

BAB I

PENDAHULUAN

Bagian ini memuat latar belakang penelitian yang merinci konteks dan kebutuhan mendalam terkait isu perubahan iklim. Menyoroti kompleksitas tantangan yang dihadapi oleh masyarakat global, pendahuluan menjelaskan urgensi pemahaman mendalam tentang perubahan iklim dan pentingnya melibatkan proyek STEM sebagai pendekatan terintegrasi. Rumusan masalah mengidentifikasi gap pengetahuan yang perlu diisi, memandu penelitian ke arah pemecahan masalah konkret dalam konteks pengendalian perubahan iklim. Tujuan penelitian diformulasikan untuk menggali potensi proyek STEM terhadap pemahaman siswa dan mengembangkan solusi berkelanjutan. Manfaat penelitian mencakup kontribusi pada literatur dan praktik pendidikan, sementara struktur organisasi disertasi diperkenalkan sebagai panduan untuk membimbing pembaca melalui tahapan penelitian yang komprehensif.

1.1 Latar Belakang Masalah

Tantangan sosial dan lingkungan yang dihadapi masyarakat saat ini dan di masa depan semakin kompleks untuk dipahami dan dipecahkan (Fowler, *et al.*, 2019; Mambrey, *et al.*, 2020), baik tantangan pada skala lokal, nasional, maupun global. Tantangan yang kompleks menghubungkan banyak sistem manusia dan alam (Gilbert, Gross, & Kreutz, 2018) dan saling terkait (Fowler, *et al.*, 2019). Kemiskinan, akses terhadap air bersih/sanitasi, kesetaraan gender, dan perubahan iklim hanyalah sebagian dari banyak tantangan besar yang dihadapi masyarakat saat ini (Jackson & Hurst, 2021).

Salah satu tantangan global yang dihadapi saat ini adalah perubahan iklim (Tripto, Assaraf, & Amit, 2018). Berdasarkan Program Penelitian Perubahan Global, Amerika Serikat pada tahun 2009, perubahan iklim merupakan salah satu masalah lingkungan yang paling signifikan, dengan pemanasan global rata-rata 1°C sejak tahun 1900 dan tambahan 1,5⁰ hingga 6°C pada tahun 2100 (Herman, Feldman, & Vernaza-Hernandez, 2017). Dampak perubahan iklim secara garis besar antara lain menyebabkan mencairnya es di kutub, pergeseran musim,

peningkatan permukaan air laut, krisis persediaan makanan, krisis air bersih, meluasnya penyebaran penyakit tropis, serta hilangnya jutaan spesies flora dan fauna (Meiviana, Sulistiowati, & Soejachmoen, 2003; Sharma, 2012). Jelas bahwa perubahan iklim menjadi ancaman bagi keberlangsungan kehidupan di muka bumi.

Dalam upaya menghadapi tantangan tersebut, NRC (Lee, Jones, & Chesnutt, 2019) mengemukakan bahwa tantangan lingkungan menghendaki masyarakat memikirkan masalah ditinjau berbagai perspektif. Selain itu diperlukan pemahaman terhadap sistem yang kompleks yang mendasari permasalahan tersebut (Mambrey, *et al.*, 2020). Untuk memahami sistem yang kompleks membutuhkan individu yang memiliki kemampuan memahami konsep dan prinsip pada domain tertentu yang diwakili oleh fenomena kunci dan hubungan antar komponennya (Lee, *et al.*, 2019) yang disebut kemampuan berpikir sistem (Eilam, 2012).

Berpikir sistem merupakan pendekatan epistemologis yang berfokus pada identifikasi, pemodelan, dan prediksi sistem yang kompleks sebagai entitas dari fenomena yang terisolasi (Mambrey, *et al.*, 2020). Kemampuan ini mengenali komponen yang berinteraksi dalam suatu sistem sehingga mampu melihat sistem secara keseluruhan dibanding mengisolasi dan berfokus pada setiap komponen (Arrington, Moore, & Bagdy, 2021) dan menemukan hubungan dan pola dalam beragam sistem yang mendasarinya (Curwen, Ardell, & MacGillivray, 2019). Lebih lengkap Lee, *et al.* (2019) mengatakan bahwa berpikir sistem mengharuskan individu untuk melihat keseluruhan (baik masalah, sistem, peristiwa, atau entitas) dari berbagai perspektif, sambil mengenali interaksi, pola, dan hubungan antara komponen, dan mempertimbangkan hubungan sebab dan akibat dari komponen, dalam hal dimensi temporal dan spasial.

