

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teori

2.1.1 Lembar Kerja Peserta didik

2.1.1.1 Pengertian LKPD

Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) adalah bahan ajar yang memudahkan peserta didik belajar secara mandiri. LKPD adalah perangkat pembelajaran yang berisi panduan atau materi pembelajaran agar peserta didik dapat belajar secara mandiri untuk meningkatkan pemahaman, keterampilan dan sikap (Raudoh, 2023). Menurut (Selmin et al., 2020) LKPD memudahkan pembelajaran sesuai metode yang diajarkan pendidik kepada peserta didik dan mengarahkan peserta didik dalam kegiatan pembelajaran. LKPD merupakan suatu bahan ajar cetak berupa lembar kertas yang berisi materi, urutan kegiatan dan tugas yang harus dikerjakan oleh peserta didik.

LKPD adalah lembar kegiatan yang berisi permasalahan materi yang dipelajari, LKPD digunakan sebagai pedoman agar memudahkan belajar peserta didik dan menunjang kegiatan belajar mengajar pendidik (Nafisa, Sayyida et al., 2025). LKPD yang disusun dapat dirancang dan dikembangkan sesuai dengan kondisi dan situasi kegiatan pembelajaran yang akan dihadapi. Hal ini senada juga dikemukakan oleh Wulandari (2025) yang menyatakan bahwa LKPD adalah panduan peserta didik yang digunakan dalam melakukan penyelidikan atau pemecahan masalah.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa LKPD adalah bahan ajar cetak yang berisi serangkaian kegiatan dan tugas belajar yang dirancang secara sistematis untuk membantu peserta didik belajar secara mandiri.

2.1.1.2. Fungsi dan Tujuan LKPD

Menurut Prastowo, Andi (2015), LKPD memiliki empat fungsi utama yaitu:

1. Sebagai bahan ajar yang meminimalkan peran pendidik namun lebih mengaktifkan peserta didik.
2. Sebagai bahan ajar yang mempermudah peserta didik untuk memahami materi yang diberikan.
3. Sebagai bahan ajar yang ringkas dan kaya tugas untuk berlatih
4. Sebagai bahan yang memudahkan pelaksanaan pengajaran kepada peserta didik

Adapun tujuan penyusunan LKPD menurut Depdiknas (2008) adalah:

1. Menyajikan bahan ajar yang memudahkan peserta didik berinteraksi dengan materi yang diberikan.
2. Menyajikan tugas-tugas yang meningkatkan penguasaan peserta didik terhadap materi yang diberikan.
3. Melatih kemandirian belajar peserta didik.
4. Memudahkan pendidik dalam memberikan tugas kepada peserta didik.

2.1.1.3 Unsur-unsur LKPD

Sebagai bahan ajar, Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) memiliki komponen penting yang dirancang secara sistematis untuk membantu proses pembelajaran yang aktif, efektif, dan terarah. Komponen ini berfungsi sebagai struktur utama dalam pengembangan LKPD agar sesuai dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik peserta didik. Dalam hal struktur, LKPD merupakan bahan ajar yang lebih sederhana daripada modul tetapi lebih kompleks daripada buku. LKPD yang baik terdiri atas judul, bentuk pembelajaran, kompetensi dasar atau materi pokok, informasi pendukung, langkah kerja atau tugas dan penilaian. Sedangkan dalam formatnya, terdapat beberapa unsur, yaitu judul, kompetensi dasar yang akan dicapai, waktu penyelesaian, bahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas, penjelasan singkat, tugas yang harus diselesaikan, dan laporan yang harus di kerjakan (Prastowo, Andi 2015).

2.1.1.4. Kelebihan dan Kekurangan LKPD

Menurut Bawadi (2019) LKPD memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan:

1) Kelebihan:

1. Kemudahan pengguna, LKPD adalah bahan ajar yang paling mudah digunakan, sehingga dapat dipelajari dimana saja dan kapan saja tanpa bantuan alat khusus.
2. Kualitas pengajaran, LKPD dinilai lebih unggul daripada bahan ajar lain. Hal ini disebabkan bahwa LKPD adalah bahan ajar yang dapat membantu mengembangkan kemampuan peserta didik untuk belajar tentang fakta dan prinsip-prinsip umum dengan menggunakan argumentasi realistik.
3. Kualitas penyampaian pesan pembelajaran adalah peserta didik mampu menggunakan kata kata, angka, diagram, dan gambar dengan cepat.
4. Aspek Ekonomi, LKPD dinilai lebih murah jika dibandingkan dengan bahan ajar lain yang digunakan di sekolah. Selain itu, LKPD membantu guru melihat capaian belajar peserta didik sebagai bentuk keberhasilan.
5. Selain itu, LKPD dapat meningkatkan aktivitas belajar dan mendorong peserta didik untuk menjadi lebih mandiri. Hal lain adalah bahwa LKPD dapat membantu membimbing peserta didik kearah pengembangan konsep.

