

BAB 2 TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi

Keterampilan berpikir tingkat tinggi atau *Higher-Order Thinking Skills* (HOTS) merupakan suatu proses berpikir peserta didik dalam level kognitif yang lebih tinggi yang melibatkan keterampilan menganalisis, mengevaluasi dan mencipta (Herman et al., 2022). Peserta didik dapat dikatakan memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi apabila peserta didik tersebut dapat memperoleh informasi baru dengan memanipulasi sendiri informasi yang sudah ada. Keterampilan berpikir tingkat tinggi erat kaitannya dengan Taksonomi Bloom.

Taksonomi Bloom pertama kali dikemukakan oleh Benjamin S. Bloom pada tahun 1956. Kemudian, disempurnakan Lorin W. Anderson dan David R. Krathwohl pada tahun 2001 (Dinni, 2018). Berdasarkan taksonomi Bloom revisi Anderson & Krathwohl (2001), proses kognitif terdiri atas enam level yaitu, C1-mengingat (*remember*), C2-memahami (*understand*), C3-menerapkan (*apply*), C4-menganalisis (*analyze*), C5-mengevaluasi (*evaluate*), dan C6-mencipta (*create*). Menurut Wasis et al (2020) level kognitif taksonomi Bloom revisi dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: keterampilan berpikir tingkat rendah (LOTS) yang meliputi C1 dan C2, keterampilan berpikir tingkat menengah (MOTS) yang meliputi C3, dan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) yang meliputi C4, C5 dan C6. Berdasarkan uraian tersebut dapat dinyatakan bahwa berpikir tingkat tinggi yaitu meliputi proses berpikir menganalisis, mengevaluasi dan mencipta. Klasifikasi level-level tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Proses Kognitif Taksonomi Bloom Revisi

Proses Kognitif			Definisi
C4	HOTS	Menganalisis	Memecah materi ke dalam beberapa bagian dan menentukan bagaimana bagian-bagian tersebut saling terhubung antar bagian ke struktur atau tujuan keseluruhan.
C5		Mengevaluasi	Membuat pertimbangan atau penilaian berdasarkan kriteria atau standar yang sudah ada.

Proses Kognitif			Definisi
C6		Mencipta	Menempatkan unsur-unsur secara bersama-sama untuk membentuk keseluruhan secara koheren atau fungsional atau menyusun kembali unsur-unsur ke dalam pola atau struktur baru.

(Anderson & Krathwohl, 2001)

Anderson & Krathwohl (2001), mendefinisikan proses kognitif untuk taksonomi Bloom revisi khususnya C4, C5, dan C6 yaitu dengan diturunkan menjadi beberapa kata kerja operasional. Gambaran dari turunan kata kerja operasional level kognitif taksonomi Bloom revisi Anderson & Krathwohl dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beberapa Turunan Kata Kerja Operasional Level Kognitif Taksonomi Bloom Revisi Anderson & Krathwohl

Level Kognitif	Turunan Kata Kerja Operasional	Contoh
C4 (Menganalisis)	Membedakan Mengorganisasikan Memecahkan	Membedakan antara angka yang penting dan angka yang tidak penting dalam persoalan fisika
C5 (Mengevaluasi)	Memeriksa Mengkritik Membandingkan Menilai	Menentukan apakah kesimpulan ilmuwan mengikuti dari data yang diamati
C6 (Mencipta)	Menghasilkan Merencanakan Memproduksi	Menghasilkan hipotesis untuk menjelaskan fenomena yang diamati

(Anderson & Krathwohl, 2001)

Karakteristik dari keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam penelitian ini, didasarkan pada taksonomi Bloom revisi yang meliputi C4, C5, dan C6. Keterampilan berpikir tingkat tinggi melibatkan kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi dan membuat keputusan yang kompleks. Persyaratan yang diperlukan oleh peserta didik agar dapat belajar dan mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi antara lain, peserta didik perlu memiliki motivasi dari dalam dirinya untuk mengenal akan pentingnya keterampilan berpikir tingkat tinggi dalam pemahaman dan penyelesaian masalah, perlu memiliki kemampuan untuk menganalisis suatu informasi dengan kritis, peserta didik perlu memahami proses

berpikir mereka sendiri dengan mengevaluasi keberhasilan dan kegagalan untuk dapat terus meningkatkan diri (Tasrif, 2022). Maka dari itu, agar peserta didik dapat mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, guru perlu menyediakan kegiatan pembelajaran dan lingkungan belajar yang mendukung pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi mereka.

Kegiatan pembelajaran yang ideal untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi adalah pembelajaran yang berpusat pada peserta didik (*student-centered*) dengan lingkungan belajar yang membuat peserta didik menjadi aktif, kritis dan kreatif (Sucipto, 2017). Salah satu contohnya adalah kegiatan pembelajaran berbasis proyek, karena dalam kegiatan tersebut peserta didik belajar untuk mengumpulkan, menganalisis dan menyusun informasi secara mandiri sehingga mendorong keterlibatan aktif dan merangsang pemikiran kritis mereka dalam proses pembelajaran. Maka model pembelajaran yang cocok untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi yaitu model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL).

2.1.2 Model Pembelajaran *Project-Based Learning*

Model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) pertama kali dikembangkan oleh Kilpatrick (1929). Model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) merupakan model pembelajaran berbasis proyek, dimana peserta didik dapat bekerja secara mandiri untuk membangun pembelajarannya sendiri sehingga memperoleh suatu karya yang dihasilkan oleh peserta didik itu sendiri (Wahyuni, 2019). Selain itu menurut (Puspitasari & Wulandari, 2022), menyatakan bahwa model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) merupakan model pembelajaran yang dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik karena model pembelajaran ini mengarahkan peserta didik pada pemecahan masalah secara kontekstual.

Model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) memiliki landasan teori belajar konstruktivisme dengan menekankan kepada peserta didik untuk dapat membangun pengetahuan berdasarkan pengalamannya sendiri (Mutawally, 2021). Secara epistemologi sesuai dengan teori konstruktivisme, landasan dari model *Project-Based Learning* (PjBL) yaitu proses mengkonstruksi kegiatan dengan

memadukan pengalaman yang telah dimiliki dengan pengalaman baru sehingga menghasilkan sebuah pengetahuan baru (Rani, 2023). *Project-Based Learning* (PjBL) merupakan salah satu model yang memfasilitasi peserta didik untuk dapat mengembangkan kemampuan berpikirnya, salah satu cirinya yaitu dengan memberikan suatu permasalahan pada awal pembelajaran sehingga peserta didik merasa tertantang untuk memecahkan permasalahan tersebut sehingga peserta didik tidak hanya memahami dengan cara menghafal akan tetapi dengan suatu proses berpikir.