Dalam konteks perubahan iklim, individu yang memiliki kemampuan berpikir sistem akan dapat memandang keseluruhan sistem dari berbagai perspektif serta mengidentifikasi setiap komponen yang mendasarinya, hubungan dan pola interaksinya, termasuk hubungan sebab akibat. Dengan begitu dapat mengembangkan solusi dan mengambil keputusan yang tepat (Lee, *et al.*, 2019).

Selain itu, mempertimbangkan interaksi yang kompleks antara berbagai individu dan komunitas yang membentuk universal dan lingkungannya merupakan cara yang efektif guna mulai memahami cara meningkatkan kesadaran berkelanjutan (Scoffham & Consorte-McCrea, 2018). Dengan demikian, kemampuan berpikir sistem terhadap perubahan iklim dapat meningkatkan pemahaman yang komprehensif terhadap konsep perubahan iklim, mengembangkan solusi, mengambil keputusan yang tepat dalam upaya mencegah dan mengatasinya, serta meningkatkan kesadaran berkelanjutan.

Secara umum, berpikir sistem melibatkan kemampuan untuk melihat dan memahami komponen-komponen dalam suatu sistem saling berinteraksi dan perubahan pada satu bagian dapat memengaruhi keseluruhan. Pentingnya berpikir sistem sebagai landasan untuk pemecahan masalah kompleks dan pengambilan keputusan strategis menunjukkan perlunya peningkatan fokus pada pengembangan keterampilan berpikir sistem di kalangan siswa agar mereka dapat lebih efektif beradaptasi dengan dinamika masyarakat dan lingkungan di masa depan. Sayangnya, siswa pada semua tingkatan cenderung mengalami kesulitan dalam memahami konsep sistem yang kompleks (Rates, *et al.*, 2022). Secara spesifik, siswa sekolah dasar cenderung fokus pada hubungan langsung dalam sistem, sementara efek tidak langsung masih sangat sulit (Mambrey, *et al.*, 2020), kesulitan pada kemampuan yang lebih tinggi (Assaraf & Orion, 2010), asumsi elemen dan hubungan sistem tidak mendukung konvensi ilmiah (Mambrey, Schreiber, & Schmiemann, 2020b). Pada jenjang lebih tinggi, siswa sekolah menengah kesulitan memahami sistem pada level mikro tentang makhluk hidup (Tripto, *et al.*, 2018), pemahaman yang kurang tentang sistem ekologi (Eilam, 2012), pemahaman terbatas tentang sistem bumi (Assaraf & Orion, 2005), kemampuan berpikir sistem dalam geografi agak buruk (Cox, Elen, & Steegen, 2019). Pada jenjang perguruan tinggi, berpikir sistem mahasiswa berkembang pada sebagian besar dimensi kognitif, tetapi tidak meningkatkan dimensi afektif berpikir sistemnya (Camelia, *et al.*, 2019). Mahasiswa calon guru sekolah dasar memiliki tingkat berpikir sistem dari pemula hingga menengah pada siklus air (Lee, *et al.*, 2019).

Keterbatasan kemampuan berpikir sistem siswa disinyalir disebabkan banyak hal seperti fokus pada pembelajaran faktual dan kurang menghubungkan pembelajaran akademis ke dunia nyata (Curwen, *et al.*, 2019). Sebagian besar pendidikan tradisional sering terfokus pada pemberian fakta dan informasi tanpa memberikan konteks atau pengalaman nyata kepada siswa. Ketika siswa hanya diberikan informasi faktual tanpa kesempatan untuk menghubungkannya dengan konteks kehidupan sehari-hari atau masalah dunia nyata. Selain itu, kecenderungan penggunaan pendekatan pemikiran reduksionis (Camelia, *et al.*, 2015; Orgill, York, & Mackellar, 2019) yang berfokus pada elemen-elemen individual dalam suatu sistem tanpa mempertimbangkan interaksi kompleks antar elemen tersebut. Dengan kata lain, siswa mungkin terlatih untuk memahami komponen-komponen secara terpisah, namun kurang mampu melihat hubungan dinamis antar elemen dan dampaknya pada keseluruhan sistem. Hal ini berdampak pada kurangnya penekanan pada pengembangan pemahaman hubungan antarunsur dalam konteks yang lebih luas (Nguyen & Santagata, 2020) dan minimnya keterlibatan siswa integrasi pengetahuan (Akcaoglu & Green, 2019; Assaraf & Orion, 2010).