2) Kekurangan LKPD:

LKPD memiliki beberapa kekurangan. Peserta didik yang kurang kreatif akan tertinggal dalam menggunakannya karena mereka kesulitan memperoleh pengetahuan yang lebih dalam, dan mempresentasikan hasil pengamatan mereka dengan mudah. Selain itu, guru yang tidak kreatif dalam penggunaan LKPD kemungkinan besar akan menghadapi kesulitan membuatnya. Untuk menerapkan LKPD guru dan peserta didik harus kreatif.

2.1.1.5. LKPD berbasis STEM

Beberapa penelitian pengembangan telah membuktikan bahwa LKPD berbasis STEM dapat menghasilkan bahan ajar yang valid dan efektif digunakan dalam pembelajaran. Furqoniyah dkk (2022) mengembangkan LKPD berbasis STEM pada materi pemanasan global untuk peserta didik kelas XI SMA dan memperoleh hasil validasi sebesar 89%, dengan tingkat efektivitas tinggi berdasarkan uji *N-Gain* sebesar 72% serta tanggapan positif dari peserta didik terhadap penggunaan LKPD tersebut. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengintegrasian komponen STEM kedalam LKPD mampu menghasilkan bahan ajar yang tidak hanya sesuai secara konsep, tetapi juga terbukti mendorong peningkatan hasil belajar peserta didik secara signifikan.

2.1.1.6. LKPD dalam pembelajaran biologi

Pengembangan LKPD berbasis STEM juga telah diterapkan secara khusus pada materi sistem pernapasan manusia. Samosir & Sipayung (2022) mengembangkan Lembar Kegiatan Peserta Didik pembelajaran Biologi berbasis STEM pada materi sistem pernapasan manusia untuk kelas XI MIA, yang menunjukkan bahwa pendekatan STEM dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam bahan ajar biologi pada topik ini. Sejalan dengan itu, Amthari dkk (2021) mengembangkan e-LKPD berbasis saintifik pada materi sistem pernapasan kelas XI SMA, dilatarbelakangi oleh temuan bahwa peserta didik masih kesulitan memahami konsep sistem pernapasan manusia melalui metode konvensional. Kedua penelitian tersebut memperkuat bahwa materi sistem pernapasan memerlukan bahan ajar yang mampu menghadirkan pengalaman belajar konkret, sebagaimana yang diupayakan melalui LKPD berbasis STEM pada penelitian ini.

2.1.1.7. Efektivitas LKPD

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan LKPD (termasuk dalam bentuk elektronik) terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Ramadhana & Hadi (2022) menerapkan model pembelajaran berbasis e-learning berbantuan LKPD elektronik pada mata pelajaran matematika kelas XI dan menemukan bahwa hasil belajar peserta didik meningkat dari kategori sangat

rendah (rata-rata 49,56) menjadi kategori tinggi (rata-rata 86,11) setelah penerapan LKPD tersebut, disertai keterlaksanaan pembelajaran sebesar 81,48% dan aktivitas peserta didik pada kategori baik (82,41%). Temuan ini menunjukkan bahwa LKPD, sebagai media yang membimbing peserta didik secara terstruktur, dapat mendorong peningkatan hasil belajar secara signifikan. Efektivitas ini berpotensi semakin meningkat apabila LKPD dirancang dengan pendekatan yang mendorong keterlibatan aktif peserta didik, seperti pendekatan berbasis STEM, karena peserta didik tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga terlibat langsung dalam proses analisis, eksperimen, dan pemecahan masalah selama pembelajaran berlangsung.

2.1.2. Pendekatan STEM dalam pembelajaran

2.1.2.1. Pengertian STEM

Pendekatan STEM adalah pembelajaran yang menggabungkan empat komponen, yaitu *science*, *technology*, *engineering*, *mathematics*, keempat gabungan ini sangat menguatkan (Rahmawati et al., 2021). Hal ini serupa dikemukakan oleh Sujarwanto (2023) STEM merupakan pendekatan yang menghubungkan berbagai disiplin Sains, Teknologi, Keteknikan dan Matematika untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi perkembangan sains dan teknologi serta mampu menyelesaikan permasalahan nyata melalui integrasi materi pembelajaran. Karena pendekatan STEM mengutamakan pembelajaran hands-on dalam konteks dunia nyata, diharapkan peserta didik akan berpartisipasi secara aktif dalam proses berpikir.

2.1.2.2. Komponen STEM

Dalam pembelajaran biologi, keempat komponen STEM dapat diintegrasikan sebagai berikut:

1. *Science* (sains) mencakup konsep biologi yang dipelajari oleh peserta didik, termasuk fakta, prinsip, hukum, dan teori. Pada materi sistem pernapasan, komponen sains meliputi pemahaman tentang anatomi organ pernapasan, mekanisme inspirasi dan ekspirasi, pertukaran gas, transportasi oksigen dan karbondioksida, serta gangguan sistem pernapasan.

