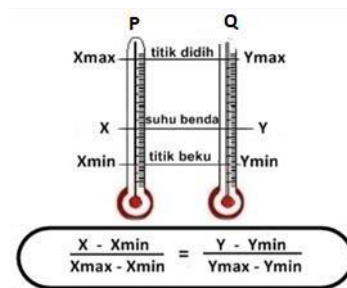
No	Termometer	Titik tetap bawah	Titik tetap atas	Jumlah skala
1.	Celcius	0°C	100°C	100
2.	Reamur	0°R	80°C	80
3.	Fahrenheit	32°F	212°F	180
4.	Kelvin	273K	373K	100

Konversi antara 4 skala tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2.5..

Tabel 2.5 Konversi antara 4 Skala

	Celcius	Reamur	Kelvin	Fahrenheit
Celcius		$R = (4/5) C$	$K = C + 273$	$F = (9/5) C + 32$
Reamur	$C = (5/4) R$		$K = C + 273 = (5/4) R + 273$	$F = (9/4) R + 32$
Fahrenheit	$C = 5/9 (F - 32)$	$R = 4/9 (F - 32)$	$K = 5/9 (F - 32) + 273$	
Kelvin	$C = K - 273$	$R = 4/5 (K - 273)$		$F = 9/5 (K - 273) + 32$

Skala Celcius dan Fahrenheit banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, sedangkan skala suhu yang ditetapkan sebagai Satuan Internasional adalah Kelvin. Berikut gambaran mengkonversi suhu pada 2 termometer yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.1.

**Gambar 2.1 Gambaran Mengkonversi Suhu pada 2 Termometer**

Sumber: <https://hermananis.com/contoh-soal-termometer>

2. Pemuaian Zat



Gambar 2.2 Gambar Sambungan antar Rel Kereta Api

Sumber: <https://repository.kemdikbud.go.id/>

Gambar 2.2 menunjukkan gambar sambungan antar rel kereta api yang dibuat agak renggang untuk memberi ruang saat rel mengalami pemuaian. Pemuaian zat umumnya terjadi ke segala arah, ke arah panjang, ke arah lebar dan ke arah tebal. Namun, pada pembahasan tertentu mungkin kita hanya memandang pemuaian ke satu arah tertentu, misalnya ke arah panjang, sehingga kita hanya membahas pemuaian panjang.

Pemuaian merupakan peristiwa bertambahnya ukuran akibat kenaikan suhu. Kenaikan suhu pada suatu zat menyebabkan partikel bergerak lebih cepat, sehingga membutuhkan ruang yang lebih besar. Akibatnya, ukuran zat tersebut bertambah. Pemuaian dapat terjadi karena perubahan suhu pada zat padat, zat cair maupun gas.

a) Pemuaian zat padat

Pemuaian zat padat dapat digolongkan menjadi 3, yaitu pemuaian panjang, luas dan volume

1) Pemuaian panjang

Yaitu bertambahnya panjang suatu benda akibat kenaikan suhu. Pada pemuaian panjang, pertambahan lebar dan tebal lebih kecil dibandingkan pertambahan panjang. Jadi, dapat diabaikan. Secara matematis pertambahan panjang dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\Delta L &= L_o \alpha \Delta T \\
L_1 - L_o &= L_o \alpha \Delta T \\
L_1 &= L_o + L_o \alpha \Delta T \\
L_1 &= L_o (1 + \alpha \Delta T)
\end{aligned} \tag{1}$$

Keterangan

L_o = panjang kawat mula-mula (m)

L_1 = panjang kawat pada suhu T °C (m)

α = koefisien muai panjang (°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

2) Pemuaian luas

Pemuaian luas merupakan bertambahnya luas suatu benda akibat kenaikan suhu. Contoh pemuaian luas pada kaca jendela. Pertambahan luas saat pemuaian dipengaruhi oleh koefisien muai luas (β) dan kenaikan suhu (ΔT), Secara matematis dituliskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\Delta A &= A_o \beta \Delta T \\
A_1 - A_o &= A_o \beta \Delta T \\
A_1 &= A_o + A_o \beta \Delta T \\
A &= A_o (1 + \beta \Delta T)
\end{aligned} \tag{2}$$