Dari beberapa pengertian yang telah disebutkan di atas, dapat disimpulkan bahwa *Project-Based Learning* adalah model pembelajaran yang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan berpikir peserta didik dengan cara membuat proyek untuk dapat membangun pengetahuannya sendiri. Proyek yang dihasilkan oleh peserta didik dapat berupa majalah dinding, poster, portofolio tulisan peserta didik, dan video (Setiawati et al., 2019). Tujuan penerapan model *Project-Based Learning* yaitu mengasah kemampuan berpikir peserta didik dalam menyelesaikan suatu permasalahan dengan hasil produk yang nyata, memperoleh kemampuan dan keterampilan baru dalam pembelajaran, serta dapat membuat peserta didik menjadi lebih aktif dalam proses pembelajaran (Manein et al., 2022). Model pembelajaran *Project-Based Learning* terdapat enam fase selama proses pembelajaran berlangsung, yaitu menentukan pertanyaan mendasar, menyusun perencanaan proyek, menyusun jadwal pelaksanaan proyek, memonitoring, menguji hasil, dan mengevaluasi pengalaman (Rahayu et al., 2017), dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sintaks Model Pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL)

Langkah Pembelajaran	Kegiatan Guru	Kegiatan Peserta Didik
Pertanyaan Mendasar	Menyajikan suatu fenomena fisika, memberikan pertanyaan sebagai pemicu awal proses berpikir peserta didik.	Memperhatikan fenomena yang diberikan, menjawab pertanyaan.
Perencanaan Proyek	Guru membagi peserta didik menjadi beberapa kelompok berdasarkan	Peserta didik menyusun rencana pembuatan proyek pemecahan masalah.

Langkah Pembelajaran	Kegiatan Guru	Kegiatan Peserta Didik
	hasil <i>pretest</i> keterampilan berpikir tingkat tinggi, guru mengarahkan peserta didik untuk membuat proyek pemecahan masalah yang diajukan pada sintaks sebelumnya.	
Menyusun Jadwal Perencanaan Proyek	Guru dan peserta didik membuat kesepakatan tentang jadwal pembuatan proyek.	Peserta didik menyusun jadwal penyelesaian proyek dengan memperhatikan batas dan waktu yang telah ditentukan bersama.
Monitoring	Guru melakukan monitoring terhadap aktivitas peserta didik selama menyelesaikan proyek dan membahas kemajuan proyek yang dibuat oleh peserta didik dengan memantau keterlibatan peserta didik.	Peserta didik melakukan pembuatan proyek sesuai jadwal dan mencatat setiap tahapan, serta mendiskusikan masalah yang muncul selama penyelesaian proyek dengan guru.
Menguji Hasil	Guru membimbing proses pemaparan proyek, menanggapi hasil, serta memberikan penilaian untuk mengukur ketercapaian standar.	Peserta didik diberikan kesempatan untuk mempresentasikan proyek yang telah dibuat, peserta didik yang lain memberikan tanggapan.
Evaluasi Pengalaman	Guru memberikan refleksi terhadap aktivitas yang telah dilaksanakan.	Peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas yang telah dilaksanakan.

(Sumber: Rahayu et al., 2017)

Model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) memiliki kaitan dengan indikator keterampilan berpikir tingkat tinggi menurut Fitri et al., (2018). Kaitan model *Project-Based Learning* (PjBL) dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Keterkaitan Sintaks Model Pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) dengan Keterampilan Berpikir tingkat Tinggi

Sintaks Model Pembelajaran (PjBL)	Indikator Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi
Pertanyaan Mendasar	Menganalisis suatu permasalahan
Perencanaan Proyek	Menganalisis masalah dengan merencanakan proyek
Menyusun Jadwal Perencanaan Proyek	Menganalisis masalah dengan merencanakan proyek
Monitoring	Menganalisis masalah dalam membuat proyek dan mengevaluasi.
Menguji Hasil	Mengevaluasi hasil proyek sebagai bahan pertimbangan agar lebih baik
Evaluasi Pengalaman	Mengevaluasi dengan refleksi hasil proyek, dan menciptakan sebuah proyek

Berdasarkan Tabel 2.4 hubungan antara model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) dengan ketercapaian keterampilan berpikir tingkat tinggi yaitu pada saat peserta didik dihadapkan dengan suatu permasalahan awal dalam sintaks pertanyaan mendasar, peserta didik harus mempunyai kemampuan menganalisis permasalahan tersebut agar dapat dicari solusinya selain itu peserta didik juga harus menentukan proyek apa yang akan dibuat berhubungan dengan permasalahan yang disajikan. Setelah merancang sebuah proyek peserta didik harus memiliki kemampuan untuk mengevaluasi proyek dengan cara menilai apakah hasil proyeknya sudah layak dan sesuai standar yang ditetapkan. Kemudian kemampuan menciptakan peserta didik diperoleh ketika peserta didik dapat menuangkan ide-idenya dalam sebuah desain proyek dan dapat menciptakan produk sebagai hasil akhir kegiatan model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL).

Hal-hal yang perlu dipersiapkan oleh guru dalam melaksanakan model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) antara lain, menentukan materi pembelajaran, merancang penyajian masalah dengan memberikan suatu fenomena fisika dalam kehidupan nyata, memberikan contoh penyelesaian masalah dengan proyek, memandu peserta didik untuk memecahkan masalah dengan membuat proyek, menentukan alokasi waktu dan jadwal pelaksanaan proyek dengan membuat kesepakatan bersama dengan peserta didik, setelah itu dalam kegiatan

monitoring, menguji hasil dan evaluasi pengalaman guru harus merancang format penilaian proses dan hasil belajar peserta didik.

2.1.3 Aplikasi E-Fisika EZ

E-Fisika EZ merupakan aplikasi android yang dirancang oleh Alifudin pada tahun 2019 sebagai media belajar elektronik. E-Fisika EZ dapat membantu guru menyampaikan materi karena menyediakan bahan ajar berupa teks, gambar, dan video. Menurut Mayer (2005) dalam *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML), multimedia didefinisikan sebagai presentasi materi dengan menggunakan kata-kata (*verbal form*) sekaligus gambar-gambar (*pictorial form*), dengan kata lain penggunaan aplikasi E-Fisika EZ sama dengan penggunaan aplikasi berbasis multimedia. Maka dari itu, penggunaan aplikasi berbasis multimedia berpotensi memudahkan peserta didik dalam mengelola informasi terkait materi.

Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) dilandasi oleh teori belajar kognitif. Dalam teori belajar kognitif, proses penerimaan dan pengolahan informasi berhubungan dengan kapasitas memori kerja (*working memory*). Kemampuan memori kerja setiap orang berbeda-beda dan kapasitas memori kerja yang terbatas mempengaruhi kemampuan seseorang dalam menerima informasi, terlebih apabila informasi yang diterima memiliki tingkat kerumitan yang tinggi (Sabilla et al., 2019). Apabila seseorang menerima dan mengolah informasi yang melebihi batas kapasitas memori kerja yang dimilikinya sehingga akan menimbulkan beban kognitif. Maka dari itu, untuk mewujudkan pembelajaran yang efektif dapat dibantu dengan multimedia, karena penggunaan multimedia efektif untuk mengelola beban kognitif *intrinsic*, mengurangi beban kognitif *extraneous* dan beban kognitif *germane* (Rudolph, 2017). Hasilnya pembelajaran akan lebih menarik dan kualitas belajar peserta didik menjadi lebih baik. Penggunaan aplikasi berbasis multimedia ini mampu menarik minat peserta didik dalam belajar (Hernawati, 2018).

Aplikasi berbasis multimedia adalah aplikasi yang dirancang serta dibangun dengan menggabungkan elemen-elemen seperti teks, suara, gambar dan video (Ramli et al., 2021). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Azis et al., (2019) menunjukkan bahwa pengetahuan seseorang didapatkan melalui

pengalaman mendengarkan sebesar 11% dan 83% dari pengalaman melihat. Kemudian untuk kemampuan daya ingat seseorang, 20% diperoleh dari pengalaman mendengar dan 50% dari pengalaman melihat. Maka dari itu nilai dan kegunaan multimedia pembelajaran dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap suatu konsep serta dapat meningkatkan daya ingat dalam jangka panjang maupun pendek. E-Fisika EZ ini merupakan aplikasi yang dalamnya memuat materi pelajaran yang disajikan dalam bentuk teks dan gambar, juga ada video pembelajaran yang memiliki tujuan untuk dapat memperluas konsep dan memberikan pemahaman yang lebih baik kepada peserta didik. Namun dikarenakan belum ada penelitian yang membahas mengenai pemanfaatan dan penggunaan aplikasi ini maka informasi yang disediakan dalam penelitian ini bersifat terbatas.

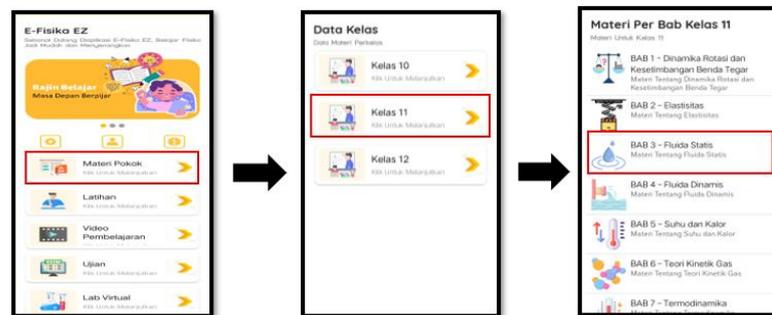
Aplikasi E-Fisika EZ dapat diakses menggunakan *smartphone* android, langkah penggunaan model *Project-Based Learning* menggunakan aplikasi E-Fisika EZ pada mata pelajaran fisika sebagai berikut:

1. Buka Google Play Store.
2. Temukan aplikasi E-Fisika Ez.
3. Pilih aplikasi, klik instal.
4. Jika sudah terinstal, buka aplikasi di halaman utama.
5. Pastikan tampilan utama aplikasi sebagai berikut:



Gambar 2.1 Tampilan Utama Aplikasi E-Fisika EZ

6. Pilih menu materi pokok untuk menampilkan materi pelajaran.



Gambar 2.2 Tampilan Menu Materi pada Aplikasi E-Fisika EZ

7. Pilih menu video pembelajaran untuk menampilkan video pembelajaran.



Gambar 2.3 Tampilan Menu Video pada Aplikasi E-Fisika EZ

Aplikasi E-Fisika EZ dalam model pembelajaran *Project-Based Learning* dapat membantu kelemahan dari model pembelajaran *Project-Based Learning* yaitu membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pembelajarannya. Maka dari itu, dengan menggunakan aplikasi E-Fisika EZ memungkinkan peserta didik untuk belajar kapan saja. Aplikasi E-Fisika EZ diintegrasikan pada beberapa sintaks dalam model pembelajaran PjBL diantaranya, sintaks pertanyaan mendasar, monitoring, dan evaluasi pengalaman. Peserta didik dapat mengakses video pembelajaran materi suhu dan kalor pada aplikasi E-Fisika EZ sebagai penguatan materi pembelajaran.

2.1.4 Materi Suhu dan Kalor

Materi suhu dan kalor merupakan salah satu konsep fisika yang banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti jembatan besi yang mengalami pemuaian akibat suhu panas yang bersumber dari matahari dan mengalami

penyusutan akibat suhu yang dingin pada malam hari. Bahkan, salah satu panca indera manusia yaitu kulit dapat merasakan panas atau dinginnya suatu benda. Materi suhu dan kalor merupakan materi fisika yang membahas terkait derajat panas suatu benda dan energi yang berpindah dari suatu sistem ke sistem yang lain karena adanya perbedaan suhu. Kajian dalam materi suhu dan kalor mencakup beberapa sub materi yaitu, suhu dan pemuaian zat, pengaruh kalor pada zat, dan perpindahan kalor.

a. Suhu dan Pemuaian Zat

1.) Suhu

Suhu merupakan derajat panas atau dinginnya suatu benda. Satuan internasional (SI) suhu yaitu Kelvin (K). Alat ukur untuk mengukur suhu adalah termometer. Termometer bekerja dengan memanfaatkan perubahan dari sifat-sifat fisis benda akibat perubahan suhu (Indarti et al., 2016). Sifat-sifat fisis benda akan berubah apabila dipanaskan. Suhu suatu benda dapat dinyatakan dengan suatu skala suhu yang terdapat pada termometer. Skala suhu akan didasarkan pada dua titik tetap, yaitu titik tetap bawah dan titik tetap atas. Titik bawah menandakan titik beku, sementara titik atas menandakan titik didih. Terdapat empat skala yang digunakan dalam pengukuran suhu yaitu, skala Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin.