2. *Technology* (Teknologi) mencakup berbagai penggunaan alat dan teknologi yang berkaitan dengan materi yang dipelajari. Pada materi sistem pernapasan komponen teknologi meliputi pemahaman mengenai alat bantu pernapasan seperti Inhaler, nebulizer, spirometer, serta teknologi CT scan untuk paru paru.
3. *Engineering* (Rekayasa) mencakup proses merancang dan membuat solusi untuk memecahkan masalah. Pada materi sistem pernapasan, komponen rekayasa dapat diwujudkan melalui kegiatan merancang model paru-paru atau merancang sistem filtrasi udara.
4. *Mathematics* (Matematika) mencakup penggunaan konsep dan operasi matematika dalam konteks sains. Pada materi sistem pernapasan komponen matematika meliputi penghitungan volume tidal, volume cadangan inspirasi, volume cadangan ekspirasi, kapasitas paru-paru, frekuensi pernapasan, serta analisis grafik pernapasan.

Pendekatan STEM secara teoritis didasarkan pada teori belajar konstruktivisme, khususnya pembelajaran kontekstual yang menekankan bahwa peserta didik membangun pemahamannya sendiri melalui pengalaman nyata, bukan sekadar menerima informasi secara pasif. Selain itu, STEM juga dilandasi oleh prinsip pemecahan masalah, di mana peserta didik dihadapkan pada permasalahan nyata yang harus memecahkan melalui proses berpikir sistematis, serta *Engineering Design Process* (EDP), yaitu siklus rekayasa yang meliputi identifikasi masalah, perancangan solusi, pembuatan produk, pengujian, dan penyempurnaan (Sujarwanto, 2023). Landasan ketiga ini menjadikan pembelajaran STEM tidak sekadar mengintegrasikan empat bidang keilmuan konten secara, tetapi juga membentuk cara berpikir peserta didik dalam menghadapi masalah secara kontekstual, sistematis, dan berorientasi pada solusi, sehingga secara langsung turut serta melatih kemampuan berpikir kritis peserta didik.

2.1.2.3. Tujuan STEM

Menurut Andini (2022) dalam konteks pendidikan STEM bertujuan untuk menghasilkan peserta didik yang mempunyai:

1. Memiliki pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk menemukan masalah dalam situasi kehidupannya, menjelaskan fenomena alam, mendesain, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti.
2. Memahami bahwa STEM adalah bidang pengetahuan, penelitian dan desain yang digagas manusia.
3. Memahami bagaimana STEM membentuk lingkungan material intelektual dan kultural.
4. Mampu terlibat dalam studi terkait isu permasalahan STEM

2.1.2.4. Kelebihan dan Kekurangan STEM

Beberapa keuntungan dari pendekatan STEM adalah sebagai berikut:

1) Meningkatkan pemahaman tentang bagaimana prinsip, ide dan keahlian suatu disiplin ilmu tertentu berhubungan satu sama lain ; 2) Menumbuhkan rasa ingin tahu peserta didik dan mendorong imajinasi kreatif dan berpikir kritis mereka; 3) Membantu peserta didik memahami dan bereksperimen dengan proses ilmiah; dan 4) Mendorong kerja kelompok yang berkolaborasi dan bekerjasama satu sama lain dalam memecahkan masalah. Pendekatan STEM juga membantu meningkatkan pengetahuan peserta didik, termasuk pengetahuan ilmiah dan matematika, serta membantu peserta didik memahami dan bereksperimen dengan proses ilmiah.

Kekurangan menggunakan model STEM adalah peserta didik membutuhkan banyak waktu untuk menyelesaikan suatu masalah, bahwa peserta didik yang kesulitan mengumpulkan informasi dalam bereksperimen akan menghadapi kesulitan, bahwa ada kemungkinan tidak terlibat secara aktif dalam kerja kelompok, dan bahwa peserta didik mungkin tidak dapat memahami topik secara keseluruhan jika topik yang diberikan kepada setiap kelompok berbeda, peserta didik hanya akan fokus kedalam satu topik saja (Izzani, 2019).

2.1.2.5. Integrasi STEM

Penerapan pendekatan STEM dalam LKPD yang dikembangkan pada penelitian ini diwujudkan secara nyata melalui integrasi keempat komponen dalam setiap aktivitas pembelajaran materi volume paru-paru. Komponen *science* diterapkan melalui pemahaman konsep volume paru-paru dan kaitannya dengan kehidupan nyata, sehingga peserta didik dilatih mengaitkan konsep ilmiah dengan pengalaman di sekitar mereka. Komponen *technology* diwujudkan melalui pemanfaatan video pembelajaran sebagai stimulus yang membantu peserta didik memvisualisasikan proses yang bersifat abstrak. Komponen *Engineering* diterapkan melalui kegiatan merancang dan membuat spirometer sederhana, dimana peserta didik menerapkan prinsip-prinsip rekayasa secara langsung termasuk melakukan penyesuaian apabila terdapat kendala teknis. Adapun komponen *Mathematics* diintegrasikan melalui kegiatan pengukuran dan pengolahan data volume paru-paru setiap anggota kelompok kedalam tabel, sehingga peserta didik terlatih menganalisis data secara matematis dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris.

Penerapan STEM pada materi volume paru-paru sangat relevan karena materi ini menuntut peserta didik untuk tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu membuktikan nya melalui kegiatan ilmiah yang terukur. Volume paru-paru merupakan materi yang erat kaitan nya dengan kehidupan nyata, seperti kapasitas pernapasan dan kondisi kesehatan paru-paru seseorang, sehingga sangat sesuai untuk dikaji melalui pendekatan yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa dan matematika secara terpadu. Dengan demikian, LKPD berbasis STEM pada materi volume paru-paru ini tidak hanya membantu peserta didik memahami konsep secara mendalam, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis melalui pengalaman belajar yang kontekstual, aktif dan bermakna.