Ditinjau dari aspek kurikulum, pengenalan dan integrasi konsep berpikir sistem sangat minim (Cox, *et al.*, 2019) juga memberikan dampak yang signifikan terhadap kemampuan siswa untuk memahami dan menghadapi tantangan kompleks di dunia nyata. Kurikulum yang kurang memperhatikan konsep berpikir sistem cenderung memberikan penekanan lebih pada pembelajaran fakta-fakta terisolasi tanpa memperkenalkan siswa pada pemahaman tentang bagaimana elemen-elemen tersebut berinteraksi dalam suatu sistem yang kompleks. Lebih dalam lagi adalah keterbatasan aspek pedagogis dari materi tertentu, termasuk pengukurannya (Camelia, *et al.*, 2015). Beberapa materi pembelajaran mungkin dirancang tanpa memperhatikan secara memadai konsep berpikir sistem dan kurangnya integrasi aspek-aspek pedagogis yang mendukung pemahaman holistik. Terkadang, metode pengukuran yang digunakan dalam mengukur pemahaman siswa cenderung bersifat terpisah dan tidak mencerminkan interaksi antar elemen dalam suatu sistem. Keterbatasan ini dapat merugikan siswa dalam

mengembangkan kemampuan berpikir sistem, karena mungkin tidak dapat mengevaluasi atau menyintesis informasi secara komprehensif.

Spesifik pada isu berkelanjutan, kesulitan siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir sistem memiliki dampak yang signifikan terhadap kemampuan pengambilan keputusan (Arndt, 2006; Arnold & Wade, 2015; Arrington, *et al.*, 2021; Batzri, *et al.*, 2015; Berry, *et al.*, 2018; Camelia, *et al.*, 2019; Cox, *et al.*, 2019; Eilam, 2012; Evagorou, *et al.*, 2010; Flynn, *et al.*, 2019; Gilbert, *et al.*, 2018; Gilissen, Knippels, & van Joolingen, 2020; Orgill, *et al.*, 2019; Rates, *et al.*, 2022; Semiz & Teksöz, 2019; Uskola & Puig, 2023; York & Orgill, 2020), termasuk terkait perubahan iklim. Ketika siswa menghadapi kesulitan dalam melihat hubungan dan interaksi kompleks antar elemen dalam suatu sistem, proses pengambilan keputusan mereka dapat menjadi terbatas dan tidak optimal. Pemahaman yang terbatas tentang pilihan keputusan pada satu elemen dapat memengaruhi keseluruhan sistem sehingga mengakibatkan keputusan yang kurang terencana dan kurang berbasis informasi. Kesulitan ini mungkin menghambat kemampuan siswa untuk menganalisis konsekuensi dari pilihan serta merumuskan solusi yang mempertimbangkan dampak holistik (Arnold & Wade, 2015; Lee, *et al.*, 2019; Nagarajan & Overton, 2019; Semiz, 2017). Karena itu, perbaikan dalam pengembangan kemampuan berpikir sistem menjadi kunci penting dalam membantu siswa mengembangkan keterampilan pengambilan keputusan yang lebih cermat dan kontekstual.

Pada kemampuan lain, kesulitan siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir sistem juga berdampak langsung terhadap kesadaran berkelanjutannya (Fanta, Braeutigam, & Riess, 2020; Marcelino, Sjöström, & Marques, 2019; Orgill, *et al.*, 2019; Semiz, 2017). Ketika siswa mengalami kesulitan dalam melihat hubungan kompleks antar elemen dalam suatu sistem, pemahaman mereka tentang dampak keputusan individu terhadap keseluruhan sistem dapat menjadi terbatas. Hal ini memengaruhi kemampuan siswa untuk memahami implikasi jangka panjang dari tindakan mereka terhadap lingkungan dan masyarakat. Kesulitan dalam menguasai konsep keterkaitan dan interdependensi antar elemen sistem dapat menyebabkan kurangnya kepekaan terhadap isu-isu

berkelanjutan. Sebagai hasilnya, siswa mungkin kurang mampu mengidentifikasi dan mendukung solusi berkelanjutan untuk masalah-masalah kompleks yang terkait dengan lingkungan dan masyarakat. Perbaikan dalam kemampuan berpikir sistem dapat memainkan peran kunci dalam meningkatkan kesadaran berkelanjutan siswa sehingga memungkinkan untuk menghadapi dan merespons tantangan global dengan cara yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab.

Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa siswa sekolah dasar di Pulau Jawa memiliki pengetahuan yang terbatas terkait perubahan iklim, bahkan cenderung mengalami miskonsepsi (Sutinah, *et al.*, 2024). Terkait pengambilan keputusan, siswa sekolah dasar memiliki sejumlah kesulitan dalam pengambilan keputusan terkait perubahan iklim. Mereka cenderung mengambil keputusan secara intuitif (Sutinah, *et al.*, 2023a). Penelaahan terakhir terkait kesadaran berkelanjutan terhadap perubahan iklim pada siswa kelas 4 sekolah dasar menunjukkan bahwa siswa cenderung memiliki kesadaran tinggi pada aspek pengetahuan terkait lingkungan, sedangkan pada aspek lainnya sangat minim (Sutinah, *et al.*, 2023b).

Dalam mengatasi masalah perubahan iklim, pendidikan menjadi pilar utama yang diperlukan untuk mengatasinya. Pendidikan perubahan iklim diperlukan agar generasi muda dapat memahami secara komprehensif konsep perubahan iklim sejak dini sehingga dapat mengurangi kesalahpahaman, prakonsepsi, bahkan miskonsepsi yang muncul terkait perubahan iklim (Bangay & Blum, 2010; Herman, *et al.*, 2017; Plutzer & Hannah, 2018). Lebih dalam lagi, pendidikan perubahan iklim dapat mengedukasi siswa langkah-langkah mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim (Anderson, 2012; Bangay & Blum, 2010; Herman, *et al.*, 2017; Plutzer & Hannah, 2018).

Merespon urgensi pendidikan perubahan iklim, pemerintah melalui Kurikulum Merdeka mengambil langkah strategis dengan mengintegrasikan isu perubahan iklim sebagai salah satu topik dalam pembelajaran proyek penguatan profil Pelajar Pancasila (BSKAP, 2022). Keputusan ini mencerminkan pemikiran sistematis, di mana perubahan iklim diakui sebagai bagian integral dari berbagai aspek kehidupan. Dalam konteks pembelajaran proyek, topik perubahan iklim

dinaungi oleh tema Gaya Hidup Berkelanjutan. Hal ini menciptakan keterkaitan antara pemahaman isu perubahan iklim, pengambilan keputusan yang berkelanjutan, dan kesadaran akan pentingnya gaya hidup yang mendukung berkelanjutan lingkungan. Dengan demikian, melalui integrasi perubahan iklim dalam pembelajaran proyek, diharapkan siswa tidak hanya dapat mengembangkan pengetahuan tentang perubahan iklim tetapi juga mampu mengaplikasikan pemikiran sistem, membuat keputusan yang bertanggung jawab, dan meningkatkan kesadaran berkelanjutan dalam tindakan sehari-hari.

Salah satu tantangan yang dihadapi dalam pembelajaran proyek adalah menyusun aktivitas proyek terkait kompleksitas isu yang diangkat. Masalah perubahan iklim melibatkan interaksi antara berbagai faktor sosial, ekonomi, dan teknologi yang saling terkait. Sifat kompleksitas masalah ini menuntut siswa untuk memahami secara menyeluruh dampak-dampak yang terkait, mengidentifikasi solusi yang berkelanjutan, dan bekerja secara kolaboratif dengan berbagai pihak terkait. Dengan demikian, kompleksitas permasalahan terkait perubahan iklim memerlukan pemahaman yang melibatkan multidisiplin sehingga kolaborasi dan kemitraan lintas disiplin semakin diakui sebagai upaya berharga untuk memecahkannya (Fowler, *et al.*, 2019). Untuk itu, pembelajaran proyek khususnya perlu mengajarkan sains dalam keterkaitannya dengan disiplin ilmu lain (Nagarajan & Overton, 2019) yang berkaitan erat diantaranya matematika, teknologi, dan enjineri. Dengan kata lain, sifat multidisiplin dan kompleksitas masalah dunia nyata inilah yang menjadi pendorong pendidikan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) (Roehrig, *et al.*, 2012; So, *et al.*, 2018) dalam pembelajaran proyek.

Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) mencerminkan pembelajaran dari berbagai disiplin ilmu melalui pendekatan terintegrasi (Çilek, 2019) dengan mempertimbangkan karakteristik unik dari setiap disiplin ilmu yang mencakup seperangkat pengetahuan, keterampilan, dan keyakinan, yang dibangun dalam pengintegrasian (Erdogan, Corlu, & Capraro, 2013). STEM menghilangkan hambatan tradisional yang didirikan antara empat disiplin ilmu, dengan mengintegrasikannya ke dalam satu paradigma belajar dan

mengajar yang kohesif (Gustiani, Widodo, & Suwarma, 2017). STEM menitikberatkan keterhubungan antara sains, teknologi, enjineri, dan matematika dalam fenomena alam yang terjadi di lingkungan. Intergrasi sains dan enjineri berperan dalam proses penalaran masalah yang tidak terstruktur dan tidak pasti. Keterampilan proses matematika memfasilitasi pemecahan masalah ilmiah dan siswa menggunakan kemampuan matematika dalam kegiatan penyelidikan. Teknologi berpotensi mendukung sains karena kemampuannya seperti pengumpulan dan analisis data yang efisien, representasi informasi yang jelas, dan cara yang efektif untuk membuat model serta mengomunikasikan hasil (So, *et al.*, 2018).

Efektivitas pembelajaran STEM pada jenjang sekolah dasar telah banyak dibuktikan melalui berbagai penelitian. Hasil penelaahan menunjukkan bahwa STEM merupakan cara efektif untuk meningkatkan sikap siswa terhadap STEM (Ching, Wang, & Swanson, 2019; Dickerson, *et al.*, 2014; Lie, Guzey, & Moore, 2019; Roberts, *et al.*, 2018; Sullivan & Umaschi, 2019; Vongkulluksn, *et al.*, 2018), karir STEM (Hudson, *et al.*, 2020), prestasi belajar (Chang, *et al.*, 2021; Lie, *et al.*, 2019), proses desain rekayasa (English & King, 2015), motivasi belajar (Julià & Antolí, 2019), berpikir matematis (Miller, 2019), self-efficacy (Shang, *et al.*, 2023), dan berpikir komputasi (Shang, *et al.*, 2023; Sirakaya, Sirakaya, & Kormaz, 2020).

Lebih lanjut, STEM juga mampu memperkenalkan dan mempelajari berpikir sistem pada mahasiswa kimia (Flynn, *et al.*, 2019; Fowler *et al.*, 2019; York & Orgill, 2020), pengambilan keputusan mahasiswa calon guru IPA (Altan, *et al.*, 2018) dan mahasiswa calon guru kelas (Ayaz & Sarikaya, 2021), serta pengambilan keputusan siswa SMP (Wahono *et al.*, 2021). Berkaitan dengan isu sosiosaintifik, telah dilakukan penelitian STEM menggunakan masalah sosiologis dalam program pendidikan STEM bagi guru (Johnson, Macalalag, & Dunphy, 2020), isu rekayasa genetik pada siswa SMP (Wahono, *et al.*, 2021), serta integrasi tantangan global dalam kerangka STEM bagi guru (Kelley & Knowles, 2016).

Menelaah uraian hasil penelitian di atas mengungkap fakta bahwa implementasi STEM terkait perubahan iklim dalam pembelajaran proyek penguatan profil Pelajar Pancasila untuk meningkatkan berpikir sistem, pengambilan keputusan, dan kesadaran berkelanjutan merupakan suatu kebaruan. Langkah ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk tidak hanya memahami fenomena perubahan iklim secara teoritis tetapi juga mengaplikasikan pengetahuan mereka dalam konteks nyata melalui proyek berbasis sains. Dengan demikian, mereka dapat mengembangkan berpikir sistematis dalam memahami kompleksitas perubahan iklim dan mengaitkannya dengan berbagai disiplin ilmu STEM. Selain itu, pengambilan keputusan menjadi lebih terinformasi dan responsif terhadap tantangan lingkungan, sementara kesadaran berkelanjutan terbentuk melalui keterlibatan aktif dalam proyek yang mendorong tindakan berkelanjutan. Implementasi proyek STEM dalam konteks perubahan iklim bukan hanya membuka wawasan baru dalam pendidikan, tetapi juga menciptakan landasan yang kuat bagi pembentukan generasi muda yang memiliki keterampilan dan pemahaman holistik dalam menghadapi tantangan lingkungan global. Atas dasar itulah, penelitian ini mengusung judul *Proyek Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) pada Isu Pengendalian Perubahan Iklim dalam Meningkatkan Berpikir Sistem, Pengambilan Keputusan, dan Kesadaran Berkelanjutan*.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada uraian latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah “Bagaimana Proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)* pada Isu Pengendalian Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Berpikir Sistem, Pengambilan Keputusan, dan Kesadaran Berkelanjutan?” Rumusan masalah tersebut diuraikan ke dalam pertanyaan-pertanyaan penelitian sebagai berikut.

