

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Model Pembelajaran RADEC

Model pembelajaran *Read-Answer-Discuss-Explain-Create* (RADEC) dikembangkan dengan landasan tujuan pendidikan nasional, beragamnya sumber belajar, gagasan Vygotsky tentang teori konstruktivisme sosial, dan keterampilan membaca. Model ini dipopulerkan oleh Wahyu Sopandi pertama kalinya dengan memperkenalkan model pembelajaran RADEC pada tahun 2017 dalam sebuah konferensi internasional di Kuala Lumpur Malaysia. Model ini diberi nama RADEC sesuai dengan fase-fase pembelajaran yang hendak dilaksanakan yakni *Read-Answer-Discuss-Explain-Create* agar urutan implementasi pembelajarannya mudah diingat (Sopandi dkk., 2021).

Secara lebih jelas, berikut merupakan fase-fase model pembelajaran RADEC.

a. *Read* (Membaca)

Pada tahap ini, peserta didik menyelidiki pengetahuan dari berbagai sumber, antara lain buku, sumber informasi cetak lainnya, dan sumber informasi berbasis internet. Peserta didik diberikan pertanyaan-pertanyaan pra pembelajaran yang relevan dengan konten yang dipelajari untuk membantu mereka dalam eksplorasi informasi. Sebelum pertemuan pembelajaran kelas, pertanyaan-pertanyaan pra-pembelajaran ini ditanyakan. Peserta didik terlibat dalam aktivitas di luar kelas dalam mengumpulkan data untuk pertanyaan ini. Hal ini didasarkan pada gagasan bahwa peserta didik mampu mempelajari sejumlah informasi tertentu tanpa bantuan dari luar. Di kelas, peserta didik dapat mengajukan pertanyaan kepada guru atau peserta didik lain (tutor sejawat) jika mereka kesulitan memahami apa yang dibacanya. Dengan cara ini pembelajaran di kelas dapat lebih terfokus pada pembentukan sifat-sifat lain (khususnya karakter sosial) yang memerlukan interaksi dengan orang lain. Memberikan peserta didik kegiatan belajar mandiri sebelum kelas mendorong pembelajaran di kelas lebih terfokus pada unsur-unsur materi pelajaran yang dianggap menantang oleh semua peserta didik.

b. Answer (Menjawab)

Peserta didik menyelesaikan soal-soal pra pembelajaran dengan kegiatan laboratorium berupa praktikum berdasarkan apa yang dipelajarinya pada tahap *Read* (R). Lembar Kegiatan Peserta didik (LKPD) digunakan untuk menyusun soal-soal pra pembelajaran. Peserta didik kemudian dapat secara individu menentukan dimana mereka mengalami kesulitan melakukan prosedur praktikum. Selain itu, peserta didik juga bisa menganalisis apakah mereka termasuk pembaca yang malas atau penuh perhatian, apakah mereka mudah atau sulit memahami substansi bacaan, apakah mereka lebih suka atau tidak suka membaca teks pelajaran, dan sebagainya. Guru juga dapat melihat pekerjaan peserta didik di Lembar Kerja Peserta Didik dan menanyakan kondisi masing-masing kelompok peserta didik. Guru dapat memberikan bantuan yang tepat kepada setiap anak berdasarkan kesulitan masing-masing kelompok. Guru pasti akan menyadari bahwa tuntutan peserta didiknya berbeda satu sama lain.

c. Discuss (Berdiskusi)

Sebelum kelas dimulai, peserta didik bekerja dalam kelompok untuk mendiskusikan jawaban atas pertanyaan atau hasil kerja mandiri yang telah dilakukan di rumah atau di luar kelas. Guru mendorong peserta didik yang telah banyak menyelesaikan tugas LKPD untuk membantu rekannya yang belum menguasai. Jika ada peserta didik yang masih kesulitan, guru menyarankan agar mereka berkonsultasi dengan temannya. Kegiatan yang memungkinkan peserta didik membandingkan pekerjaan mereka dengan pekerjaan teman-temannya dalam kelompok yang sama juga dapat dimasukkan dalam sintaks ini. Untuk mendapatkan jawaban atau tugas yang benar, tugas guru saat ini adalah memastikan peserta didik berkomunikasi. Guru juga dapat memperkirakan kelompok mana atau siapa yang menguasai gagasan yang sedang dipelajari dengan memeriksa aktivitas semua kelompok. Dalam metode ini guru dapat menentukan kelompok atau individu mana yang sudah mempunyai ide-ide kreatif untuk mengimplementasikan hal-hal yang telah dipelajarinya. Berdasarkan temuan observasi tersebut, guru dapat memutuskan siapa yang akan berperan sebagai narasumber pada langkah selanjutnya yakni sintaks *Explain* (E).

Selain memastikan adanya komunikasi antar peserta didik di setiap kelompok dan mengidentifikasi narasumber peserta didik untuk langkah selanjutnya, guru juga dapat menilai aspek tugas mana yang sulit dilakukan oleh semua peserta didik atau kelompok pada level ini. Selanjutnya, pada tahap *Explain* (E), guru akan membahas kesulitan-kesulitan tersebut kepada masing-masing kelompok dengan cara tradisional. Ketika peserta didik telah selesai mendiskusikan tugasnya atau mengalami kesulitan yang tidak dapat peserta didik lanjutkan secara mandiri, Tahap *Discuss* (D) berakhir.

d. *Explain* (Menjelaskan)

Tindakan presentasi klasik dilakukan pada level ini. Konten yang ditawarkan mencakup seluruh komponen kognitif indikator pembelajaran yang ditentukan dalam tujuan pembelajaran. Penyajiannya disusun sedemikian rupa sehingga indikator-indikatornya tercantum dalam RPP. Peserta didik diminta untuk berbagi dengan kelas mengenai konsep-konsep kunci yang telah mereka pelajari saat ini melalui perwakilan peserta didik. Guru memastikan bahwa semua peserta didik memahami penjelasan dan masuk akal secara ilmiah selama latihan ini. Pada latihan ini, guru juga menyampaikan ajakan kepada peserta didik lain untuk berdiskusi, berdebat, atau berkontribusi terhadap apa yang telah diberikan oleh teman-temannya dari kelompok lain. Guru juga dapat memanfaatkan tahap ini untuk memperjelas konsep-konsep penting yang mungkin belum dipahami sepenuhnya oleh peserta didik tertentu, bergantung pada hasil tahap *Discuss* (D). Guru dapat menjelaskan bagian ini dengan ceramah, demonstrasi, atau cara lain yang dimaksudkan untuk mengatasi tantangan semua peserta didik tersebut. Penting untuk menghindari kegiatan guru yang menyampaikan materi pelajaran yang sudah dijelaskan peserta didik secara menyeluruh.

e. *Create* (Membuat)

Pada tahap ini, guru mendorong peserta didik untuk menarik kesimpulan berdasarkan apa yang telah dipelajari sejauh ini. Peserta didik dibimbing untuk melakukan diskusi setelah menyelesaikan praktikum di bawah pengawasan guru dan mempresentasikan temuan mereka pada tahap D. Guru harus membantu peserta didik apabila tidak ada satupun peserta didik yang mampu membuat kesimpulan.

Tugas dapat diselesaikan dengan cepat atau tuntas, di dalam atau di luar kelas. Sintaks penting ini melibatkan pengajaran kepada peserta didik bagaimana berpikir kritis, bertindak demokratis, bekerja dalam kelompok, dan berkomunikasi. Hal ini dimulai dengan membantu peserta didik menghasilkan ide-ide orisinal, memutuskan mana yang akan dilanjutkan, merencanakan dan melaksanakan rencana peserta didik, melaporkan temuan-temuan peserta didik, dan menyajikan temuan-temuan peserta didik dalam berbagai cara.

Pada Tabel 2.1 disajikan kegiatan yang dilakukan guru dan peserta didik dengan menggunakan model pembelajaran RADEC dengan metode praktikum.