2.1.3. Kemampuan Berpikir Kritis

2.1.3.1. Pengertian Kemampuan Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis merupakan salah satu kemampuan berpikir tingkat tinggi yang sangat penting untuk dikembangkan dalam pendidikan abad ke-21. Norris dan Ennis (1989) mendefinisikan berpikir kritis sebagai pemikiran yang masuk akal dan reflektif yang berfokus pada memutuskan apa yang harus dipercaya atau dilakukan. Artinya, setiap individu tidak menerima informasi secara langsung tanpa adanya pertimbangan, tetapi melakukan analisis dan evaluasi sebelum membuat suatu keputusan. Dengan demikian, berpikir kritis bertujuan untuk menentukan keyakinan dan tindakan berdasarkan alasan logis dan bukti yang relevan, peserta didik yang melakukan latihan terus menerus dapat meningkatkan berpikir kritis, dan perlu mengembangkan kemampuan berpikirnya dengan memperbanyak informasi dengan memanfaatkan teknologi (Susanti et al. 2023).

Berdasarkan definisi tersebut, disimpulkan bahwa kemampuan berpikir kritis merupakan upaya seseorang untuk melakukan evaluasi argumen, dan membuat sebuah keputusan yang logis berdasarkan bukti.

2.1.3.2. Indikator berpikir kritis

Untuk mengukur kemampuan berpikir kritis bisa dilakukan melalui percobaan dengan menggunakan tes. Instrumen tes menuntut peserta didik menganalisis, mensintesis, mengenali dan memecahkan masalah, menyimpulkan dan mengevaluasi atau menilai adalah indikator berpikir yang dikembangkan melalui kegiatan (Jahro et al., 2021). Kelima indikator tersebut dapat diuraikan yaitu:

1. Keterampilan menganalisis, merupakan suatu keterampilan menguraikan sebuah struktur kedalam bagian-bagiannya untuk mengetahui bagaimana pengorganisasian struktur tersebut. Tujuan nya adalah memahami sebuah konsep global dengan menguraikan kedalam bagian yang lebih kecil dan terperinci.

2. Keterampilan mensintesis, merupakan keterampilan menggabungkan bagian-bagian menjadi struktur atau susunan yang baru. Tujuan nya untuk menyatukan informasi yang diperoleh, sehingga mendapatkan ide baru.
3. Keterampilan mengenali dan memecahkan masalah, merupakan keterampilan menerapkan konsep terhadap beberapa pengertian baru, tujuan nya agar memahami dan menerapkan konsep kedalam permasalahan atau ruang lingkup yang baru.
4. Keterampilan menyimpulkan, merupakan tindakan kognitif yang bergantung pada pengetahuan atau pemahaman (kebenaran) untuk mengembangkan pemahaman baru yang lain.
5. Keterampilan mengevaluasi, merupakan keterampilan yang membutuhkan pemikiran mendalam dalam menentukan nilai sesuatu dengan berbagai kriteria yang ada (Ennis, 1989).

2.1.3.3. Faktor yang mempengaruhi Kemampuan Berpikir Kritis

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan berpikir kritis pada peserta didik antara lain; 1) faktor internal, meliputi motivasi belajar, pengetahuan awal, dan gaya belajar peserta didik; 2) faktor eksternal, meliputi kualitas bahan ajar, metode pembelajaran, dan lingkungan belajar; 3) faktor interaksi antara guru dengan peserta didik selama proses pembelajaran; 4) faktor ketersediaan sumber belajar yang mendukung kemampuan berpikir kritis tingkat tinggi.

2.1.3.4. Hubungan LKPD berbasis STEM dengan Kemampuan Berpikir Kritis

LKPD berbasis STEM memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini sebabkan LKPD berbasis STEM: 1) menyajikan masalah yang kontekstual yang mendorong peserta didik berpikir analitis dan evaluatif; 2) mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu yang melatih peserta didik untuk berpikir secara holistik; 3) mendorong peserta didik untuk aktif mengkonstruksi pengetahuan melalui kegiatan penyelidikan; 4) menuntut peserta didik untuk menginterpretasi data, menganalisis informasi, dan membuat inferensi.

yang logis; 5) memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengevaluasi solusi yang mereka rancang.

2.1.4. Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PJBL)

2.1.4.1. Pengertian PJBL

Project Based Learning (PJBL) merupakan model pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan sebagai inti pembelajaran, di mana peserta didik melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi, dan sintesis informasi untuk menghasilkan berbagai produk pembelajaran. PJBL juga didefinisikan sebagai pendekatan pembelajaran yang mendorong peserta didik untuk membangun pemahaman mereka sendiri melalui kerja sama dengan teman sekelas dalam kelompok, dengan tujuan menyelesaikan proyek yang telah ditentukan oleh guru (Faslia dkk., 2023). Melalui PJBL, peserta didik tidak hanya berperan sebagai penerima informasi, tetapi terlibat aktif dalam merancang, memecahkan masalah, mengambil keputusan, dan melakukan investigasi untuk menghasilkan produk nyata yang bermakna bagi proses belajarnya.