Keterangan

A_o = luas benda mula-mula (m²)

A_1 = luas benda pada suhu T °C (m²)

$\beta = 2\alpha$ koefisien muai luas (°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

3) Pemuaian volume

Pemuaian volume terjadi pada benda padat yang berbentuk tiga dimensi. Seperti balok, kubus dan bola yang dipanaskan. Muai volume merupakan turunan dari muai panjang. Jadi, dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\Delta V &= V_o \gamma \Delta T \\
V_1 - V_o &= V_o \gamma \Delta T \\
V_1 &= V_o + V_o \gamma \Delta T
\end{aligned}$$

$$V_1 = V_0(1 + \gamma\Delta T) \quad (3)$$

Keterangan

V_0 = volume benda mula-mula (m^3)

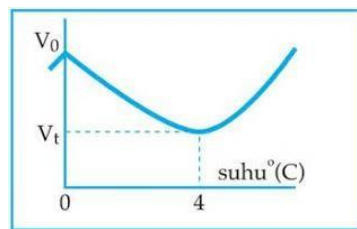
V_1 = volume benda pada suhu T °C (m^3)

$\gamma = 3\alpha$ koefisien muai volume ($/^{\circ}\text{C}$)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

b) Pemuaian Zat Cair

Pada umumnya setiap zat memuai jika dipanaskan, kecuali air jika dipanaskan dari 0°C sampai 4°C akan menyusut. Sifat keanehan air seperti itu disebut anomali air. Grafik anomali air seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Grafik Anomali Air

Sumber: <https://repository.kemdikbud.go.id/>

Keterangan:

Pada suhu 4°C diperoleh:

- a) volume air terkecil
- b) massa jenis air terbesar

Karena pada zat cair hanya mengalami pemuaian volume, maka pada pemuaian zat cair hanya diperoleh persamaan berikut.

$$\begin{aligned} V_t &= V_0(1 + \gamma\Delta T) \\ \Delta V &= \gamma V_0 \Delta T \end{aligned} \quad (4)$$

Tabel 2.6 Tabel Koefisien Muai Ruang Zat Cair untuk Beberapa Jenis Zat dalam Satuan K⁻¹

No.	Jenis Zat Cair	Koefisien muai Panjang
1.	Alkohol	0,0012
2.	Air	0,0004
3.	Gliserin	0,0005
4.	Minyak parafin	0,0009
5.	Raksa	0,0002

c) Pemuaian Zat Gas

Jika gas dipanaskan, maka dapat mengalami pemuaian volume dan dapat juga terjadi pemuaian tekanan. Dengan demikian pada pemuaian gas terdapat beberapa persamaan, sesuai dengan proses pemanasannya.

1) Pemuaian Volume pada Tekanan Tetap (Isobarik)

Jika gas dipanaskan pada tekanan tetap maka volume gas sebanding dengan suhu mutlak gas itu.. Secara matematik dapat dinyatakan:

$$V \sim T$$

Atau secara lengkap dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut

$$\frac{V}{T} = \text{tetap} \quad \text{atau} \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (5)$$

2) Pemuaian Tekanan Gas pada Volume Tetap (Isokhorik)

Jika pemanasan terus dilakukan pada gas dalam ruang tertutup, maka tekanan gas sebanding dengan suhu mutlak gas tersebut. Secara matematik dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$P \sim T$$

Atau secara lengkap dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut.

$$\frac{P}{T} = \text{tetap} \quad \text{atau} \quad \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (6)$$

3) Pemuaian Volume Gas pada Suhu Tetap (Isotermis)

Jika gas dipanaskan dengan suhu tetap, tekanan gas berbanding terbalik dengan volume gas.

$$P = \frac{1}{V}$$

Diperoleh:

$$P \cdot V = \text{tetap} \quad \text{atau} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (7)$$