Tabel 2.1 Tahapan Model Pembelajaran RADEC dengan Metode Praktikum

Sintaks	Kegiatan Pembelajaran	
	Guru	Peserta Didik
<i>Read</i>	<ul style="list-style-type: none"> Mendorong peserta didik untuk membaca LKPD dan sumber lain serta menyelesaikan pekerjaan rumahnya dengan memerhatikannya. 	<ul style="list-style-type: none"> Mencari informasi dari berbagai sumber berupa buku dan sumber informasi cetak lainnya.
<i>Answer</i>	<ul style="list-style-type: none"> Membekali peserta didik dengan pertanyaan-pertanyaan pra pembelajaran yang sesuai dengan materi yang akan dipelajari. 	<ul style="list-style-type: none"> Menjawab pertanyaan pra pembelajaran dengan pengambilan data dari kegiatan praktikum.
<i>Discuss</i>	<ul style="list-style-type: none"> Mendorong peserta didik yang berhasil menyelesaikan kegiatan LKPD tertentu untuk membimbing teman-temannya yang masih belajar bagaimana melakukannya. Mendorong peserta didik yang kesulitan memahami isi pelajaran untuk bertanya kepada temannya. Memastikan peserta didik berkomunikasi satu sama lain. Mengamati individu atau kelompok yang sudah dan belum memahami ide-ide yang diteliti. 	<ul style="list-style-type: none"> Secara berkelompok mendiskusikan jawaban atas pertanyaan atau tugas yang telah mereka kerjakan melalui kegiatan praktikum.
<i>Explain</i>	<ul style="list-style-type: none"> Memastikan apa yang dijelaskan presenter benar secara ilmiah dan semua peserta didik memahami penjelasan tersebut. 	<ul style="list-style-type: none"> Perwakilan peserta didik menjelaskan konsep esensial yang sudah dikuasainya di depan kelas

Sintaks	Kegiatan Pembelajaran	
	Guru	Peserta Didik
	<ul style="list-style-type: none"> • Mendorong peserta didik lain untuk bertanya, membantah, atau menambahkan terhadap apa yang sudah dipresentasikan presenter dari kelompok lain. • Menjelaskan konsep esensial yang belum dapat dikuasai seluruh peserta didik. 	
<i>Create</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Membimbing peserta didik untuk mengambil kesimpulan dari praktikum yang telah dilakukan. • Membimbing peserta didik mencatat kesimpulan, membuat laporan dan melaporkannya. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mendiskusikan kesimpulan dari praktikum yang telah dilakukan secara mandiri dengan kelompoknya. • Mencatat kesimpulan, membuat laporan dan melaporkannya.

Menurut Sopandi dkk. (2021) dari tahapan kegiatan model pembelajaran RADEC terdapat beberapa keunggulan sebagai berikut.

1. Memupuk minat membaca peserta didik,
2. meningkatkan kemampuan membaca pemahaman,
3. meningkatkan kesiapan peserta didik untuk belajar di kelas/laboratorium,
4. meningkatkan keterampilan peserta didik dalam berkomunikasi baik lisan maupun tulisan,
5. melatih keterampilan peserta didik untuk berkolaborasi dalam kelompok,
6. melatih kreativitas peserta didik menggunakan pengetahuannya untuk menemukan ide penyelidikan, pemecahan masalah, atau proyek yang bertemali dengan kehidupan sehari-hari,
7. meningkatkan efektivitas guru dalam memberikan bantuan pada peserta didik,
8. pembelajaran berpusat pada peserta didik,
9. pembelajaran di kelas lebih ditujukan untuk melatih peserta didik mempelajari hal-hal yang untuk mempelajarinya perlu berinteraksi dengan orang lain,
10. menunjang peningkatan multiliterasi (teknologi, bidang studi seperti sains, komunikasi, bahasa, dan kebudayaan), dan
11. sintak atau langkah-langkah pembelajarannya mudah diingat dan dipahami.

2.1.2 Metode Praktikum

Kata praktikum berasal dari kata *practicu/pratique* (Prancis), *practicus* (Latin), atau *praktikos* (Yunani) yang secara harfiah berarti “aktif” atau *prattein/prassein* (Yunani) yang berarti “mengerjakan”. Menurut Djamarah & Zain dalam Laksito (2017) metode praktikum merupakan proses pembelajaran yang memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengalami sendiri atau melakukan sendiri, mengikuti suatu proses, mengamati suatu objek, menganalisis, membuktikan dan menarik kesimpulan sendiri mengenai suatu objek, keadaan atau proses sesuatu.

Sumantri & Permana dalam Laksito (2017) menyebutkan alasan penggunaan metode praktikum diantaranya, 1) agar peserta didik mampu menyimpulkan fakta-fakta, informasi atau data yang diperoleh. 2) melatih peserta didik merancang, mempersiapkan, melaksanakan dan melaporkan percobaan. 3) melatih peserta didik menggunakan logika berfikir induktif untuk menarik kesimpulan dari fakta, informasi atau data yang terkumpul melalui percobaan.

Praktikum sebagai salah satu metode pembelajaran mempunyai kelebihan dan kekurangan. Zaenudin dalam Laksito (2017) menyebutkan kelebihan penggunaan metode praktikum dalam proses pembelajaran diantaranya sebagai berikut.

1. Dapat melatih keterampilan-keterampilan yang dibutuhkan peserta didik,
2. memberi kesempatan pada peserta didik untuk menerapkan dan mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan yang telah dimiliki sebelumnya secara nyata,
3. membuktikan dan/atau menemukan suatu konsep secara ilmiah (*scientific inquiry*),
4. menghargai ilmu dan keterampilan yang dimiliki.

Selain kelebihan, terdapat kekurangan penggunaan metode praktikum. Sumantri & Permana dalam Laksito (2017) berpendapat bahwa kekurangan metode praktikum diantaranya sebagai berikut.

1. Memerlukan peralatan percobaan yang lengkap.

2. Dapat menghambat laju pembelajaran dalam penelitian yang memerlukan waktu yang lama.
3. Menimbulkan kesulitan bagi pendidik dan peserta didik apabila kurang pengalaman dalam penelitian.
4. Kegagalan dan kesalahan dalam bereksperimen akan berakibat pada kesalahan menyimpulkan.

Dalam penerapannya di kelas eksperimen, model pembelajaran RADEC akan dipadukan dengan metode praktikum. Kegiatan praktikum merupakan bagian penting dari pembelajaran IPA karena praktikum membantu peserta didik mempelajari keterampilan proses dan keterampilan kerja, serta metode yang efektif untuk mencapai tujuan pembelajaran (Candra & Hidayati, 2020). Kegiatan praktikum erat kaitannya dengan keterampilan proses sains, karena melalui kegiatan praktikum peserta didik akan terbiasa untuk mengikuti proses dan melakukan pengamatan yang dapat mengembangkan keterampilan proses sains. Harapannya dengan memadukan aktivitas laboratorium yakni pelaksanaan metode praktikum dan model pembelajaran RADEC dapat memudahkan dalam membantu meningkatkan keterampilan proses sains pada peserta didik. Adapun pelaksanaan praktikum ini akan dilaksanakan secara langsung di laboratorium. Perbedaan model pembelajaran RADEC dengan RADEC dengan metode praktikum yakni terdapat pelaksanaan praktikum pada sintaks *answer* yang dalam pelaksanaannya aktivitas praktikum dirancang oleh peserta didik dengan bimbingan guru mulai dari perencanaan hingga pengambilan kesimpulan.

2.1.3 Keterampilan Proses Sains

Pendekatan pembelajaran tidak hanya menyampaikan pengetahuan tetapi juga menekankan pada proses inkuiri ilmiah. Salah satu pendekatan pembelajaran yang memfasilitasi peserta didik untuk bertindak seperti ilmuwan adalah kegiatan keterampilan proses sains (Çelik, 2022). Keterampilan proses sains adalah sekelompok kemampuan yang digunakan dalam mengarahkan penemuan sebuah konsep, prinsip ataupun teori (Hasanah & Utami, 2017). Selain itu, menurut Isnaini Fajriah dkk. (2017) keterampilan proses sains dapat memfasilitasi peserta didik untuk aktif dalam pembelajaran.