2.1.4.2. Sintaks PJBL

Kemdikbud (2014) menguraikan sintaks PJBL ke dalam enam tahapan, yaitu: 1) penentuan pertanyaan mendasar (*start with essential question*), yang mengarahkan peserta didik pada permasalahan kontekstual yang akan diselesaikan melalui proyek; 2) mendesain perencanaan proyek, yang dilakukan secara kolaboratif antara guru dan peserta didik; 3) menyusun jadwal pelaksanaan proyek; 4) memonitor kemajuan proyek peserta didik; 5) menguji hasil atau produk yang dihasilkan; serta 6) mengevaluasi pengalaman belajar peserta didik setelah proyek selesai dilaksanakan. Keenam tahapan ini menjadikan PJBL sebagai model pembelajaran yang terstruktur namun tetap memberi ruang bagi kreativitas dan kemandirian peserta didik dalam menyelesaikan proyeknya.

2.1.4.3. Keterkaitan PjBL dengan LKPD

PjBL dan LKPD memiliki keterkaitan yang erat, karena LKPD dapat berfungsi sebagai panduan tertulis yang menuntun peserta didik melalui setiap tahapan proyek dalam PjBL, mulai dari perencanaan hingga evaluasi. Sari, Taufina, & Fachruddin (2020) mengembangkan LKPD dengan model PjBL untuk peserta didik sekolah dasar dan memperoleh tingkat kevalidan sebesar 3,59 (kategori sangat valid) dari segi isi, bahasa, penyajian, kegrafikan, dan kesesuaian dengan RPP, serta tingkat kepraktisan sebesar 88,9% berdasarkan respon pendidik dan efektivitas sebesar 86,7%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKPD yang dirancang berdasarkan sintaks PjBL dapat menjadi media yang valid, praktis, dan efektif untuk membimbing peserta didik menyelesaikan proyek secara sistematis, sekaligus mendukung ketercapaian tujuan pembelajaran.

2.1.4.4. Keterkaitan PjBL dengan STEM dan Kemampuan Berpikir Kritis

PjBL merupakan model pembelajaran yang secara alami sejalan dengan pendekatan STEM, karena keduanya sama-sama menekankan penyelesaian masalah nyata melalui kegiatan proyek yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu. Afriana, Permanasari, & Fitriani (2016) menerapkan PjBL yang diintegrasikan dengan pendekatan STEM dan menemukan bahwa pendekatan ini efektif meningkatkan literasi sains peserta didik, dengan peningkatan *N-Gain* pada kategori sedang, serta direspon secara positif oleh hampir seluruh peserta didik karena memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Melalui tahapan PjBL, peserta didik dilatih untuk merumuskan pertanyaan, merancang solusi, menguji hasil rancangan, dan mengevaluasi produk yang dihasilkan, yang mana keempat proses ini secara langsung melatih indikator kemampuan berpikir kritis, yaitu menganalisis, mensintesis, mengenali dan memecahkan masalah, menyimpulkan, serta mengevaluasi. Dengan demikian, penggunaan PjBL sebagai kerangka penyusunan LKPD berbasis STEM diharapkan mampu memfasilitasi peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik secara terstruktur pada setiap tahapan proyek.

2.1.5. Sistem Pernapasan

2.1.5.1. Organ Sistem Pernapasan

Pernapasan pada manusia melibatkan sejumlah organ yang berhubungan satu sama lain sehingga udara bebas dari luar masuk kedalam paru-paru. Pada paru-paru terjadi pertukaran udara, oksigen berdifusi ke aliran darah, sedangkan karbon dioksida masuk ke paru paru untuk dibuang keluar tubuh. Organ-organ utama sistem pernapasan meliputi terdiri atas:

1. Rongga hidung

Hidung adalah alat pernapasan paling atas dan merupakan tempat awal masuknya udara. Didalam rongga hidung dilapisi selaput lender (mukosa) dan banyak ditumbuhi rambut-rambut halus untuk menyaring udara. Fungsi hidung antara lain menyaring udara yang masuk, menghangatkan udara (sehingga udara dari luar akan memiliki suhu yang sama dengan tubuh) serta melembapkan udara.

2. Trakea

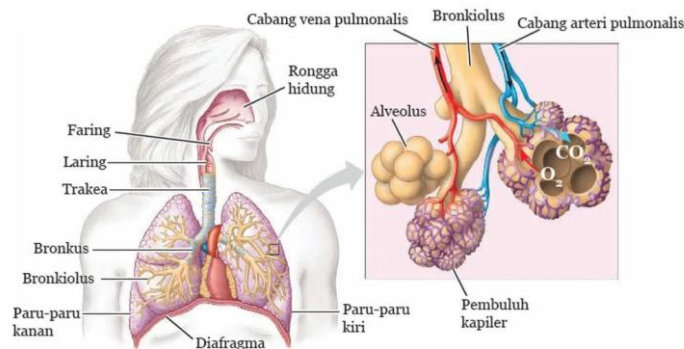
Trakea berbentuk pipa seperti huruf C yang disusun oleh tulang rawan. Trakea bagian terdalam terdapat sel-sel epitel bersilia yang berfungsi mengeluarkan benda asing yang masuk ke alat pernapasan Bersama udara.