a.) Skala Celcius

Titik tetap atas termometer skala Celcius menggunakan suhu air murni yang sedang mendidih pada tekanan 1 atmosfer, yaitu sebesar 100°C . Adapun titik tetap bawah yang ditetapkan berdasarkan suhu air murni yang sedang membeku pada tekanan udara 1 atmosfer yaitu sebesar 0°C .

b.) Skala Fahrenheit

Skala Fahrenheit merupakan skala yang banyak digunakan di USA, dimana titik tetap bawah termometer skala Fahrenheit menggunakan suhu campuran es dan garam sebesar 32°F . Titik tetap atas menggunakan suhu air yang sedang mendidih sebesar 212°F . Beda antara titik tetap atas dan titik tetap bawah termometer Fahrenheit adalah sebesar 180 skala.

c.) Skala Reamur

Pada skala Reamur, titik tetap bawah sebagai titik lebur es sebesar 0°R . Titik tetap atas menggunakan air mendidih sebesar 80°R . Beda antara titik tetap atas dan titik tetap bawah termometer Reamur adalah sebesar 80 skala.

d.) Skala Kelvin

Titik tetap bawah termometer skala Kelvin adalah 273 K. Adapun titik tetap atas termometer skala Kelvin adalah 373 K. Skala Kelvin disepakati sebagai standar satuan suhu dan suhu mutlak.

Hubungan antara skala Celcius, Fahrenheit, Reamur dan Kelvin dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Skema Skala Suhu (Kusrini, 2020)

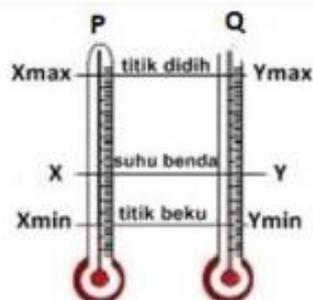
No	Termometer	Titik Tetap Bawah	Titik Tetap Atas	Jumlah Skala
1	Celcius	0°C	100°C	100
2	Reamur	0°R	80°R	80
3	Fahrenheit	32°F	212°F	180
4	Kelvin	273K	373K	100

Konversi antara 4 skala tersebut dapat ditunjukkan oleh Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Konversi Suhu antar Skala Termometer (Kusrini, 2020)

	Celcius	Reamur	Fahrenheit	Kelvin
Celcius		$R = \left(\frac{4}{5}\right)C$	$F = \left(\frac{9}{5}\right)C + 32$	$K = C + 273$
Reamur	$C = \left(\frac{5}{4}\right)R$		$F = \left(\frac{9}{4}\right)R + 32$	$K = \left(\frac{5}{4}\right)R + 273$
Fahrenheit	$C = \left(\frac{5}{9}\right)(F - 32)$	$R = \left(\frac{4}{5}\right)(F - 32)$		$K = \left(\frac{5}{9}\right)(F - 32) + 273$
Kelvin	$C = K - 273$	$R = \left(\frac{4}{5}\right)(K - 273)$	$F = \left(\frac{9}{5}\right)(K - 273) + 32$	

Apabila menggunakan dua termometer yang berbeda, berikut gambaran untuk mengkonversi suhu pada 2 termometer yang berbeda.



Gambar 2.4 Konversi Suhu Dua Termometer Berbeda (Kusrini, 2020)

$$\frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} = \frac{Y - Y_{min}}{Y_{max} - Y_{min}} \quad (1)$$

2.) Pemuaian Zat

Pemuaian adalah bertambah besarnya ukuran suatu benda dikarenakan adanya kenaikan suhu yang terjadi pada benda tersebut. Kenaikan suhu dapat menyebabkan benda tersebut mengalami perubahan energi berupa kalor sehingga, molekul-molekul pada benda tersebut bergerak menjadi lebih cepat. Besar pemuaian bergantung pada jenis benda, ukuran benda semula dan perubahan suhunya. Salah satu contoh pemuaian adalah pemuaian pada kaca. Kaca dalam jendela dapat memuai pada siang dan malam hari, maka dari itu celah pada bingkai jendela kaca diberikan ruang yang cukup sebagai tempat pemuaian kaca sehingga kaca tidak pecah (Indarti et al., 2016). Setiap zat memiliki kemampuan memuai yang berbeda-beda maka dari itu berikut jenis-jenis pemuaian pada zat padat, cair dan gas.

1. Pemuaian Zat Padat

a. Pemuaian Panjang

Pemuaian panjang didefinisikan sebagai bertambah panjang benda dalam satu satuan panjang akibat dari kenaikan suhu. Setiap zat padat mempunyai besaran yang disebut koefisien muai panjang (α). Koefisien muai panjang yaitu bilangan yang menunjukkan pertambahan panjang suatu zat akibat perubahan suhu. Persamaan yang berlaku dalam pemuaian panjang yaitu (Indarti et al., 2016):

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T \quad (2)$$

$$L_t - L_0 = L_0 \alpha \Delta T$$

$$L_t = L_0 + L_0 \alpha \Delta T$$

$$L_t = L_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3)$$

Keterangan:

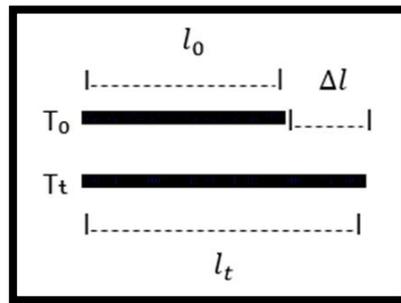
L_0 = panjang kawat mula-mula (m)

L_t = panjang kawat pada suhu $t^\circ\text{C}$ (m)

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

ΔL = perubahan panjang kawat (m)

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



Gambar 2.5 Skema Pemuaian Panjang (Indarti et al., 2016)

b. Pemuaian Luas

Pemuaian luas terjadi pada zat padat yang tidak berbentuk batang tipis, melainkan zat padat yang berbentuk pelat atau kepingan. Pemuaian yang terjadi pada zat padat yang berbentuk pelat atau kepingan tidak hanya ke arah panjang saja, akan tetapi ke arah lebarnya juga. Pemuaian tersebut dapat dikatakan sebagai pemuaian luas. Koefisien muai luas (β) didefinisikan sebagai pertambahan luas pada benda akibat perubahan suhu. Besar koefisien muai luas yaitu dua kali dari koefisien muai panjang (α). Persamaan yang berlaku pada koefisien muai luas yaitu (Indarti et al., 2016):