Pendekatan keterampilan proses sains dalam proses pembelajaran mempunyai peranan yang sangat penting untuk mencapai keberhasilan belajar (Lestari & Diana, 2018). Pendidik sains telah menekankan proses sains yang mendasar dan terintegrasi selama beberapa dekade. Keterampilan proses sains diperlukan untuk pembelajaran yang bermakna karena orang harus menemukan, menafsirkan, dan mengevaluasi bukti dalam berbagai situasi dikarenakan pembelajaran berlanjut sepanjang hidup mereka (Karamustafaoğlu, 2011). Berdasarkan beberapa pendapat sebelumnya, peneliti mendefinisikan keterampilan proses sains sebagai keterampilan yang dimanfaatkan untuk memperoleh informasi mengenai fakta, konsep, dan pengembangan dalam pembelajaran sains melalui kerja ilmiah di laboratorium.

Menurut Semiawan dalam Zamista dkk. (2015) terdapat beberapa alasan yang menjadi dasar pentingnya penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran.

- a. Dengan disertai contoh yang konkrit memudahkan proses pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep yang abstrak dan rumit.
- b. Sebagai sarana latihan bagi peserta didik dalam menemukan dan mengembangkan pengetahuan serta konsep baru secara mandiri.
- c. Melatih peserta didik untuk mengembangkan kemampuannya dalam bertanya, berpikir kritis, dan memprediksi suatu permasalahan.
- d. Melatih pengembangan konsep sekaligus pengembangan sikap dalam diri peserta didik.
- e. Sebagai sarana pengembangan sikap ilmiah dalam diri peserta didik.

Menurut Karamustafaoğlu (2011) terdapat dua jenis keterampilan proses, yakni dasar dan terpadu. Keterampilan proses sains dasar memuat indikator mengamati, mengklasifikasi, mengukur, dan memprediksi. Adapun indikator keterampilan proses sains terpadu diantaranya memuat indikator mengidentifikasi dan mendefinisikan variabel, mengumpulkan dan mengubah data, menyusun tabel data dan grafik, mendeskripsikan hubungan antar variabel, menafsirkan data, manipulasi bahan, merekam data, merumuskan hipotesis, merancang penyelidikan, menarik kesimpulan, dan menggeneralisasi.

Adapun menurut Zubaidah dkk. (2014) menggolongkan keterampilan proses sains menjadi keterampilan proses sains dasar (*basic skills*) dan keterampilan proses sains terintegrasi (*integrated skills*). Keterampilan proses sains dasar terdiri dari: mengamati, menggolongkan, mengukur, mengomunikasikan, menginterpretasi data, memprediksi, menggunakan alat, melakukan percobaan dan menyimpulkan serta keterampilan proses sains terintegrasi meliputi: merumuskan masalah, mengidentifikasi variabel, mendeskripsikan hubungan antar variabel, mengendalikan variabel, merumuskan hipotesis, merancang penelitian, melakukan percobaan, menyajikan data dan menganalisis data.

Funk dalam Dimiyati & Mudjiono (2015) menyebutkan bahwa terdapat dua kategori keterampilan proses sains yakni keterampilan-keterampilan dasar atau *basic skills* dan keterampilan-keterampilan terintegrasi atau *integrated skills*. *Basic skills* terdiri dari mengamati/observasi, mengukur, mengklasifikasi, memprediksi, mengkomunikasikan, dan menyimpulkan. Adapun *integrated skills* memuat keterampilan mengidentifikasi variabel, membuat tabulasi data, menyajikan data dalam bentuk grafik, menggambarkan hubungan antar variabel, menyimpulkan dan mengolah data, menganalisa penelitian, menyusun hipotesis, mengidentifikasi variabel secara operasional, merancang penelitian, dan melaksanakan eksperimen.

Berdasarkan hasil tes keterampilan proses sains pada studi pendahuluan dengan fakta bahwa tingkat keterampilan proses sains peserta didik berada pada 49,76% dan tergolong sangat rendah, sehingga sebelum melatih keterampilan proses sains terintegrasi perlu meningkatkan keterampilan proses sains dasar terlebih dahulu. Adapun pada penelitian ini keterampilan proses sains dasar yang akan diteliti dibatasi pada beberapa keterampilan proses sains dasar (*basic skills*) menurut Funk dalam Dimiyati & Mudjiono (2015) yakni keterampilan mengamati, mengklasifikasi, mengukur, memprediksi, mengkomunikasikan, dan menyimpulkan yang secara rinci untuk setiap aspek sebagai berikut.

a. Mengamati

Keterampilan mengamati adalah keterampilan paling dasar untuk memperoleh ilmu pengetahuan dan menjadi pondasi utama dalam mengembangkan keterampilan proses yang lainnya. Hasil dari pengamatan panca indra berupa respon

pengamat terhadap berbagai objek ataupun fenomena alam yang dapat bersifat kualitatif atau kuantitatif. Pengamatan yang bersifat kualitatif hanya melibatkan panca indra sedangkan pengamatan kuantitatif, selain menggunakan pancaindra dibantu juga dengan alat yang memberikan hasil pengamatan khusus dan tepat.

b. Mengukur

Mengukur merupakan proses membandingkan hal yang diukur menggunakan satuan ukuran tertentu atau disebut sebagai alat ukur yang telah ditetapkan. Keterampilan mengukur menjadi pendukung dalam observasi kuantitatif dan mengklasifikasikan.

c. Mengklasifikasi

Keterampilan mengklasifikasi digunakan untuk mengetahui sebagian besar objek, fenomena dan segala hal yang berada di lingkungan berdasarkan golongan yang ditentukan dari persamaan, perbedaan, hubungan, ataupun kesesuaian dari suatu tujuan pengelompokan. Mengklasifikasikan dalam keterampilan proses merupakan keterampilan untuk memilih berbagai objek atau peristiwa menjadi beberapa kelompok berdasarkan sifat-sifat khususnya.

d. Memprediksi

Memprediksi merupakan proses membuat dugaan terhadap sesuatu yang akan terjadi pada masa depan berdasarkan perkiraan pada kecenderungan tertentu, atau hubungan antara fakta, teori dan konsep dalam ilmu pengetahuan.

e. Mengkomunikasikan

Keterampilan mengkomunikasikan merupakan keterampilan untuk mengungkapkan atau mendapat fakta, teori atau prinsip ilmu pengetahuan berupa audio, visual, dan audio visual seperti grafik, bagan, lambang, ataupun diagram. Contoh kegiatan dari keterampilan mengkomunikasikan adalah mendiskusikan suatu masalah, dan membuat laporan.

f. Menyimpulkan

Menyimpulkan merupakan keterampilan untuk mengambil suatu keputusan dari keadaan suatu objek atau peristiwa berdasarkan fakta, teori atau prinsip ilmu pengetahuan yang diketahui.

2.1.4 Keterkaitan Model Pembelajaran RADEC dengan Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains merupakan keterampilan yang dimanfaatkan untuk memperoleh informasi mengenai fakta, konsep, dan pengembangan dalam pembelajaran sains melalui kerja ilmiah di laboratorium. Peserta didik dapat mempelajari suatu mata pelajaran secara langsung melalui kerja ilmiah di laboratorium atau praktikum, sehingga partisipasi aktif peserta didik sangat dibutuhkan dalam proses pembelajaran.

Dalam proses pemecahan masalah secara ilmiah, salah satu unsur terpenting adalah partisipasi aktif peserta didik. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, peserta didik dapat menerapkan keterampilan proses sains yang dimilikinya. Model pembelajaran RADEC digunakan bersamaan dengan metode praktikum berlandaskan pada belajar konstruktivisme yang menuntut partisipasi aktif peserta didik agar dapat memberikan pengalaman langsung dalam belajar, guna meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik.

Model pembelajaran RADEC memuat lima tahapan pembelajaran yakni *read* (membaca), *answer* (menjawab), *discuss* (berdiskusi), *explain* (menjelaskan), *create* (membuat). Kelima sintaks ini secara positif sesuai dan masuk akal untuk mengembangkan keterampilan proses sains lebih lanjut. Berdasarkan hasil sintesa peneliti, berikut tabel keterkaitan model pembelajaran RADEC dalam meningkatkan keterampilan proses sains.