3. Bronkus

Bronkus merupakan saluran yang menghubungkan trakea dengan paru-paru. Struktur bronkus sama dengan trakea dan bercabang dua. Bronkus dalam paru-paru bentuknya bercabang-cabang. Cabang bronkus paling kecil disebut bronkiolus.

4. Paru-paru

Paru-paru diselubungi suatu kantung berselaput, yaitu pleura parietalis dan pleura viseralis. Paru-paru kiri terdiri atas dua lobus, sedangkan paru-paru kanan terdiri dari 3 lobus. Bronkiolus bercabang-cabang lagi dan berakhir pada kantung udara yang lebih kecil yang disebut alveolus. Pada alveolus terjadi pertukaran oksigen dan karbon dioksida secara difusi. Alveolus banyak mengandung kapiler-kapiler darah.



Gambar 2. 1 Organ sistem pernapasan

Sumber : Diadaptasi dari *Campbell Biology* 12 Edition (Urry et,al., 2020)

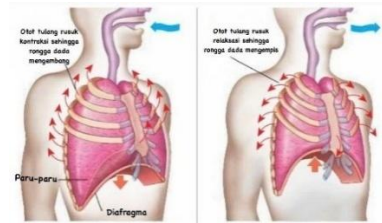
2.1.5.2. Mekanisme Pernapasan

Mekanisme pernapasan pada manusia dibedakan menjadi dua, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut.

Pernapasan dada, yaitu pernapasan yang melibatkan otot antartulang rusuk. Proses yang terjadi, yaitu: 1) fase inspirasi. Pada fase ini, otot antartulang rusuk berkontraksi yang mengakibatkan rongga dada membesar, tekanan dalam rongga dada lebih kecil daripada tekanan di luar, sehingga oksigen dari luar dapat masuk; 2) fase ekspirasi, fase ini disebut dengan fase relaksasi, yaitu otot antar tulang rusuk kembali pada posisi semula yang diikuti oleh turunya tulang rusuk, sehingga rongga dada mengecil, akibatnya tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan udara luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbondioksida keluar.

Pernapasan perut, yaitu pernapasan yang melibatkan otot diafragma. Proses yang terjadi ada dua, yaitu: 1) fase inspirasi. Pada fase ini otot diafragma berkontraksi, sehingga rongga dada membesar yang mengakibatkan tekanan dalam rongga dada lebih kecil daripada tekanan di luar, sehingga udara yang kaya oksigen dapat masuk. 2) fase ekspirasi. Fase ini merupakan fase relaksasi atau kembalinya otot diafragma pada posisi semula yang diikuti oleh turunnya tulang rusuk, sehingga rongga dada menjadi kecil. Akibatnya tekanan di dalam rongga dada

menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara dalam rongga dada yang kaya karbondioksida keluar.

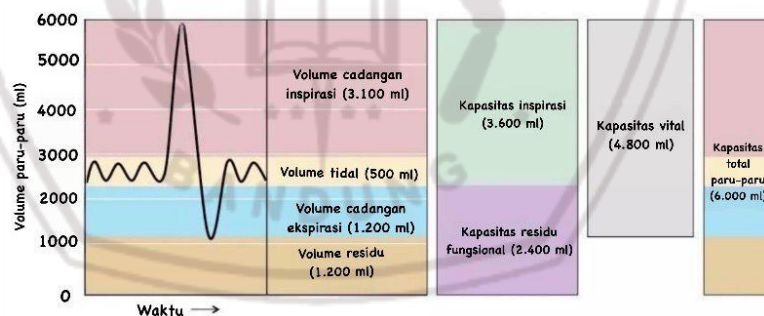


Gambar 2. 2 Fase Inspirasi dan Ekspirasi

Sumber : Diadaptasi dari *Campbell Biology* 12 Edition (Urry et.al., 2020)

2.1.5.3. Volume Udara Pernapasan Paru-paru

Jumlah udara pernapasan antara 500 mL – 3.500 mL. volume tidal + 1.500 mL udara, supplementer + 1.500 mL udara komplementer. Jumlah udara pernapasan paru-paru 3.500 mL udara, disebut kapasitas vital paru-paru. Kapasitas paru-paru (3.500 mL) disebut kapasitas total. Alat untuk mengukur kapasitas vital paru-paru adalah respirometer.



Gambar 2. 3 Volume paru-paru

Sumber: Diadaptasi dari Biologi 2 untuk SMA/MA Kelas XI. Nugroho, R,A. (2023).