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T \quad (4)$$

$$A_t - A_0 = A_0 \beta \Delta T$$

$$A_t = A_0 + A_0 \beta \Delta T$$

$$A_t = A_0 (1 + \beta \Delta T) \quad (5)$$

$$\beta = 2\alpha \quad (6)$$

Keterangan:

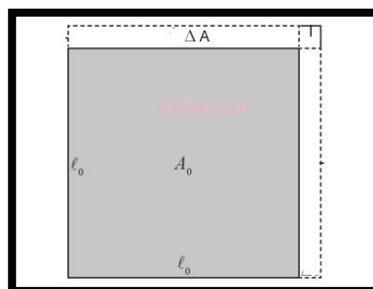
A_0 = luas benda mula-mula (m^2)

A_t = luas benda pada suhu $t^\circ\text{C}$ (m^2)

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

ΔA = perubahan luas benda (m^2)

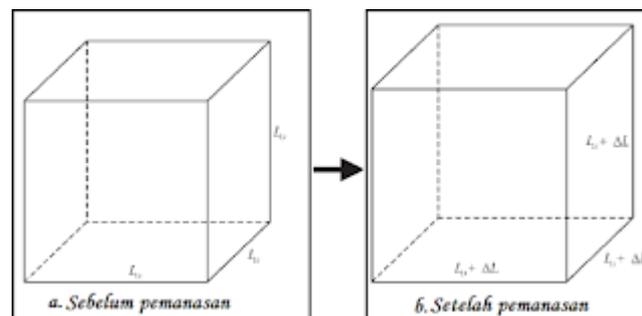
ΔT = perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)



Gambar 2.6 Skema Pemuaian Luas (Indarti et al., 2016)

c. Pemuai Volume

Pada dasarnya bentuk suatu zat padat yaitu memiliki dimensi ruang (panjang, lebar, dan tinggi). Maka dari itu suatu zat padat tidak hanya mengalami pemuaian panjang dan luas, tetapi mengalami pemuaian volume. Koefisien muai volume (γ) adalah bilangan yang menunjukkan pertambahan volume benda akibat perubahan suhu. Besar koefisien muai volume yaitu tiga kali dari koefisien muai panjang (α) (Indarti et al., 2016).



Gambar 2.7 Skema Pemuai Volume (Indarti et al., 2016)

Dengan demikian volume benda saat dipanaskan adalah:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \quad (7)$$

$$V_t - V_0 = V_0 \gamma \Delta T$$

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

$$V_t = V_0 (1 + \gamma \Delta T) \quad (8)$$

$$\gamma = 3\alpha \quad (9)$$

Keterangan:

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

V_t = volume benda pada suhu $t^\circ\text{C}$ (m^3)

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

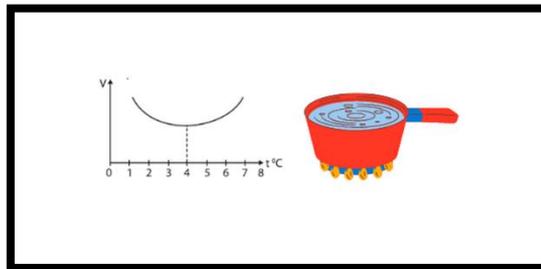
ΔV = perubahan volume benda (m^3)

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

2. Pemuai Zat Cair

Pada umumnya hampir sama dengan zat padat, zat cair akan memuai apabila dipanaskan dan akan menyusut apabila di dinginkan. Karena zat cair adalah suatu zat yang memiliki bentuk yang tidak tetap atau mengikuti bentuk wadahnya, maka pemuaian yang terjadi pada zat cair adalah pemuaian volume. Akan tetapi, peristiwa pemuaian air sedikit berbeda karena ketika air dipanaskan dari suhu 0°C sampai 4°C , volume air ternyata menyusut dan mencapai volume minimal. Kemudian

setelah melampaui suhu 4°C volume air memuai. Hal tersebut bertentangan dengan sifat pemuaian atau dinamakan dengan anomali air (ketidakteraturan)(Indarti et al., 2016). Peristiwa anomali air dapat memberikan manfaat bagi kehidupan. Anomali air dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup yang berada di daerah bersalju, karena walaupun air yang tampak di atas lautan membeku karena dinginnya suhu, makhluk hidup di dasar lautan masih dapat bertahan hidup karena air yang berada di dasar lautan tidak membeku seperti yang ada dipermukaan. Sifat anomali air juga dapat mempengaruhi cuaca, karena dengan adanya anomali air akan menciptakan keseimbangan iklim sehingga cuaca di bumi tidak terlalu panas ataupun terlalu dingin (Fahyuni, 2019).



Gambar 2.8 Peristiwa Anomali Air (Indarti et al., 2016)

3. Pemuaian Zat Gas

Sifat zat gas diantaranya yaitu adanya perubahan volume dan selalu mengisi seluruh ruangan, maka dari itu apabila suatu gas dipanaskan maka akan mengalami pemuaian volume (Indarti et al., 2016). Pemanfaatan sifat pemuaian pada gas adalah dalam penggunaan termometer gas, yaitu dengan memanfaatkan perubahan volume gas pada tekanan tetap. Pemuaian pada gas memenuhi 3 hukum fisika yaitu (a) Hukum Boyle menyatakan pada ruangan tertutup dengan suhu tetap, tekanan gas berbanding terbalik dengan volumenya. (b) Hukum Charles menyatakan pada ruang tertutup dengan tekanan tetap, volume gas sebanding dengan suhunya. (c) Hukum Gay Lussac menyatakan pada ruang tertutup dengan volume konstan, tekanan gas berbanding lurus dengan suhu mutlaknya (Kusrini, 2020).

b. Kalor

Kalor merupakan proses transfer energi dari suatu zat ke zat lainnya, diikuti perubahan suhu atau dapat didefinisikan sebagai energi panas suatu zat yang

berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Satuan kalor adalah joule (J), satu joule setara dengan 0,24 kalori atau 1 kalori setara dengan 4,186 joule. Faktor yang dapat mempengaruhi kalor yaitu, massa, perubahan suhu dan kalor jenis. Oleh karena itu, persamaan kalor dapat dituliskan pada persamaan (10).