1. Bagaimana proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)* pada isu pengendalian perubahan iklim berdampak terhadap berpikir sistem siswa?

2. Bagaimana proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada isu pengendalian perubahan iklim berdampak terhadap pengambilan keputusan siswa?
3. Bagaimana proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada isu pengendalian perubahan iklim berdampak terhadap kesadaran berkelanjutan siswa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian mengacu pada rumusan masalah yang telah dikemukakan di atas. Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk “Mendeskripsikan Proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada Isu Pengendalian Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Berpikir Sistem, Pengambilan Keputusan, dan Kesadaran Berkelanjutan.” Adapun tujuan penelitian secara rinci sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan dampak proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada isu pengendalian perubahan iklim terhadap berpikir sistem siswa.
2. Mendeskripsikan dampak proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada isu pengendalian perubahan iklim terhadap pengambilan keputusan siswa.
3. Mendeskripsikan dampak proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada isu pengendalian perubahan iklim terhadap kesadaran berkelanjutan siswa.

1.4 Manfaat Penelitian

Merujuk pada tujuan penelitian, diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi, mencakup manfaat teoritis terhadap riset keilmuan dan manfaat praktis pada praktik pendidikan. Secara teoritis dapat memberikan kontribusi konseptual tentang berpikir sistem, pengambilan keputusan, dan kesadaran berkelanjutan. Secara praktis, dapat berguna untuk mengetahui dampak implementasi proyek *Science, Technology, Engineering, Mathematics* (STEM)

dan penelitian yang serupa, baik dalam bentuk pengulangan, perluasan, atau memperdalam. Adapun manfaat dari penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Manfaat Teoretis

- a. Menyumbangkan pemahaman yang lebih mendalam terkait sistem-sistem yang kompleks dalam konteks perubahan iklim. Hal ini dapat membantu dalam mengembangkan teori-teori baru tentang interaksi berbagai faktor serta pengaruhnya terhadap lingkungan alam dan sosial.
- b. Menghasilkan wawasan baru tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pengambilan keputusan terkait kebijakan lingkungan. Ini dapat membuka jalan bagi pengembangan teori-teori psikologi dan sosiologi yang memperhitungkan faktor-faktor seperti kesadaran berkelanjutan dan tanggapan masyarakat terhadap perubahan iklim.
- c. Meningkatkan kesadaran dan sikap proaktif terhadap masalah lingkungan sebagai dampak kajian mendalam terkait konsep kesadaran berkelanjutan. Hal ini dapat berkontribusi terhadap perkembangan teori-teori psikologi lingkungan dan pendidikan lingkungan.

2. Manfaat Praktis

- a. Menjadi rujukan pembelajaran proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada isu pengendalian perubahan iklim serta dampaknya terhadap berpikir sistem, pengambilan keputusan, dan kesadaran berkelanjutan.
- b. Meningkatkan keterampilan siswa dalam memahami dan menganalisis sistem kompleks seperti interaksi antara kegiatan manusia dan lingkungan alam. Ini membantu mereka dalam mengembangkan kemampuan berpikir sistem yang kritis dan kreatif.
- c. Mengasah kemampuan siswa dalam melakukan pengambilan keputusan yang berbasis bukti dan berkelanjutan. Siswa belajar untuk mengevaluasi berbagai opsi dan dampaknya terhadap lingkungan, serta mempertimbangkan solusi-solusi yang dapat memberikan hasil terbaik dalam jangka panjang.

- d. Melalui kesadaran yang ditingkatkan tentang masalah perubahan iklim dan dampaknya, proyek ini dapat mendorong tindakan nyata untuk mendukung berkelanjutan. Peserta dapat terlibat dalam inisiatif lokal atau kampanye sosial untuk mempromosikan praktik-praktik ramah lingkungan di sekolah dan masyarakat.