2.1.5.4. Gangguan Sistem Pernapasan

Gangguan pada sistem pernapasan, diantaranya yaitu: 1) asma atau sesak napas, yaitu penyempitan saluran napas yang disebabkan karena otot polos pembentuk saluran terus berkontraksi, disebabkan alergi atau kekurangan hormone adrenalin. 2) asfiksi, yaitu gangguan pengangkutan dan penggunaan oksigen oleh

jaringan yang disebabkan karena tenggelam, pneumonia, atau keracunan CO. 3) emfisema, menggelembungnya paru paru karena perluasan alveolus berlebihan. 4) pneumonia, radang paru paru karena infeksi bakteri *Diplococcus pneumoniae*.

2.1.5.5. Kesesuaian materi Sistem Pernapasan dengan pendekatan STEM

Materi sistem pernapasan dinilai sesuai untuk dipadukan dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dalam pengembangan LKPD. Ditinjau dari aspek *science*, materi ini memuat konsep sains yang jelas, yaitu struktur organ pernapasan, mekanisme pernapasan dada dan perut, serta proses fisiologis pertukaran gas secara difusi di alveolus, yang erat kaitannya dengan aktivitas bernapas yang dialami peserta didik setiap saat. Ditinjau dari aspek *technology*, pengukuran volume dan kapasitas paru-paru dapat dilakukan menggunakan alat seperti respirometer/spirometer, sehingga membuka ruang bagi peserta didik untuk memanfaatkan teknologi pengukuran sederhana dalam memahami fungsi paru-paru. Ditinjau dari aspek *engineering*, materi ini memungkinkan peserta didik dilibatkan dalam proses merancang model sederhana mekanisme pernapasan, seperti model paru-paru buatan menggunakan botol dan balon untuk mendemonstrasikan proses inspirasi dan ekspirasi, sehingga melatih keterampilan merancang, menguji, dan menyempurnakan suatu rancangan. Ditinjau dari aspek *mathematics*, materi ini memuat data kuantitatif yang jelas, seperti volume tidal, volume cadangan inspirasi dan ekspirasi, volume residu, serta kapasitas vital dan kapasitas total paru-paru dalam satuan ml yang dapat disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik, sehingga peserta didik terlatih membaca, menghitung, dan menginterpretasi data numerik.

Selain keempat aspek tersebut, materi sistem pernapasan juga bersifat kontekstual karena berkaitan langsung dengan kehidupan nyata peserta didik, seperti proses bernapas, kapasitas paru-paru, dan gangguan kesehatan pernapasan yang umum dijumpai sehari-hari. Karakteristik inilah yang membuat materi sistem pernapasan sangat sesuai untuk dikaji melalui pendekatan yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika secara terpadu, sehingga tidak terbatas pada transfer konsep semata, melainkan juga melatih peserta didik merancang,

mengukur, dan menganalisis data secara ilmiah, sejalan dengan tujuan pengembangan kemampuan berpikir kritis melalui LKPD berbasis STEM.

2.2. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, penulis mengacu pada penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilaksanakan saat ini. Berikut beberapa hasil penelitian relevan yang dijadikan bahan telaah bagi peneliti.

Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Judul Artikel	Persamaan	Perbedaan	GAP
1.	STEM Based Student Worksheets to Improve Ecosystem Material Critical Thinking	Persamaan penelitian yakni pada jenis penelitian R&D dengan konsep pengembangan LKPD berbasis STEM. Persamaan lainnya yakni dari tujuan pengembangan LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada peserta didik	Adapun perbedaan penelitian yakni pada materi pembelajaran. Secara keseluruhan untuk penelitian tentang pengembangan LKPD berbasis STEM untuk <i>critical thinking</i> sudah ada banyak, namun yang membahas secara spesifik materi pernapasan pada peserta didik SMA belum ada.	Penelitian ini mengembangkan LKPD berbasis STEM pada materi ekosistem dan terbukti valid, praktis, serta efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Namun, kesenjangan penelitian (research gap) terletak pada keterbatasan materi yang hanya berfokus pada ekosistem, sehingga belum menguji efektivitas pendekatan STEM pada materi biologi lain yang memiliki karakteristik konseptual berbeda seperti sistem pernapasan. Selain itu, penelitian ini tidak mengkaji konteks implementasi pada sekolah tertentu dengan karakteristik

			peserta didik yang spesifik. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan yang mengembangkan LKPD STEM pada materi sistem pernapasan dengan konteks sekolah yang lebih terfokus. Penelitian pengembangan E-LKPD berbasis STEM pada materi global warming di SMAN 3 Padang menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan valid dan praktis serta berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Namun demikian, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian. Pertama, fokus materi masih terbatas pada isu lingkungan (global warming), sehingga belum menguji efektivitas pendekatan STEM pada materi biologi lain yang bersifat konseptual- struktural seperti sistem pernapasan. Kedua, penelitian lebih menekankan pada validitas dan kepraktisan produk,
2.	Design of STEM-based E-Student Worksheet Global Warming to Improve High School Students' Critical Thinking Skills	• Persamaan penelitian yakni pada jenis penelitian R&D dengan konsep pengembangan LKPD berbasis STEM. • Kedua penelitian sama-sama bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui pengembangan LKPD berbasis STEM.	• Perbedaan penelitian ditinjau dari bentuk produk. Penelitian di SMAN 3 Padang mengembangkan E-student worksheet berbasis Liveworksheets (berbasis digital interaktif), dengan integrasi teknologi yang kuat. Pada penelitian ini mengembangkan LKPD cetak atau semi-digital, maka tingkat integrasi teknologinya berbeda. • Perbedaan penelitian ditinjau dari pengukuran efektivitas, dalam penelitian tersebut menyimpulkan bahwa produk “berpotensi meningkatkan” kemampuan

berpikir kritis, tetapi belum sepenuhnya menunjukkan uji efektivitas melalui desain eksperimen yang membandingkan sebelum–sesudah atau dengan kelompok kontrol. Sementara itu, penelitian ini dilaksanakan hingga tahap Evaluation, sehingga efektivitas LKPD berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dapat diukur dan di buktikan melalui data hasil pretest dan posttest.