Jika pada proses pemuaian gas terjadi tekanan berubah, volum berubah dan suhu berubah maka dapat diselesaikan dengan persamaan hukum Boyle - Gay Lussac.

$$\frac{P.V}{T} = \text{tetap} \quad \text{atau} \quad \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (8)$$

B. Pengaruh Kalor pada Zat



Gambar 2.4 Pengaruh Kalor pada Zat dalam Kehidupan Sehari-hari

Sumber: <https://www.detik.com>

Gambar 2.4 di atas menunjukkan air yang sedang dipanaskan hingga mendidih. Saat air dipanaskan ada proses transfer energi dari satu zat ke zat lainnya yang disertai dengan perubahan suhu atau yang di sebut dengan kalor. Kalor yang diterima air ini digunakan untuk menaikkan suhunya sampai mencapai titik didih bahkan untuk merubah wujud dari cair menjadi gas.

1. Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor

Kalor jenis suatu benda didefinisikan sebagai jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg suatu zat sebesar 1 K. Kalor jenis ini menunjukkan kemampuan suatu benda untuk menyerap kalor. Semakin besar kalor jenis suatu benda, semakin besar pula kemampuan benda tersebut dalam menyerap kalor. Secara matematis

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad \text{atau} \quad Q = mc\Delta T \quad (9)$$

Dengan

c = kalor jenis suatu zat ($\text{J Kg}^{-1}\text{°C}^{-1}$)

m = massa zat (kg)

ΔT = perubahan suhu (°K)

Q = banyak kalor yang diterima atau dilepas (J)

Tabel 2.7 Tabel Kalor Jenis Beberapa Zat

Zat	Kalor Jenis (J/kg°C)	Zat	Kalor Jenis (J/kg°C)
Air	4200	Besi	460
Alkohol	2400	Tembaga	390
Minyak Tanah	220	Kuningan	380
Air Raksa	140	Perak	230
Es	2500	Emas	130
Alumunium	900	Timbal	130
Kaca	670	Udara	1000

Kapasitas kalor suatu benda adalah jumlah kalor yang diperlukan atau dilepaskan jika suhu benda tersebut dinaikkan atau diturunkan 1 K atau 1°C. Secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ atau } C = mc \quad (10)$$

Keterangan:

C adalah kapasitas kalor (J/°C)

2. Perubahan Wujud Zat

Kalor yang diterima atau dilepaskan suatu zat dapat mengakibatkan pada perubahan wujud suatu zat. Penerimaan kalor akan meningkatkan suhu dan dapat mengubah wujud zat dari padat menjadi cair atau cair menjadi gas. Pelepasan kalor dapat menurunkan suhu atau merubah wujud dari cair menjadi padat atau gas menjadi cair. Ketika sedang berubah wujud, walaupun terdapat pelepasan atau penyerapan kalor tetapi tidak digunakan untuk menaikkan atau menurunkan suhu. Kalor ini disebut Kalor laten atau L. Kalor laten adalah kalor yang dibutuhkan benda untuk mengubah wujudnya per satuan massa. Secara matematis:

$$L = \frac{Q}{m} \quad (11)$$

Dengan

L = kalor laten (J kg⁻¹)

Q = kalor yang dibutuhkan saat perubahan wujud (J)

m = massa zat (kg)

3. Asas Black

Asas Black adalah suatu prinsip dalam termodinamika yang dikemukakan oleh Joseph Black. Bunyi Asas Black adalah sebagai berikut: “Pada pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang dilepas zat yang suhunya lebih tinggi sama dengan banyaknya kalor yang diterima zat yang suhunya lebih rendah”. Energi selalu kekal sehingga benda yang memiliki temperatur lebih tinggi akan melepaskan energi sebesar Q_L dan benda yang memiliki temperatur lebih rendah akan menerima energi sebesar Q_T dengan besar yang sama. Secara matematis, pernyataan tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}} \quad (12)$$

Keterangan:

Q_{Lepas} = jumlah kalor yang dilepaskan oleh zat (Joule)

Q_{Terima} = jumlah kalor yang diterima oleh zat (Joule)