1.5 Definisi Operasional

Dalam penelitian ini, definisi operasional dibutuhkan untuk mencegah terjadinya penafsiran yang keliru. Definisi operasional yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Proyek *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) pada isu pengendalian perubahan iklim merupakan pembelajaran proyek yang berisi lima kegiatan berbasis STEM dengan mengacu pada langkah *Engineering Design Process* (EDP) sebagai upaya berkontribusi terhadap pengendalian perubahan iklim di level sekolah dasar. Langkah *Engineering Design Process* (EDP) meliputi a) *define problem*, b) *research*, c) *image & plan solution*, d) *create, test, evaluate & redesign*, e) *communicate*.
2. Berpikir sistem merupakan kemampuan memahami setiap komponen dalam sistem beserta interaksi yang terjadi di dalamnya. Indikator berpikir sistem dalam penelitian ini meliputi: a) mengidentifikasi komponen-komponen suatu sistem dan proses-proses di dalam sistem tersebut, b) mengidentifikasi hubungan antar komponen sistem, c) mengidentifikasi hubungan dinamis dalam sistem, d) mengatur komponen dan proses dalam kerangka hubungan, e) memahami sifat siklik dari sistem, f) membuat generalisasi, g) memahami dimensi tersembunyi, dan h) berpikir temporal. Kemampuan berpikir sistem diukur menggunakan tes pilihan ganda dan dianalisis dengan uji beda dan prasyaratnya, serta menghitung n-gain.
3. Pengambilan keputusan merupakan kemampuan menentukan pilihan yang disadari yang mengacu pada nilai, preferensi, dan pengetahuan yang dimiliki. Indikator pengambilan keputusan meliputi: a) mengidentifikasi masalah, b) menghasilkan alternatif solusi, c) mengevaluasi alternatif solusi; d)

menentukan pilihan, dan (e) mengevaluasi pilihan keputusan. Pengambilan keputusan diukur menggunakan tes pilihan ganda dan dianalisis dengan uji beda dan prasyaratnya, serta menghitung n-gain.

4. Kesadaran berkelanjutan merupakan kesadaran untuk menjaga serta menghargai lingkungan dan kehidupan di sekitarnya. Kesadaran berkelanjutan menggambarkan gabungan pengetahuan, sikap, dan perilaku yang berkaitan dengan masalah lingkungan. Indikator dari kesadaran berkelanjutan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: a) Pengetahuan tentang lingkungan, sosial, dan ekonomi; b) Sikap terhadap lingkungan, sosial, dan ekonomi; serta c) Perilaku terhadap lingkungan, sosial, dan ekonomi. Kesadaran berkelanjutan diukur menggunakan angket dan dianalisis secara kuantitatif deskriptif.

1.6 Struktur Organisasi Disertasi

Secara garis besar, bagian ini menjelaskan isi masing-masing bab, susunan penulisan, dan hubungan antara bab-bab tersebut, sebagai kerangka kerja yang koherens dari disertasi. Disertasi ini terstruktur atas lima bab, meliputi pendahuluan, kajian pustaka, metode penelitian, temuan dan pembahasan, serta simpulan, implikasi, dan rekomendasi. Bab I, yakni Pendahuluan, terdiri atas penjelasan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, definisi operasional, dan struktur organisasi disertasi. Bab II yaitu Kajian Pustaka, berfokus pada gagasan-gagasan yang membangun penelitian. Bagian ini mencakup tentang pembelajaran proyek, STEM, berpikir sistem, pengambilan keputusan, kesadaran berkelanjutan, dan perubahan iklim.

Bab III yaitu Metode Penelitian yang menjabarkan secara garis besar prosedur penelitian. Bagian ini memuat desain penelitian, partisipan, populasi dan sampel, instrumen penelitian, prosedur penelitian, dan analisis data. Pada Bab IV tentang Temuan dan Pembahasan, disajikan hasil penelitian sesuai dengan pengolahan dan analisis data, mengikuti urutan rumusan masalah penelitian, dan memaparkan pembahasan temuan untuk menjawab pertanyaan penelitian. Pemaparan temuan dan pembahasan menggunakan pola tematik yang

menggabungkan pemaparan temuan dan pembahasan secara simultan. Terakhir, Bab V yaitu Simpulan, Implikasi, dan Rekomendasi, yang menyajikan penafsiran dan pemaknaan terhadap hasil analisis temuan penelitian dan mengajukan hal-hal penting yang dapat dimanfaatkan dari hasil penelitian. Bab ini disajikan dengan cara penulisan uraian padat.