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (10)$$

Keterangan:

Q = kalor yang dibutuhkan (J)

m = massa zat (kg)

c = kalor jenis zat (J/kg °C atau J/kg K)

ΔT = perubahan suhu (°C atau K)

1.) Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor

Kalor jenis suatu benda dapat didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu satu kilogram suatu zat sebesar 1 K atau 1°C. Kalor jenis dapat diukur menggunakan alat yang bernama kalorimeter, persamaan kalor jenis zat yaitu (Indarti et al., 2016):

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (11)$$

Keterangan:

Q = kalor yang dibutuhkan (J)

m = massa zat (kg)

c = kalor jenis zat (J/kg °C atau J/kg K)

ΔT = perubahan suhu (°C atau K)

Kapasitas kalor suatu benda adalah banyaknya kalor yang diperlukan atau dilepaskan jika suhu benda tersebut dinaikkan atau diturunkan sebesar 1 K atau 1°C. Persamaan kapasitas kalor suatu benda yaitu (Indarti et al., 2016):

$$Q = C \times \Delta T$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \text{ atau } C = m c \quad (12)$$

Keterangan:

Q = kalor yang dibutuhkan (J)

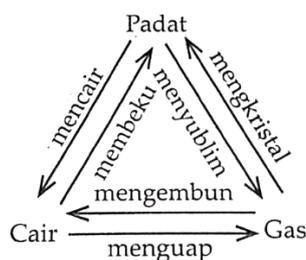
c = kalor jenis zat (J/kg °C atau J/kg K)

C = kapasitas kalor (J/°C atau J/K)

ΔT = perubahan suhu (°C atau K)

2.) Perubahan Wujud Zat

Terdapat tiga jenis wujud zat, diantaranya zat cair, zat padat dan gas. Setiap zat memiliki kecenderungan untuk berubah, jika zat tersebut diberikan suhu tinggi ataupun suhu rendah. Perubahan wujud zat tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Perubahan Wujud Zat (Indarti et al., 2016)

Pada perubahan wujud zat yang menyebabkan suhu menjadi turun seperti proses membeku, mengembun dan menyublim maka melepaskan kalor. Sementara perubahan wujud zat yang menyebabkan suhu naik, seperti proses melebur, menguap maka memerlukan kalor. Banyaknya kalor yang dibutuhkan atau dilepas oleh suatu zat untuk mengubah wujudnya per satuan massa dinamakan kalor laten. Besarnya kalor yang dibutuhkan atau dilepaskan oleh suatu zat ketika berubah wujud memenuhi persamaan berikut (Indarti et al., 2016):

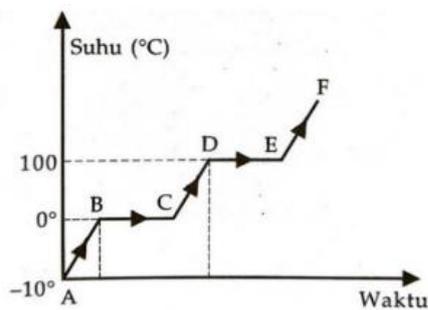
$$Q = m L \quad (13)$$

Keterangan:

Q = kalor yang dibutuhkan atau dilepaskan (J)

L = kalor laten (J/kg atau kal/g)

Telah diketahui bahwa kalor dapat mengubah wujud zat. Perubahan zat tersebut dapat digambarkan dengan bantuan grafik perubahan zat. Contohnya yaitu grafik perubahan wujud zat dari es menjadi uap air pada tekanan 1 atm dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Perubahan Wujud Es Menjadi Uap Air (Radjawane et al., 2022)

a. Proses A-B

Pada proses ini, terjadi perubahan suhu dan membutuhkan kalor sebesar:

$$Q = m_{es} c_{es}(T_B - T_A) \quad (14)$$

b. Proses B-C

Pada proses ini, tidak terjadi perubahan suhu namun terjadi perubahan wujud zat dari es menjadi air. Sehingga, membutuhkan kalor sebesar:

$$Q = m_{es} L_{es} \quad (15)$$

c. Proses C-D

Pada proses ini, terjadi perubahan suhu dan membutuhkan kalor sebesar:

$$Q = m_{air} c_{air}(T_D - T_C) \quad (16)$$

d. Proses D-E

Pada proses ini, tidak terjadi perubahan suhu namun terjadi perubahan wujud zat dari air menjadi uap. Sehingga, membutuhkan kalor sebesar:

$$Q = m_{air} L_U \quad (17)$$

e. Proses E-F

Pada proses ini, terjadi perubahan suhu dan membutuhkan energi sebesar:

$$Q = m_{uap} c_{uap}(T_F - T_E) \quad (18)$$

3.) Azas Black

Jika dua zat dicampurkan maka banyaknya kalor yang dilepaskan oleh zat yang memiliki suhu lebih tinggi sama dengan banyaknya kalor yang diterima zat yang suhunya lebih rendah. Energi selalu kekal sehingga benda yang memiliki suhu lebih tinggi akan melepas energi sebesar Q_L dan benda yang memiliki suhu rendah akan menerima energi sebesar Q_T yang sama besar. Persamaan Azas Black sebagai berikut (Indarti et al., 2016):

$$Q_{Lepas} = Q_{Terima} \quad (19)$$

Keterangan:

Q_{Lepas} = besar kalor yang diberikan (J)

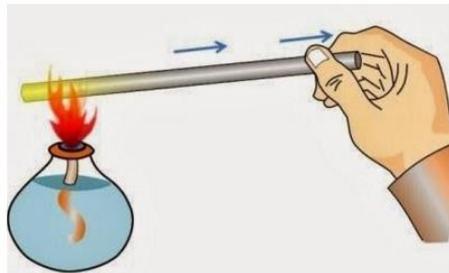
Q_{Terima} = besar kalor yang diterima (J)

c. Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor berdasarkan medium perantaranya dibagi menjadi tiga jenis, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

1. Konduksi

Peristiwa perpindahan kalor melalui suatu zat tanpa disertai perpindahan partikel-partikelnya disebut dengan perpindahan kalor secara konduksi. Contohnya apabila suatu batang logam yang salah satu ujungnya dipanaskan di atas api sementara ujung lainnya di pegang oleh tangan, maka panas yang terjadi di ujung logam akan dirasakan juga oleh tangan yang memegang ujung logam lainnya (Giancoli, 2001). Peristiwa tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Contoh Perpindahan Kalor secara Konduksi (Kusrini, 2020)

Pada peristiwa tersebut jumlah kalor yang dipindahkan per satuan waktu yaitu:

$$\frac{Q}{\Delta t} = H = k A \frac{\Delta T}{l} \quad (20)$$

Keterangan:

H = jumlah kalor yang merambat tiap detik (J/s)