Besarnya kalor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$Q = mc\Delta T \quad (13)$$

Ketika menggunakan persamaan ini, perlu diingat bahwa temperatur naik berarti zat menerima kalor, dan temperatur turun berarti zat melepaskan kalor, maka

$$Q_{\text{Lepas}} = Q_{\text{Terima}}$$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2$$

dengan $\Delta T_1 = T - T_{\text{akhir}}$ dan $\Delta T_2 = T_{\text{akhir}} - T_{\text{sehingga}}$

$$m_1 c_1 (T_1 - T_c) = m_2 c_2 (T_c - T_2) \quad (14)$$

Keterangan:

m_1 = massa benda 1 yang suhunya tinggi (kg)

m_2 = massa benda 2 yang suhunya rendah (kg)

c_1 = kalor jenis benda 1 ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)

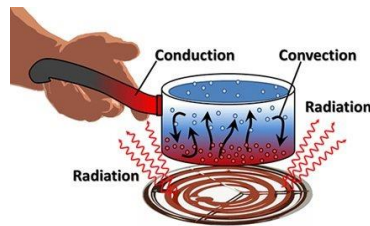
c_2 = kalor jenis benda 2 ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)

T_1 = suhu mula-mula benda 1 ($^\circ\text{C}$ atau K)

T_2 = suhu mula-mula benda 2 ($^\circ\text{C}$ atau K)

T_c = suhu akhir atau suhu campuran ($^\circ\text{C}$ atau K)

C. Perpindahan Kalor

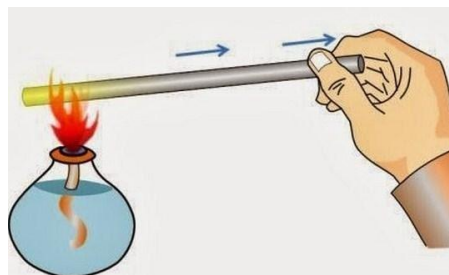


Gambar 2.5 Perpindahan Kalor

Sumber: <https://www.studiobelajar.com>

Perpindahan kalor (panas) dapat dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan medium perantaranya. Tiga jenis perpindahan kalor tersebut adalah konduksi, konveksi, dan radiasi. Gambar 2.5 dapat menjelaskan 3 jenis perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi secara sekaligus. Rambatan kalor api dari kompor ke panci adalah proses radiasi, kemudian air yang panas di bagian bawah panci akan bergerak ke atas bertukar posisi dengan air dingin di bagian atas menghasilkan transfer kalor melalui konveksi, dan panas yang terdapat di pemegang panci yang terbuat dari logam dapat dihantarkan ke tangan melalui proses konduksi.

1. Konduksi



Gambar 2.6 Konduksi

Sumber: <https://repository.kemdikbud.go.id/>

Gambar 2.6 menunjukkan sebuah batang logam yang salah satu ujungnya dipanaskan diatas api sementara ujung yang satu lagi dipegang tangan. Panas yang terjadi di ujung logam yang dipanaskan di atas api dirasakan juga oleh tangan yang memegang ujung logam yang lainnya. Ini membuktikan adanya aliran kalor (panas) pada logam. Peristiwa perpindahan kalor melalui suatu zat tanpa disertai dengan perpindahan partikel partikelnya disebut konduksi. Jumlah kalor yang dipindahkan per satuan waktu, secara matematis dituliskan:

$$\frac{Q}{\Delta T} = H = kA \frac{\Delta r}{L} \quad (15)$$

Dengan

H = jumlah kalor yang merambat tiap satuan waktu

= laju aliran kalor (J s^{-1})

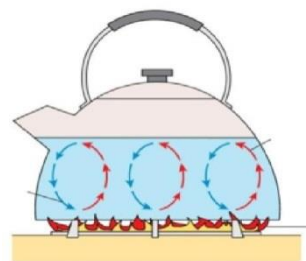
k = koefisien konduksi termal ($\text{J m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{K}^{-1}$)

A = luas penampang batang (m^2)