Tabel 2.2 Keterkaitan Model Pembelajaran RADEC dengan Indikator KPS

Sintaks Model Pembelajaran RADEC	Indikator Keterampilan Proses Sains
<i>Read</i>	• Mengamati
<i>Answer</i>	• Mengukur
<i>Discuss</i>	• Mengklasifikasi • Memprediksi
<i>Explain</i>	• Mengkomunikasikan
<i>Create</i>	• Menyimpulkan

2.1.5 Materi Suhu dan Kalor

Salah satu konsep Fisika yang sering ditemukan pada kehidupan sehari-hari adalah hubungan antara suhu dan kalor. Contohnya seperti kabel listrik yang

tampak kendur di saat matahari terik dan kencang di malam hari, ban mobil yang meledak setelah terlalu lama terkena sinar matahari langsung, minuman panas yang dapat menjadi hangat jika dicampur dengan air dingin, bahkan salah satu dari panca indra yang dimiliki manusia yaitu indra peraba. Topik suhu dan kalor adalah tentang berapa banyak panas yang dimiliki benda dan bagaimana energi ditransfer ketika bersentuhan satu sama lain pada suhu yang berbeda. Terdapat empat sub materi dari bab suhu dan kalor yaitu suhu, pemuaian, kalor, dan perpindahan kalor.

a. Suhu

Suhu merupakan kuantitas yang menunjukkan tingkat kehangatan suatu benda berdasarkan standar tertentu (Hewitt, 2015). Kehangatan tersebut diperoleh dari energi kinetik rata-rata partikel individu. Sehingga Esvandiar (2006) mendefinisikan suhu sebagai ukuran energi kinetik rata-rata partikel dalam suatu benda. Sebuah benda akan terasa lebih panas jika disentuh pada keadaan benda bersuhu yang lebih tinggi karena molekul penyusunnya mengalami getaran yang lebih cepat, sehingga partikelnya memiliki energi lebih besar, dan partikel-partikel ini akan berpindah ke tangan saat disentuh sehingga membuat tangan terasa lebih panas (Abdullah, 2016).

Suhu termasuk dalam tujuh besaran pokok Fisika dengan satuan SI berupa Kelvin (K). Suhu dapat diukur menggunakan alat yang disebut sebagai termometer dan dinyatakan dalam satuan derajat ($^{\circ}$). Termometer adalah tabung kaca berskala yang berisi cairan. Cairan tabung memuai pada suhu yang lebih tinggi, menghasilkan pembacaan skala yang lebih tinggi. Sebaliknya cairan tabung menyusut pada suhu yang lebih rendah menghasilkan angka skala yang lebih kecil (Purwanto & Azam, 2014). Skala merupakan batas-batas yang berupa garis atau titik yang berurutan memiliki jarak yang sama dan dimanfaatkan sebagai sumber perspektif untuk hasil pengukuran. Skala suhu dapat diperoleh dengan mengatur dua suhu yang berbeda pada termometer. Kedua suhu tersebut harus memenuhi dua persyaratan: nilainya tidak boleh berfluktuasi dan harus mudah dibuat kapan saja di berbagai lokasi. Adapun skala termometer yang sering digunakan terdapat empat jenis.

1) Skala Celcius

Pada skala Celsius, titik tetap bawah ditetapkan dari suhu es murni yang mencair dan diberi nilai 0°C , sedangkan titik tetap atas ditetapkan dari suhu air murni saat mendidih dan diberi nilai 100°C . Dua titik tetap tersebut diambil dalam keadaan tekanan udara sebesar 1 atm (76 cmHg). Skala termometer celcius dibagi ke dalam 100 bagian, dengan masing-masing bagian mewakili 1°C (Purwanto & Azam, 2014).

2) Skala Fahrenheit

Nilai suhu es murni mencair pada skala Fahrenheit yaitu sebesar 32°F dan suhu air murni dalam keadaan mendidih adalah 212°F (Purwanto & Azam, 2014). Skala Fahrenheit memiliki perbedaan titik tetap bawah dan atas sebesar 180°F .

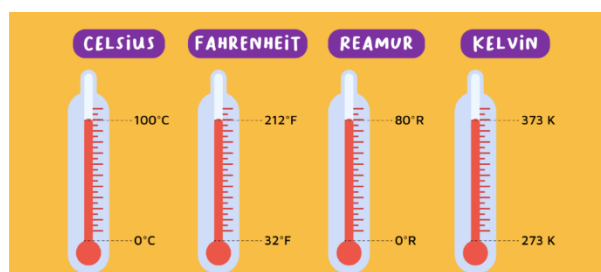
3) Skala Reamur

Nilai suhu es murni mencair pada skala Reamur yaitu sebesar 0°R suhu air murni mendidih adalah 80°R (Purwanto & Azam, 2014). Skala Reamur memiliki perbedaan titik tetap bawah dan atas sebesar 80°R .

4) Skala Kelvin

Pada skala Kelvin, titik tetap bawah diambil dari suhu ketika partikel-partikel dari suatu zat di alam semesta berhenti bergerak yang kemudian ditetapkan sebagai nol derajat mutlak atau disebut juga sebagai nol Kelvin. Suhu es murni mencair pada skala Kelvin diberi nilai 273 K dan suhu air murni dalam keadaan mendidih diberi nilai sebesar 373 K (Abdullah, 2016).

Adapun dari keempat skala suhu tersebut dapat dilihat hubungannya seperti skema pada gambar berikut.



Gambar 2.1 Perbandingan Skala Suhu (Zahrani, 2021)

Berdasarkan Gambar 2.1 diperoleh perbandingan skala Celcius (C), Fahrenheit (F), Reamur (R) sebagai berikut.

$$C : F : R = 100 : 180 : 80$$

$$C : F : R = 5 : 9 : 4 \quad (1)$$

Pada titik tetap bawah berlaku persamaan

$$0^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{F} = 0^{\circ}\text{R} \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (1) dan (2) diperoleh persamaan

$$C : (F - 32) : R = 5 : 9 : 4 \quad (3)$$

Dari persamaan (3) dapat diperoleh beberapa hubungan sebagai berikut.

1. Hubungan Skala Celcius (C) dengan Fahrenheit (F)

$$C : (F - 32) = 5 : 9 \text{ maka } C = \frac{5}{9}(F - 32) \text{ atau } F = \frac{9}{5}C + 32 \quad (4)$$

2. Hubungan Skala Celcius (C) dengan Reamur (R)

$$C : R = 5 : 4 \text{ maka } C = \frac{5}{4}R \text{ atau } R = \frac{4}{5}C \quad (5)$$

3. Hubungan Skala Reamur (R) dengan Fahrenheit (F)

$$R : (F - 32) = 4 : 9 \text{ maka } R = \frac{4}{9}(F - 32) \text{ atau } F = \frac{9}{4}R + 32 \quad (6)$$

4. Hubungan Skala Celcius (C) dengan Kelvin (K)

Dengan panjang skala Celcius dan Kelvin yang sama, sehingga perbandingannya adalah $C : K = 1 : 1$. Mengingat $0^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$ dan $100^{\circ}\text{C} = 373 \text{ K}$, maka hubungan keduanya dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$C = K - 273 \text{ atau } K = C + 273 \quad (7)$$

Keempat persamaan dari hubungan skala termometer yang satu dengan yang lainnya dapat digunakan untuk melakukan konversi skala suhu. Secara keseluruhan dapat disimpulkan perbandingannya dalam persamaan berikut.

$$C : (F - 32) : R : (K - 273)$$

$$100 : 180 : 80 : 100$$

$$5 : 9 : 4 : 5 \quad (8)$$

b. Pemuaian

Pemuaian merupakan keadaan bertambahnya ukuran suatu benda karena adanya kenaikan suhu. Dengan sedikit pengecualian, sebagian banyak zat ketika dipanaskan akan mengalami pemuaian dan ketika didinginkan akan mengalami

penyusutan (Hewitt, 2015). Molekul adalah penyusun setiap zat. Molekul selalu bergerak. Jika suhu naik, energi gerak setiap molekul akan meningkat. Akibatnya, ada lebih banyak ruang untuk gerak molekuler. Objek akan lebih mudah mengembang jika ada lebih banyak ruang untuk gerakan molekuler aturan umum benda memuai saat dipanaskan. Sebaliknya ketika suhu turun, sedikit pula energi yang dibutuhkan molekul untuk bergerak. Akibatnya, ada sedikit ruang untuk gerakan molekuler. Benda menyusut karena ada sedikit ruang bagi molekul untuk bergerak. Akibatnya, benda biasanya akan menyusut saat suhu turun (Purwanto & Azam, 2014). Secara umum terdapat tiga jenis pemuaian.