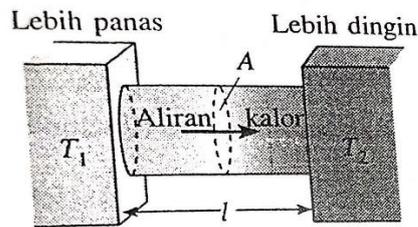
k = koefisien konduksi termal (J/msK)

A = luas penampang batang (m^2)

l = panjang batang (m)

Δt = perubahan waktu (s)

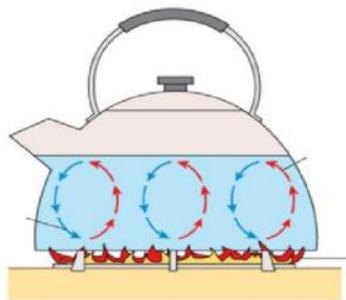
ΔT = perubahan suhu pada kedua ujung batang (K)



Gambar 2.12 Skema Konduksi Kalor (Giancoli, 2001)

2. Konveksi

Peristiwa perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan massa atau perpindahan partikel-partikel zat perantaranya disebut dengan perpindahan kalor secara konveksi. Jika konduksi melibatkan partikel yang bergerak dalam jarak yang kecil dan bertumbukan sedangkan konveksi, melibatkan pergerakan partikel dalam jarak yang besar (Giancoli, 2001). Contohnya apabila sedang merebus air maka akan terjadi perpindahan kalor dari air yang bersuhu tinggi dengan air yang bersuhu rendah di bagian atas wadah (Kusrini, 2020). Peristiwa tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Contoh Perpindahan Kalor secara Konveksi (Kusrini, 2020)

Pada peristiwa tersebut besarnya laju perpindahan kalor tersebut yaitu:

$$H = h A \Delta T \quad (21)$$

Keterangan:

H = kalor yang dibutuhkan (J)

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

A = luas permukaan (m^2)

ΔT = perubahan suhu (K)

3. Radiasi

Peristiwa perpindahan kalor tanpa zat perantara disebut dengan radiasi. Contohnya ketika siang hari kamu akan merasakan radiasi panas yang dipancarkan oleh matahari dan langsung terasa pada kulit. Peristiwa perpindahan kalor secara radiasi ditunjukkan oleh Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Contoh Perpindahan Kalor secara Radiasi (Wasis et al, 2020)

Kecepatan sebuah benda meradiasikan energi yaitu sebanding dengan pangkat empat temperatur kelvin, selain itu kecepatan radiasi juga sebanding dengan luas A dari benda yang memancarkannya (Giancoli, 2001). Besarnya kalor yang dipancarkan dalam proses radiasi dinyatakan:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = e\sigma AT^4 \quad (22)$$

Keterangan:

Q = kalor yang dipancarkan benda (J)

T = suhu mutlak (K)

e = emisivitas bahan

Δt = perubahan waktu (s)

σ = tetapan Stefan-Boltzmann ($5,672 \times 10^{-8} \text{ W/mK}^4$)

A = luas penampang benda (m^2)

2.2 Hasil yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan topik yang akan diteliti yaitu penelitian yang dilakukan oleh Khoiriyah et al (2023) menunjukkan bahwa model pembelajaran *Project-Based Learning* dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Hal ini ditunjukkan dengan perolehan nilai *posttest* kelas eksperimen lebih tinggi dari pada kelas kontrol. Peneliti mengadaptasi sintaks model pembelajaran pada model *Project-Based Learning* menurut penelitian Khoiriyah et

al (2023). Adapun perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini yaitu terdapat pada desain penelitian yang diterapkan. Pada penelitian sebelumnya menggunakan *posttest only control grup design* sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan *pretest-posttest nonequivalent control group design*.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahayu et al (2017) yang menunjukkan bahwa model pembelajaran *Project-Based Learning* dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik diukur menggunakan tes yang disusun berdasarkan indikator HOTS yaitu menganalisis, mengevaluasi dan menciptakan. Peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik setelah diterapkan model PjBL adalah 0,359 dan termasuk dalam kategori sedang. Peneliti mengadaptasi sintaks model *Project-Based Learning* dan indikator berpikir tingkat tinggi menurut Rahayu et al (2017). Adapun perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini yaitu terdapat pada bantuan media. Pada penelitian sebelumnya tidak diterapkan media sebagai alat bantu dalam menerapkan model PjBL sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan diterapkan media yaitu aplikasi E-Fisika EZ sebagai alat bantu yang melengkapi kekurangan dari model *Project-Based Learning*.

Penelitian yang dilakukan oleh Nisa & Harrista (2022) yang menunjukkan bahwa penggunaan model *Project-Based Learning* efektif meningkatkan pemahaman peserta didik dengan persentase 80%. Dengan menggunakan model pembelajaran *Project-Based Learning* pada mata pelajaran kimia peserta didik dapat meningkatkan potensi yang ada pada peserta didik karena model *Project-Based Learning* mempunyai sifat membangun dan membina serta membuat peserta didik menjadi lebih mandiri dan aktif dalam proses pembelajaran, sejalan dengan itu penerapan model *Project-Based Learning* juga efektif digunakan dan dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik pada mata pelajaran matematika. Hal ini di dijelaskan dalam penelitian yang dilakukan oleh Hadi & Ramadhana (2022) menunjukkan bahwa 88,56% penggunaan model PjBL terlaksana dengan sangat baik dan 85% peserta didik memiliki respons positif terhadap pembelajaran menggunakan model *Project-Based Learning*. Adapun

perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini yaitu terdapat pada penerapan mata pelajaran. Pada penelitian sebelumnya diterapkan pada mata pelajaran kimia dan matematika sedangkan pada penelitian yang akan dilakukan diterapkan pada mata pelajaran fisika.

Zaharah & Silitonga (2023) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa model pembelajaran *Project-Based Learning* dapat meningkatkan kreativitas peserta didik dan meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memecahkan masalah. Hal ini didukung dengan nilai data hasil evaluasi peserta didik yang melampaui KKM dengan persentase 80,65%. Peneliti mengadaptasi sintaks model pembelajaran pada model *Project-Based Learning* menurut Zaharah & Silitonga (2023). Adapun perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian ini yaitu terdapat pada variabel terikat penelitian yang diterapkan. Pada penelitian sebelumnya variabel terikatnya kreativitas peserta didik sedangkan penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan variabel terikatnya keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Berdasarkan penelitian yang telah disebutkan di atas, penelitian yang akan dilakukan peneliti tidak sama dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Kebaharuan penelitian ini dari penelitian sebelumnya yaitu menggunakan media berupa aplikasi E-Fisika EZ. Aplikasi E-Fisika EZ digunakan untuk membantu model pembelajaran *Project-Based Learning* dalam menyampaikan materi pembelajaran. Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya akan memunculkan peluang adanya perbedaan hasil yang diperoleh.