L = panjang batang (m)

ΔT = perbedaan suhu antara kedua ujung batang

2. Konveksi



Gambar 2.7 Konveksi

Sumber: <https://repository.kemdikbud.go.id/>

Saat kalian merebus air maka akan terjadi aliran (perpindahan) kalor dari air yang panas dibagian bawah dengan air yang dingin dibagian atas wadah. Peristiwa perpindahan kalor yang disertai perpindahan massa atau perpindahan partikel partikel zat perantaranya disebut dengan aliran kalor

secara konveksi. Laju kalor secara konveksi, secara matematis dapat dirumuskan:

$$H = h A \Delta T \quad (16)$$

Dengan

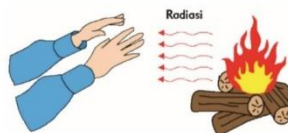
H = laju perpindahan kalor (J s^{-1})

h = koefisien konveksi termal ($\text{J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-1}$)

A = luas permukaan (m^2)

ΔT = perbedaan suhu (K)

3. Radiasi



Gambar 2.8 Radiasi

Sumber: <https://repository.kemdikbud.go.id/>

Saat kalian berkumpul di sekitar api unggun, akan dirasakan panas dari api yang menyala. Peristiwa perpindahan kalor tanpa zat perantara disebut dengan radiasi. Besar laju aliran kalor secara matematis dirumuskan:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e \sigma A T^4 \quad (17)$$

Dengan

Q = kalor yang dipancarkan (J)

T = suhu mutlak (K)

e = emisivitas bahan

σ = tetapan Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

A = luas penampang benda (m^2)

2.2 Hasil yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini yaitu penelitian yang pernah dilakukan oleh Poluakan, & Katuuk (2022) bahwa model pembelajaran PIMCA adalah salah satu model pembelajaran fisika yang efektif. Model ini terdiri dari presentasi, pemetaan ide, konseptualisasi, dan penilaian formatif, dan dapat membantu siswa menguasai materi fisik, terutama dengan mendorong mereka untuk mengkonstruksi konsep dengan benar. Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan nilai rata-rata pencapaian kemajuan belajar dari *pretest* dan *posttest* sebesar 73,14%. Begitu pula dari segi pemahaman konsep fisika yaitu dari peta ide dan *mind mapping* diperoleh peningkatan rata-rata hingga 84%. Sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Palit et al. (2022) yang menyatakan bahwa dengan menggunakan model pembelajaran PIMCA, siswa belajar lebih banyak tentang fisik di materi Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), dan mereka lebih mudah memahami konsep dengan representasi masing-masing. Hal tersebut dilihat dari hasil olah data dan analisis diperoleh nilai rata-rata *pretest* 28 dan nilai rata-rata *posttest* 71 dan melakukan pengujian statistik dengan Uji-t *paired sample test* diperoleh nilai sig.(2-tailed) sebesar $0,000 < 0,05$ sehingga terdapat peningkatan hasil belajar fisika siswa setelah di terapkan perlakuan. Dari kedua penelitian tersebut kemudian dikuatkan lagi dengan penelitian yang dilakukan oleh Ula et al. (2022) didapatkan hasil bahwa model *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment Formative* (PIMCA) dengan *Graphline* terutama dalam materi pembiasan cahaya, hasil belajar siswa rata-rata meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisis dengan uji N-Gain terdapat 10 siswa yang mengalami peningkatan hasil belajar dengan kategori tinggi, 9 siswa yang mengalami peningkatan hasil belajar dengan kategori sedang, dan 1 siswa yang mengalami peningkatan hasil belajar dengan kategori rendah. Dengan presentase 50 % siswa yang mengalami peningkatan hasil belajar dengan kategori tinggi.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, model pembelajaran PIMCA terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar fisika, terutama pada konsep-konsep seperti GLBB dan pembiasan cahaya. Meskipun penelitian-penelitian tersebut menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep dan hasil belajar