1) Pemuaian Panjang

Sebagaimana definisi pemuaian sebelumnya, dapat didefinisikan bahwa pemuaian panjang yaitu keadaan bertambahnya panjang suatu benda karena adanya kenaikan suhu. Pemuaian panjang terjadi pada benda yang memiliki bentuk memanjang seperti batang. Pertambahan panjang benda tiap satuan panjang per satu satuan suhu disebut koefisien muai panjang yang dilambangkan dengan alfa (α), secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Purwanto & Azam, 2014).

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \quad (9)$$

dengan,

α = koefisien muai panjang benda ($^{\circ}\text{C}$)

ΔL = pertambahan panjang benda (m)

L_0 = panjang mula-mula benda (m)

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

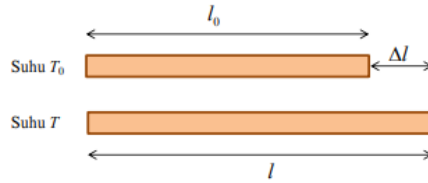
Dari persamaan (9) dapat mencari pertambahan panjang benda dengan persamaan berikut.

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \quad (10)$$

Jika panjang benda setelah memuai dilambangkan dengan L_T , maka

$$\begin{aligned} L_T &= L_0 + \Delta L \\ L_T &= L_0 + L_0 \alpha \Delta T \\ L_T &= L_0 (1 + \alpha \Delta T) \end{aligned} \quad (11)$$

Berikut ilustrasi pemuaian panjang benda pada suhu awal (T_0) dan suhu setelah pemuaian (T).



Gambar 2.2 Pemuaian Panjang (Abdullah, 2016)

2) Pemuaian Luas

Pemuaian luas terjadi pada benda yang berbentuk seperti bangun datar sehingga pertambahan ukuran terjadi pada panjang dan lebar benda tersebut. Pertambahan luas benda tiap satuan luas per satu satuan suhu disebut koefisien muai luas yang dilambangkan dengan beta (β), dengan nilai β sama dengan dua kali nilai α secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Purwanto & Azam, 2014).

$$\beta = 2\alpha \quad (12)$$

Dengan persamaan untuk mencari pertambahan luas berikut

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T \quad (13)$$

sehingga jika luas benda setelah memuai dilambangkan dengan A_T , maka

$$\begin{aligned} A_T &= A_0 + \Delta A \\ A_T &= A_0 + A_0 \beta \Delta T \\ A_T &= A_0 (1 + \beta \Delta T) \end{aligned} \quad (14)$$

Keterangan:

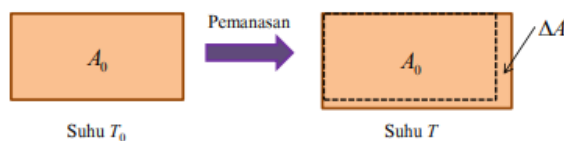
β = koefisien muai luas benda ($1/^\circ\text{C}$)

ΔA = pertambahan luas benda (m^2)

A_0 = luas mula-mula benda (m^2)

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

Berikut ilustrasi pemuaian luas benda pada suhu awal (T_0) dan suhu setelah pemuaian (T).



Gambar 2.3 Pemuaian Luas (Abdullah, 2016)

3) Pemuaiian Volume

Pemuaiian volume terjadi pada benda berdimensi tiga yakni benda yang memiliki panjang, lebar dan tinggi. Pertambahan ukuran pada pemuaiian volume terjadi pada panjang, lebar dan tinggi suatu benda. Jika α merupakan lambang dari koefisien muai panjang, β sebagai lambang koefisien muai luas, maka koefisien muai volume dilambangkan dengan γ . Dengan persamaan untuk mencari pertambahan volume sebagai berikut.

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \quad (15)$$

Jika volume benda setelah memuai dilambangkan dengan V_T , maka

$$V_T = V_0 + \Delta V$$

$$V_T = V_0 + V_0 \gamma \Delta T$$

$$V_T = V_0 (1 + \gamma \Delta T) \quad (16)$$

$$\text{Dengan } \gamma = \frac{2}{3} \beta = 3\alpha \quad (17)$$

Keterangan :

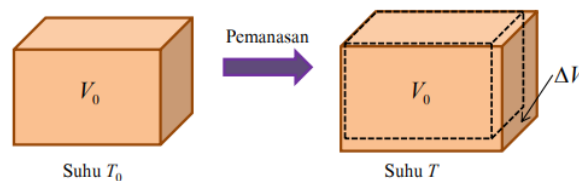
γ = koefisien muai volume benda ($^{\circ}\text{C}$)

ΔV = pertambahan volume benda (m^3)

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

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

Berikut ilustrasi pemuaiian volume benda pada suhu awal (T_0) dan suhu setelah pemuaiian (T).



Gambar 2.4 Pemuaiian Volume (Abdullah, 2016)

Koefisien muai benda memiliki nilai yang berbeda-beda, berikut tabel nilai koefisien muai panjang dan volume beberapa benda atau zat.

Tabel 2.3 Koefisien Pemuaiian pada 20°C (Purwanto & Azam, 2014)

Benda atau Zat	Koefisien Muai Panjang	Koefisien Muai Volume
Padat Alumunium	$25 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$	$75 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})^{-1}$

Benda atau Zat	Koefisien Muai Panjang	Koefisien Muai Volume
Kuningan	$19 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$56 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Besi atau Baja	$12 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$35 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Timah Hitam	$29 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$87 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Kaca (<i>pyrex</i>)	$3 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$9 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Kaca (biasa)	$9 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$27 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Kwarsa	$0,4 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$1 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Beton dan Bata	$\approx 12 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$\approx 36 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Marmer	$1,4 - 3,5 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$	$4 - 10 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Cair		
Bensin		$950 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Air Raksa		$180 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Alkohol		$1100 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Gliserin		$500 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Air		$210 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$
Gas		
Udara (pada tekanan atmosfer)		$3400 \times 10^{-6} (\text{°C})^{-1}$

c. Kalor

Kalor merupakan energi yang mengalir dari zat yang bersuhu tinggi ke zat yang bersuhu lebih rendah dengan satuan kalori atau joule (Hewitt, 2015). 1 kalori setara dengan 4,2 joule atau 1 joule setara dengan 0,24 kalori dan 1 kilokalori setara dengan $4,2 \times 10^3$ joule (Purwanto & Azam, 2014).

1) Kalor Jenis

Kalor jenis merupakan banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg zat sebesar 1°C. Suhu suatu benda dapat naik, turun, berubah bentuk, bergantung pada seberapa banyak panas yang ada di dalamnya. Jika suatu benda terkena panas, suhunya akan naik. Sebaliknya jika melepaskan kalor maka suhunya akan turun. Berapa banyak intensitas yang didapat oleh suatu benda sesuai dengan berapa banyak kenaikan atau penurunan suhunya. Berikut ini hubungan matematis antara jumlah kalor dan kenaikan suhu (Purwanto & Azam, 2014).

$$Q = m c \Delta T \quad (18)$$

Dari persamaan (18) dapat diperoleh persamaan untuk mencari kalor jenis seperti berikut.