2.3 Kerangka Konseptual

Pembelajaran pada saat ini bukan hanya sebatas mentransfer pengetahuan dari guru kepada peserta didik. Hal tersebut dapat mengakibatkan peserta didik pasif dalam kegiatan pembelajaran. Namun, pada kenyataannya peserta didik dituntut untuk aktif dalam kegiatan pembelajaran. Untuk itu, pembelajaran didasarkan agar peserta didik dapat secara aktif dalam proses pembelajaran, salah satunya yaitu pembelajaran yang berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi. Pembelajaran dengan berorientasi pada keterampilan berpikir tingkat tinggi

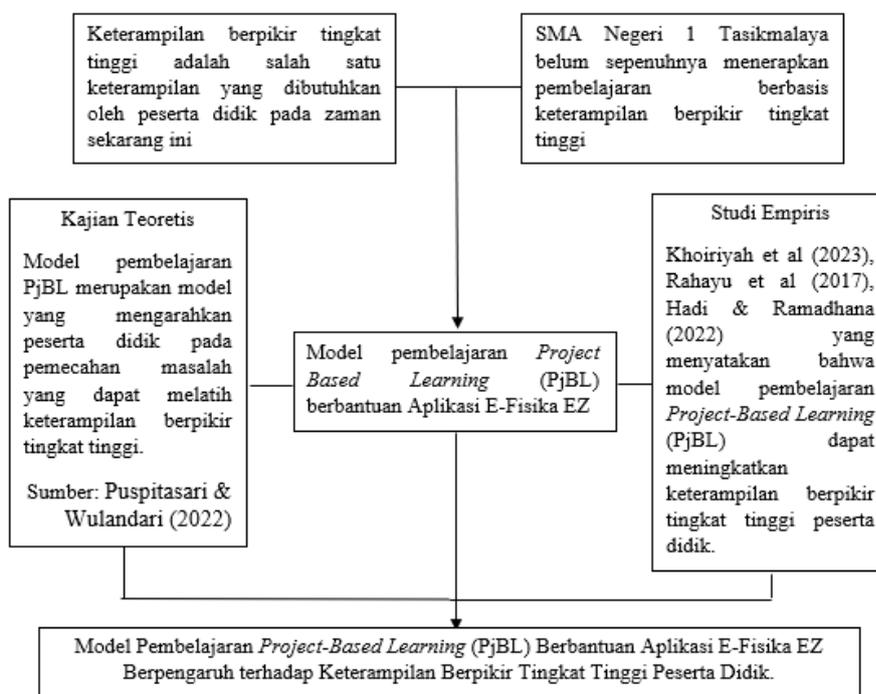
mampu memberikan kontribusi positif terhadap hasil belajar peserta didik, selain peserta didik aktif dalam pembelajaran, ketercapaian keterampilan berpikir tingkat tinggi dapat menjadikan peserta didik memiliki kemampuan berpikir secara sistematis serta dapat menganalisis suatu masalah dalam berbagai aspek. Akan tetapi, pembelajaran berbasis keterampilan berpikir tingkat tinggi belum sepenuhnya diterapkan pada beberapa sekolah, termasuk sekolah tempat peneliti melaksanakan penelitian. Oleh karena itu sebagai salah satu upaya meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi di sekolah SMA Negeri 1 Tasikmalaya, peneliti mencoba untuk menerapkan suatu model pembelajaran dengan berbantuan suatu media yang dapat menunjang tercapainya keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

Model pembelajaran yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu model *Project-Based Learning* (PjBL). Model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) merupakan model yang berpusat pada peserta didik, dimana peserta didik secara aktif menggali informasi secara mandiri untuk dapat menyelesaikan suatu permasalahan dan dapat memberikan solusi dari suatu permasalahan tersebut. Model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) memiliki landasan teori belajar konstruktivisme dengan menekankan kepada peserta didik untuk membangun pengetahuan berdasarkan pengalamannya sendiri dan mengarahkan peserta didik pada pemecahan masalah secara faktual sehingga dapat melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Hal tersebut didukung oleh penelitian empiris yang dilakukan oleh Khoiriyah et al (2023), Rahayu et al (2017), Hadi & Ramadhana (2022) yang menyatakan bahwa model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) dapat meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Keterampilan berpikir tingkat tinggi diukur menggunakan tes yang disusun berdasarkan indikator HOTS yaitu menganalisis, mengevaluasi dan menciptakan.

Kelemahan dari model pembelajaran *Project-Based Learning* yaitu membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pembelajarannya. Maka dari itu, dapat digunakan aplikasi E-Fisika EZ. Tujuan menggunakan aplikasi E-Fisika EZ dalam model pembelajaran *Project-Based Learning* adalah untuk menarik minat

peserta didik untuk belajar fisika. Model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL) dibagi menjadi enam tahapan yaitu menentukan pertanyaan mendasar, menyusun perencanaan proyek, menyusun jadwal pelaksanaan proyek, memonitoring, menguji hasil, dan evaluasi pengalaman. Model *Project-Based Learning* (PjBL) nantinya diterapkan dalam pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor, yaitu materi fisika yang membahas mengenai derajat panas atau dinginnya suatu benda dan energi yang berpindah dari suatu benda ke benda yang lain akibat adanya perbedaan suhu.

Untuk dapat mendukung tercapainya keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik, peneliti perlu menganalisis keterkaitan antara karakteristik keterampilan berpikir tingkat tinggi, model pembelajaran *Project-Based Learning* (PjBL), dan aplikasi E-Fisika EZ. Peneliti menduga model *Project-Based Learning* (PjBL) berbantuan aplikasi E-Fisika EZ dapat berpengaruh terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Kerangka konseptual dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Kerangka Konseptual Penelitian

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan pertanyaan dari rumusan masalah maka hipotesis dalam penelitian adalah:

- H_0 : tidak ada pengaruh model pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL) dengan berbantuan aplikasi E-Fisika EZ terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik pada materi suhu dan kalor di kelas XI SMAN 1 Tasikmalaya tahun ajaran 2023/2024.
- H_a : ada pengaruh model pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL) dengan berbantuan aplikasi E-Fisika EZ terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik pada materi suhu dan kalor di kelas XI SMAN 1 Tasikmalaya tahun ajaran 2023/2024.