siswa dengan penerapan PIMCA, penelitian ini berbeda dalam beberapa aspek utama. Pertama, fokus penelitian ini adalah pada pengembangan keterampilan proses sains siswa, bukan hanya pemahaman konsep atau hasil belajar. Indikator keterampilan proses sains yang digunakan adalah mengamati, mengelompokkan/mengklasifikasi, menggunakan alat/bahan, menerapkan konsep, dan berkomunikasi, yang belum menjadi fokus utama pada penelitian sebelumnya. Kedua, topik yang diteliti dalam penelitian ini adalah materi kalor, yang memiliki karakteristik berbeda dibandingkan dengan materi GLBB atau pembiasan cahaya. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas PIMCA dalam konteks yang berbeda, khususnya untuk pengembangan keterampilan proses sains pada materi kalor di tingkat SMA

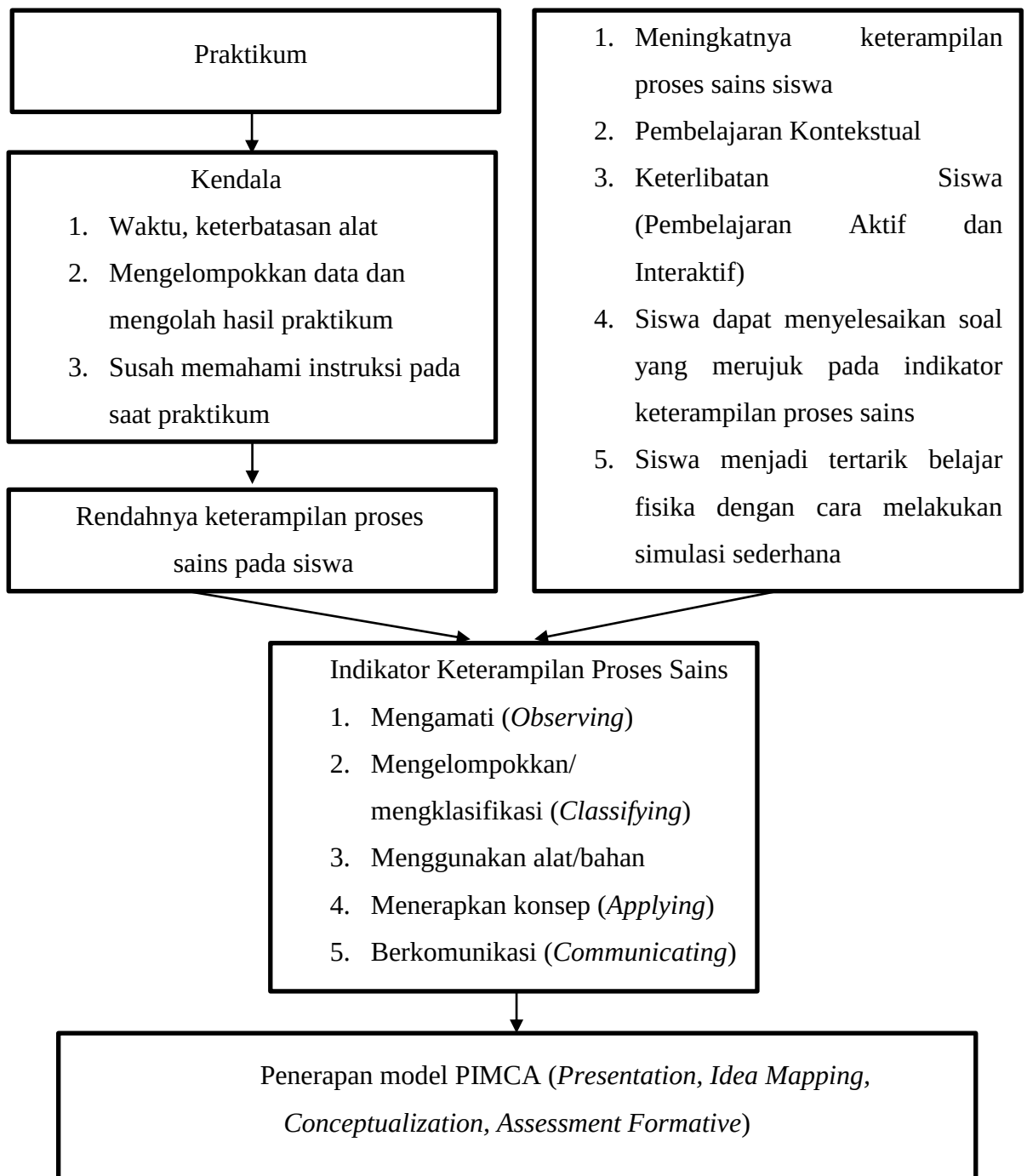
2.3 Kerangka Konseptual

Pembelajaran fisika yang ideal seharusnya tidak hanya fokus pada pemahaman rumus atau angka tetapi juga bertujuan untuk mengembangkan keterampilan proses sains (KPS) siswa, yang mencakup kemampuan mengamati, mengelompokkan/mengklasifikasi, menggunakan alat/bahan, menerapkan konsep, dan berkomunikasi. Keterampilan ini penting agar siswa tidak hanya menghafal konsep tetapi juga mampu menerapkannya dalam konteks nyata serta berpikir ilmiah. Namun, di lapangan, masih terdapat kesenjangan antara kondisi ideal ini dan kenyataan di sekolah, dimana siswa umumnya menganggap fisika sebagai mata pelajaran yang sulit dan membosankan karena melihatnya hanya sebagai kumpulan rumus. Selain itu, guru juga kesulitan untuk memastikan pemahaman yang merata di antara siswa. Akibatnya, kemampuan KPS siswa, terutama dalam mengelompokkan data dan berkomunikasi hasil praktikum, masih rendah.

Untuk mengatasi masalah tersebut, model pembelajaran *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment Formative* (PIMCA) ditawarkan sebagai solusi. Model ini dipilih karena tahapan-tahapannya mendukung pengembangan KPS dengan melibatkan siswa dalam pemetaan ide, penguatan pemahaman konsep, dan presentasi hasil praktikum. Keunggulan PIMCA terletak pada strukturnya yang memungkinkan siswa terlibat aktif dalam mengonsep ide dan