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (19)$$

dengan keterangan :

Q = banyak kalor yang dibutuhkan (kal atau joule)

m = massa zat (kg)

c = kalor jenis zat ($J/kg^{\circ}C$ atau $kal/g^{\circ}C$)

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

2) Kapasitas Kalor

Kapasitas kalor adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu sebesar $1^{\circ}C$ (Tan, 2018). Kemampuan suatu benda atau zat untuk menerima atau melepaskan kalor hingga mencapai titik dimana ia dapat menaikkan atau menurunkan suhunya sebesar $1^{\circ}C$ atau $1 K$ disebut juga kapasitas kalor. Kapasitas kalor dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$Q = C\Delta T \quad (20)$$

Dari persamaan (20) dapat diperoleh persamaan untuk mencari kapasitas kalor seperti berikut.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (21)$$

dengan keterangan :

Q = banyak kalor yang dibutuhkan (kal atau joule)

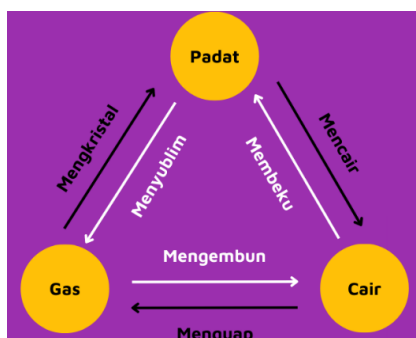
C = kapasitas kalor ($j/^{\circ}C$ atau $kal/^{\circ}C$)

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

3) Perubahan Wujud Zat

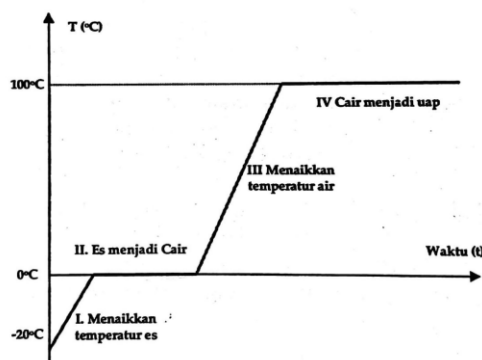
Kalor yang diserap zat dapat menaikkan suhu dan dapat digunakan untuk mengubah wujud zat. Tiga jenis zat pada Fisika yaitu: gas, cair, dan padat. Jika suatu zat menyerap sejumlah panas dan mempertahankan tekanan konstan, ia dapat mengalami transisi antar wujud zat. Misalnya, ketika air dipanaskan sampai suhu tertentu, ia dapat berubah dari wujud padat (es) menjadi wujud cairnya (air). Proses ini dikenal dengan peleburan, dan proses sebaliknya disebut pembekuan. Saat dipanaskan ke suhu yang lebih tinggi, air dapat berubah menjadi uap air (gas) atau disebut sebagai penguapan; namun, kapur barus dan es kering, di antara padatan lainnya, tidak harus melalui fase cair sebelum menjadi uap; proses ini disebut sebagai sublimasi. Pergeseran aktivitas dan perilaku molekul zat memicu proses ini.

Secara molekuler, proses penguapan air menjadi uap air, misalnya, terjadi ketika zat menerima kalor. Hal ini menyebabkan peningkatan energi kinetik molekul air, yang digunakan untuk memecah gaya tarik menarik yang ada di antara molekul, menyebabkan molekul air meregang dan menjadi uap (Ishaq, 2007). Proses perubahan wujud zat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5 Perubahan Wujud Zat (Writer, 2023)

Perubahan fase dapat terjadi karena berbagai alasan, termasuk panas dan kenaikan suhu dalam tekanan air atau komponen lain. Misalnya, pencairan es menjadi air (cair) terjadi pada suhu 100°C , tetapi juga menguap pada suhu tersebut ketika tekanan 1 atm .



Gambar 2.6 Proses Perubahan Es -20°C menjadi Uap (Purwanto & Azam, 2014)

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa proses perubahan es dengan suhu awal sebesar -20°C hingga menjadi uap terdapat empat tahapan dengan menggunakan persamaan berikut.

- Tahap I kalor untuk menaikkan suhu es

$$Q_I = m c \Delta T \quad (22)$$

- b. Tahap II kalor untuk mencairkan es

$$Q_{II} = m H_f \quad (23)$$

- c. Tahap III kalor untuk menaikkan temperatur air

$$Q_{III} = m c \Delta T \quad (24)$$

- d. Tahap IV kalor untuk menguapkan air

$$Q_{IV} = m H_f \quad (25)$$

Keterangan:

H_f = kalor lebur (kJ/kg)

4) Asas Black

Kalor atau energi panas adalah jenis energi, sehingga berlaku hukum kekekalan energi panas. Jika dua benda dengan suhu berbeda disatukan atau dicampur, benda dengan suhu lebih tinggi akan melepaskan kalor dan benda dengan suhu lebih rendah akan menyerap kalor. Kalor yang dilepaskan sama dengan kalor yang diserap, konsep ini dikenal dengan Asas Black. Bunyi Asas Black 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”

Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut (Purwanto & Azam, 2014).

$$Q_{serap} = Q_{lepas} \quad (26)$$

$$m_1 c_1 \Delta T_1 = m_2 c_2 \Delta T_2 \quad (27)$$

$$m_1 c_1 (T_1 - T_a) = m_2 c_2 (T_2 - T_a) \quad (28)$$

Keterangan :

m_1 = massa zat pertama (kg)

c_1 = kalor jenis zat pertama (j/kg°C atau kal/g°C)

ΔT_1 = perubahan suhu zat pertama (°C)

T_1 = suhu mula-mula zat pertama (°C)

T_a = suhu akhir setelah mencapai kesetimbangan (°C)

m_2 = massa zat kedua (kg)

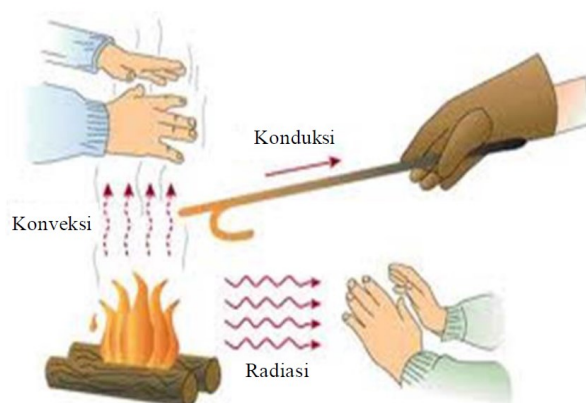
c_2 = kalor jenis zat kedua (j/kg°C atau kal/g°C)

ΔT_2 = perubahan suhu zat kedua (°C)

T_2 = suhu mula-mula zat kedua (°C)

d. Perpindahan Kalor

Kalor dapat berpindah melalui zat padat, cair, dan gas, bahkan dapat merambat melalui ruang hampa. Terdapat tiga jenis perpindahan kalor.



Gambar 2.7 Ilustrasi Tiga Jenis Perpindahan Kalor (Anonim, 2016)

1) Konduksi

Konduksi adalah pertukaran intensitas kalor yang dimulai dari satu titik ke titik berikutnya melalui benda. Namun selama intensitasnya bergerak, tidak ada bagian dari partikel atau atom yang membentuk item tersebut yang bergerak. Pergerakan elektron dan getaran atom padat di sekitar posisi kesetimbangannya adalah dua faktor yang menyebabkan peristiwa konduksi. Bahan logam adalah satu-satunya yang dapat mentransfer panas melalui konduksi dari migrasi elektron. Padatan menunjukkan perpindahan panas berbasis konduksi. Misalnya, ujung besi yang berlawanan juga akan memanaskan saat salah satu ujungnya dipanaskan. Ini karena intensitas perpindahan dari ujung panas ke ujung lainnya. Tidak ada bagian yang bergerak di sini yang terbuat dari besi. Bagian atas atau pinggir panci juga ikut panas saat bagian bawah panci dipanaskan. Ini terjadi karena panas berpindah dari dasar panci ke bagian lain. Panci tidak memiliki bagian yang bergerak. Pengukuran kemampuan suatu zat untuk mentransfer panas disebut konduktivitas termal.