mengembangkan keterampilan komunikasi serta berpikir kritis selama proses belajar. Berdasarkan kelebihan yang dimiliki oleh model PIMCA, peneliti menduga bahwa model ini efektif dalam mempengaruhi keterampilan proses sains siswa.

Model *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment Formative* (PIMCA) diharapkan dapat meningkatkan keterampilan proses sains siswa. Peran guru dalam pembelajaran PIMCA ini adalah menyajikan *Multiple Representation* (MR), fasilitator, mengarahkan, dan membantu menjelaskan konsep pada saat berlangsungnya pembelajaran. *Multiple Representation* yang disajikan oleh guru dapat berupa berbagai bentuk representasi untuk memfasilitasi pemahaman siswa, antara lain: representasi visual (grafik, diagram, atau gambar), representasi matematis (rumus atau persamaan fisika), representasi verbal (penjelasan tertulis atau lisan), representasi simbolik (simbol dan notasi khusus fisika), serta representasi eksperimental atau praktik (demonstrasi melalui eksperimen atau simulasi). Dengan variasi representasi ini, siswa diharapkan dapat lebih mudah memahami dan menguasai konsep-konsep fisika secara menyeluruh. Berikut adalah kerangka konseptual yang akan diadopsi dalam penelitian, seperti yang terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Kerangka Konseptual

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan pertanyaan yang muncul dari rumusan masalah, hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

H_0 : Model *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment Formative* (PIMCA) tidak efektif dalam mempengaruhi keterampilan proses sains siswa pada materi kalor di kelas XI SMA Negeri 1 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.

H_a : Model *Presentation, Idea Mapping, Conceptualization, Assessment Formative* (PIMCA) efektif dalam mempengaruhi keterampilan proses sains siswa pada materi kalor di kelas XI SMA Negeri 1 Tasikmalaya tahun ajaran 2024/2025.