Laju konduksi kalor bahan memenuhi persamaan berikut (Abdullah, 2016).

$$H = \frac{Q}{t} = k \frac{A\Delta T}{L} \quad (29)$$

Keterangan:

$$H = \text{laju aliran kalor } (Js^{-1})$$

- Q = kalor yang dialirkan (J)
 t = waktu (s)
 k = konduktivitas termal bahan ($J s^{-1} m^{-1} \text{°C}^{-1}$)
 A = luas penampang bahan (m^2)
 ΔT = selisih suhu dari kedua ujung benda (°C)
 L = kalor jenis zat kedua ($J/kg\text{°C}$ atau $kal/g\text{°C}$)

Berikut tabel konduktivitas termal dari beberapa bahan.

Tabel 2.4 Konduktivitas Termal (k) (Giancoli, 2001)

Zat	Konduktivitas Termal	
	$k\text{kal/s m}^{\text{°C}}$	$J/s m^{\text{°C}}$
Perak	10×10^{-2}	420
Tembaga	$9,2 \times 10^{-2}$	380
Alumunium	$5,0 \times 10^{-2}$	200
Baja	$1,1 \times 10^{-2}$	40
Es	5×10^{-4}	2
Gelas (biasa)	$2,0 \times 10^{-4}$	0,84
Batu bata dan beton	$2,0 \times 10^{-4}$	0,84
Air	$1,4 \times 10^{-4}$	0,56
Jaringan tubuh manusia (tanpa darah)	$0,5 \times 10^{-4}$	0,2
Kayu	$0,2 - 0,4 \times 10^{-4}$	0,08-0,16
Isolator <i>fiberglass</i>	$0,12 \times 10^{-4}$	0,048
Gabus dan serat kaca	$0,1 \times 10^{-4}$	0,042
Wol	$0,1 \times 10^{-4}$	0,040
Bulu angsa	$0,06 \times 10^{-4}$	0,025
Busa polyurethane	$0,06 \times 10^{-4}$	0,024
Udara	$0,55 \times 10^{-4}$	0,023

2) Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor yang disebabkan oleh pergerakan partikel di antara dua zat yang disertai pergerakan partikel. Perpindahan kalor secara konveksi terjadi pada fluida seperti udara dan air. Ada dua cara air atau udara bergerak, baik secara alami atau melalui paksaan. Air yang mengalir secara vertikal dan terjadinya angin darat dan laut merupakan contoh konveksi alami. Contoh konveksi paksa adalah naiknya air karena disedot dengan pompa air dan masuknya udara ke dalam ban melalui pompa. Laju perambatan kalor secara konveksi sebanding dengan luas daerah yang dilalui dan perbedaan suhu antara dua titik

fluida. Secara matematis, hubungan itu dirumuskan sebagai berikut (Abdullah, 2016).

$$H = hA\Delta T \quad (30)$$

Keterangan:

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

h = konduktivitas konveksi termal bahan ($J s^{-1} m^{-1} \text{°C}^{-1}$)

A = luas penampang bahan (m^2)

ΔT = selisih suhu dari kedua ujung benda (°C)

3) Radiasi

Ruang hampa membatasi jarak antara bumi dan matahari. Vakum dapat dilalui oleh panas. Hal ini menunjukkan bahwa sinar matahari mampu mencapai Bumi. Radiasi adalah metode perpindahan panas melalui ruang hampa. Dalam hal ini, gelombang elektromagnetik adalah sarana pelepasan panas. Oleh karena itu, gelombang elektromagnetik mampu melintasi ruang hampa. Gelombang elektromagnetik membawa panas dari benda panas apa pun. Suhu mempengaruhi panjang gelombang dan frekuensi gelombang elektromagnetik yang dilepaskan. Gelombang elektromagnetik dapat diserap, dipantulkan, atau diserap sebagian dan dipantulkan sebagian ketika mengenai suatu benda. Namun, sebagai aturan umum, jika mengenai suatu benda, sebagian dari gelombang elektromagnetik akan dikonsumsi dan sebagian akan dipantulkan. Jika suatu benda berwarna hitam, ia akan menyerap semua gelombang elektromagnetik, dan jika berkilau, ia akan memantulkannya.

Benda yang mampu menyerap atau memancarkan gelombang elektromagnetik tanpa celah dikenal sebagai benda hitam. Karena tidak ada yang namanya benda hitam sempurna, nilai emisivitas suatu benda ditentukan oleh jenisnya. Selalu ada kesetimbangan termal antara benda dan lingkungannya. Jika suhu lebih tinggi dari faktor lingkungan, benda tersebut melepaskan panas. Sebaliknya, benda akan menyerap kalor jika suhunya lebih rendah dari lingkungan sekitarnya. Rumus berikut menjelaskan jumlah energi yang diserap atau dilepaskan oleh benda (Purwanto & Azam, 2014):

$$W = e(T_b - T_l)^4 \quad (31)$$

Keterangan:

W = energi yang dipancarkan per satuan waktu setiap satuan luas
(*watt/m²*)

e = emisivitas benda ($0 < e < 1$)

T_b = suhu mutlak benda (K)

T_l = suhu mutlak lingkungan (K)

2.2 Hasil yang Relevan

Penelitian dengan judul “Implementasi Model Pembelajaran *Read-Answer-Discuss-Explain-Create* (RADEC) dengan Metode Praktikum dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik Pada Materi Suhu dan Kalor” yang akan dilaksanakan relevan dengan beberapa hasil penelitian berikut.

2.2.1 Wahyuni dkk. (2022) dalam artikelnya yang berjudul “Perbandingan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar IPA melalui Model Pembelajaran RADEC dan *Discovery Learning* Siswa Kelas V UPT SPF SDN Parang Tambung I Makassar” menyatakan bahwa hasil keterampilan proses sains dan hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran RADEC berbeda signifikan secara statistik dibandingkan dengan siswa yang menggunakan model pembelajaran *Discovery Learning*. Setelah mendapat perlakuan, rata-rata skor keterampilan proses sains siswa pada kelas eksperimen yang menggunakan model pembelajaran RADEC sebesar 85,52 poin lebih tinggi dibandingkan rata-rata skor keterampilan proses sains siswa pada kelas kontrol yang hanya sebesar 81,29 poin dengan menggunakan model pembelajaran *Discovery Learning*. Sementara itu, hasil belajar kelas eksperimen lebih tinggi sekitar 84,66 dibandingkan skor rata-rata kelas kontrol sebesar 81,07. Peneliti mengadaptasi model pembelajaran RADEC sebagai variabel bebas dan keterampilan proses sains sebagai variabel terikatnya. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan terdapat pada subjek penelitian yang akan diterapkan. Penelitian ini

diterapkan pada siswa tingkat sekolah dasar, sedangkan penelitian yang dilakukan diterapkan pada siswa tingkat sekolah menengah atas.

- 2.2.2 Pratama dkk. (2020) dalam artikelnya yang berjudul “Pengaruh Model Pembelajaran RADEC terhadap Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Sekolah Dasar” memperoleh kesimpulan bahwa model pembelajaran RADEC lebih berpengaruh positif terhadap HOTS dibandingkan dengan model pembelajaran inkuiri. Dari penelitian ini peneliti mengadaptasi variabel bebas yakni model pembelajaran RADEC, adapun variabel terikat dan subjek penelitiannya berbeda. Penelitian ini meninjau peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi sebagai variabel terikat dan siswa sekolah dasar sebagai subjek penelitian sedangkan penelitian yang akan dilakukan meninjau peningkatan keterampilan proses sains dan peserta didik sekolah menengah atas sebagai subjek penelitian.
- 2.2.3 Nurjannah dkk. (2023) dalam artikelnya yang berjudul “Penerapan Model *Read, Answer, Discuss, Explain, Create* (RADEC) Terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Pada Pembelajaran IPA di Kelas V SD” menyimpulkan bahwa terdapat peningkatan kemampuan berpikir kreatif siswa dalam penerapan model RADEC (*Read, Answer, Discuss, Explain, Create*) pada pembelajaran IPA kelas V SD Negeri 88 Palembang yang didapat dari nilai *pretest* dan *posttest* kelas kontrol maupun eksperimen. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji hipotesis yaitu nilai sig = 0,000 lebih kecil dari alpha (α) = 0,05 sehingga penerapan model RADEC berpengaruh secara signifikan. Dari penelitian ini peneliti mengadaptasi variabel bebas yakni model pembelajaran RADEC, sedangkan variabel terikat dan subjek penelitiannya berbeda. Penelitian ini meninjau peningkatan keterampilan berpikir kreatif sebagai variabel terikat dan siswa sekolah dasar sebagai subjek penelitian sedangkan penelitian yang akan dilakukan meninjau peningkatan keterampilan proses sains dan peserta didik sekolah menengah atas sebagai subjek penelitian.
- 2.2.4 Suleman dkk. (2023) dalam artikelnya yang berjudul “Penerapan Model Pembelajaran RADEC dalam Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik

pada Pembelajaran IPA” menyebutkan bahwa penerapan model pembelajaran RADEC dapat meningkatkan hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran IPA kelas V SDN 15 Limboto Barat Kabupaten Gorontalo. Hal ini terbukti dengan adanya peningkatan hasil pembelajaran dari siklus I ke siklus II sebesar 27 %. Dari penelitian ini peneliti mengadaptasi variabel bebas yakni model pembelajaran RADEC, namun variabel terikat, subjek penelitian, jenis penelitian yang digunakan berbeda. Penelitian ini meninjau peningkatan hasil belajar siswa sebagai variabel terikat, siswa sekolah dasar sebagai subjek penelitian, dan termasuk pada jenis penelitian tindakan kelas (PTK) sedangkan penelitian yang akan dilakukan meninjau peningkatan keterampilan proses sains, peserta didik sekolah menengah atas sebagai subjek penelitian, dan termasuk pada jenis penelitian eksperimen.

- 2.2.5 Agustina (2018) dalam penelitiannya dengan judul “Penerapan Model *Problem Solving Laboratory* untuk meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik pada Materi Suhu dan Kalor” menyatakan bahwa hasil uji hipotesis terbukti adanya peningkatan keterampilan proses sains peserta didik setelah penerapan model pembelajaran *Problem Solving Laboratory* pada materi suhu dan kalor. Dari penelitian ini peneliti mengadaptasi variabel terikat dan materi yang akan diajarkan yakni keterampilan proses sains dan materi suhu dan kalor. Adapun variabel bebas dan desain penelitian yang digunakan tentunya berbeda. Dalam penelitian ini menerapkan model pembelajaran *Problem Solving Laboratory* dan desain penelitian *one-group pretest-posttest design*, sedangkan penelitian yang akan dilakukan menerapkan model pembelajaran *Read-Answer-Discuss-Explain-Create* (RADEC) dan desain penelitian *nonequivalent control group design*.

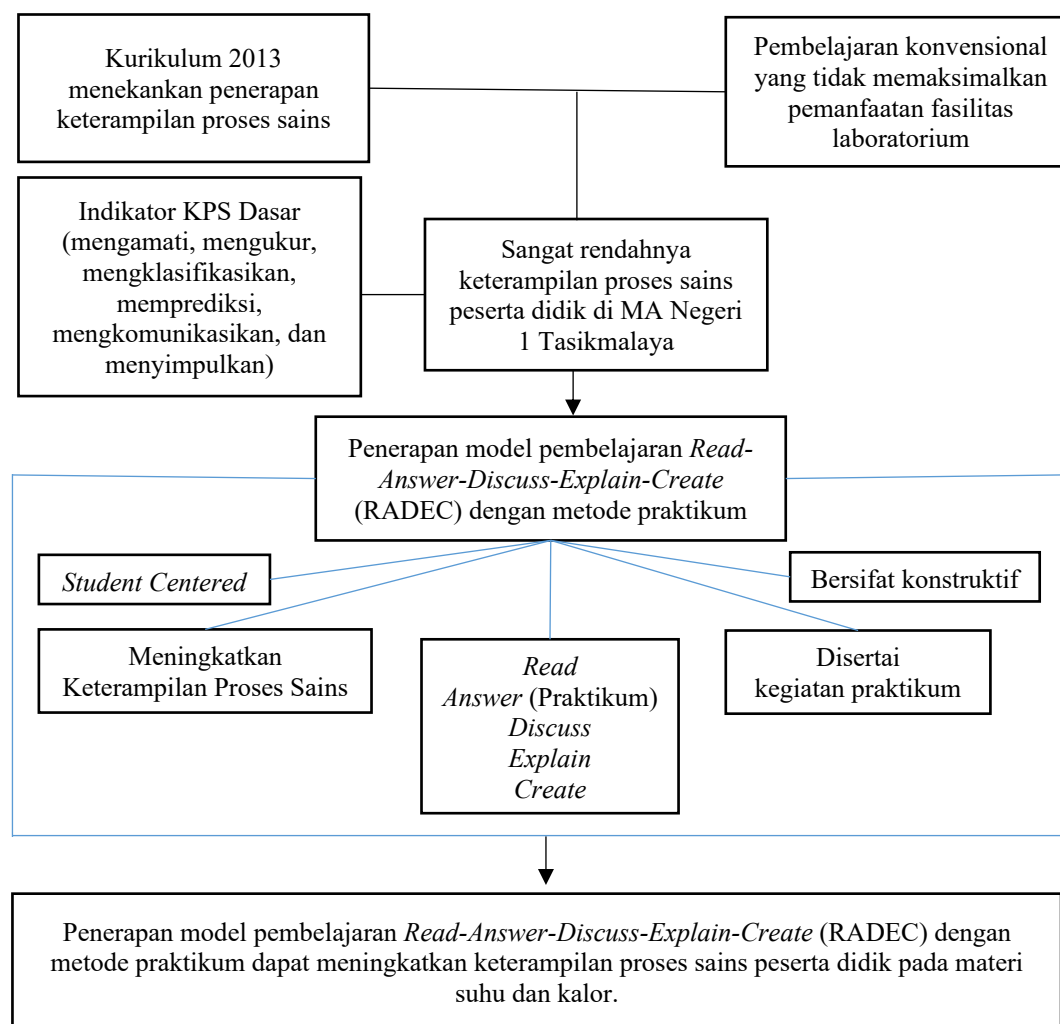
2.3 Kerangka Konseptual

Keterampilan proses sains adalah pengembangan keterampilan intelektual, sosial, dan fisik yang berasal dari kemampuan dasar yang telah ada pada diri peserta didik untuk memperoleh konsep, teori atau prinsip-prinsip dalam ilmu pengetahuan.

Pada dasarnya keterampilan proses telah dikembangkan pada dua bagian yakni dasar dan terpadu. Melalui penerapan keterampilan proses sains dalam pembelajaran, peserta didik akan memperoleh pengertian yang tepat mengenai ilmu pengetahuan, mendapat kesempatan bekerja ilmiah, dan belajar proses serta produk ilmiah. Dengan demikian, keterampilan proses sains sangat penting untuk diterapkan dalam proses pembelajaran.

Sekaitan dengan permasalahan yang ditemukan pada studi pendahuluan, bahwa dalam proses pembelajaran lebih sering dilakukan secara konvensional menggunakan metode ceramah dengan kecenderungan mempelajari hitungan matematis daripada konsep Fisika secara kontekstual dan bermakna menyebabkan rendahnya keterampilan proses sains peserta didik. Hal ini tentunya mempengaruhi pemahaman peserta didik pada materi pembelajaran termasuk suhu dan kalor.

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menerapkan suatu model pembelajaran yang melibatkan peserta didik secara aktif dengan menggunakan metode yang mendukung untuk peningkatan keterampilan proses sains, model tersebut dapat menggunakan model pembelajaran RADEC dengan metode praktikum.



Gambar 2.8 Kerangka Konseptual

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diajukan, maka hipotesis penelitian sebagai berikut.

- H_0 : Penerapan model pembelajaran *Read-Answer-Discuss-Explain-Create* (RADEC) dengan metode praktikum tidak dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik pada materi suhu dan kalor
- H_a : Penerapan model pembelajaran *Read-Answer-Discuss-Explain-Create* (RADEC) dengan metode praktikum dapat meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik pada materi suhu dan kalor