serta hanya sampai tahap *Develop*, sehingga pengujian efektivitas peningkatan kemampuan berpikir kritis belum dianalisis secara komprehensif melalui desain eksperimen atau pengukuran peningkatan (misalnya N-Gain). Ketiga, bentuk produk berupa E-LKPD berbasis digital dengan integrasi Liveworksheets, sehingga belum memberikan gambaran bagaimana desain LKPD STEM dikembangkan secara kontekstual sesuai kebutuhan materi biologi dan karakteristik sekolah yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian tentang pengembangan LKPD berbasis STEM pada materi sistem pernapasan menjadi penting untuk mengisi kekosongan tersebut, khususnya dalam memperluas penerapan STEM pada materi biologi yang berbeda, serta memberikan

				pengujian efektivitas yang lebih mendalam terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis peserta didik.
3.	Pengembangan LKPD Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Fluida Dinamis	- Kedua penelitian sama-sama bertujuan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis melalui pengembangan LKPD berbasis STEM. Keduanya juga dilatarbelakangi oleh rendahnya kemampuan berpikir kritis peserta didik akibat pendekatan pembelajaran yang belum optimal. - Kedua penelitian sama-sama menempatkan STEM sebagai pendekatan untuk mendukung pengembangan keterampilan abad 21, khususnya critical thinking, serta mengaitkan pembelajaran dengan konteks	- Perbedaan penelitian pada materi pembelajaran. Hasil penelitian tersebut berfokus pada materi fluida dinamis (fisika) pada kelas XI IPA, yang bersifat kuantitatif dan matematis. Sementara penelitian Anda berfokus pada materi sistem pernapasan (biologi) yang lebih bersifat konseptual, struktural, dan fungsional. Karakteristik materi ini memengaruhi desain aktivitas STEM dan bentuk integrasi sains-teknologi-rekayasa-matematika. - Penelitian tersebut telah menguji efektivitas secara kuantitatif dengan N-gain	Penelitian pengembangan LKPD berbasis STEM pada materi fluida dinamis di SMA Negeri 1 Siantar menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan sangat layak, praktis, dan efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan nilai N-gain kategori sedang. Meskipun demikian, penelitian tersebut masih terbatas pada materi fisika yang bersifat kuantitatif dan matematis, sehingga belum memberikan gambaran efektivitas pendekatan STEM pada materi biologi yang lebih konseptual seperti sistem pernapasan. Selain itu, karakteristik integrasi STEM dalam materi fisika

kehidupan sehari-hari.	(0,68 kategori sedang).	berbeda dengan biologi yang lebih menekankan hubungan struktur dan fungsi serta fenomena fisiologis, sehingga diperlukan desain LKPD yang berbeda pula. Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian dalam penerapan dan pengujian efektivitas LKPD berbasis STEM pada materi sistem pernapasan di jenjang SMA. Penelitian ini menjadi penting untuk memperluas implementasi STEM pada konteks materi biologi serta memberikan bukti empiris mengenai peningkatan kemampuan berpikir kritis pada karakteristik materi yang berbeda dari penelitian sebelumnya.
------------------------	-------------------------	--

Sumber: Peneliti, (2026)

Berdasarkan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu, terdapat beberapa penelitian yang relevan untuk diteliti lebih lanjut. Pertama, penelitian sebelumnya masih terbatas pada materi ekosistem dan fluida dinamis, sehingga penerapan STEM pada materi pernapasan belum dieksplorasi secara mendalam. Kedua, salah satu penelitian terdahulu hanya menghasilkan produk yang berpotensi

meningkatkan kemampuan berpikir kritis tanpa membuktikan efektivitasnya secara empiris. Ketiga, bentuk produk yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya berupa E-LKPD berbasis digital, sehingga belum memberikan gambaran bagaimana LKPD berbasis STEM dikembangkan secara kontekstual dalam bentuk cetak sesuai kebutuhan materi biologi dan karakteristik sekolah. Berdasarkan ketiga penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa LKPD berbasis STEM telah terbukti layak pada berbagai materi, namun efektivitasnya pada materi sistem pernapasan dengan proyek pembuatan spirometer sederhana belum pernah diuji dan menggunakan model ADDIE sebagai tahap awal evaluasi. Oleh karena itu, penelitian pengembangan LKPD berbasis STEM pada materi sistem pernapasan ini penting dilakukan untuk mengisi kekosongan tersebut sekaligus membuktikan efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik.

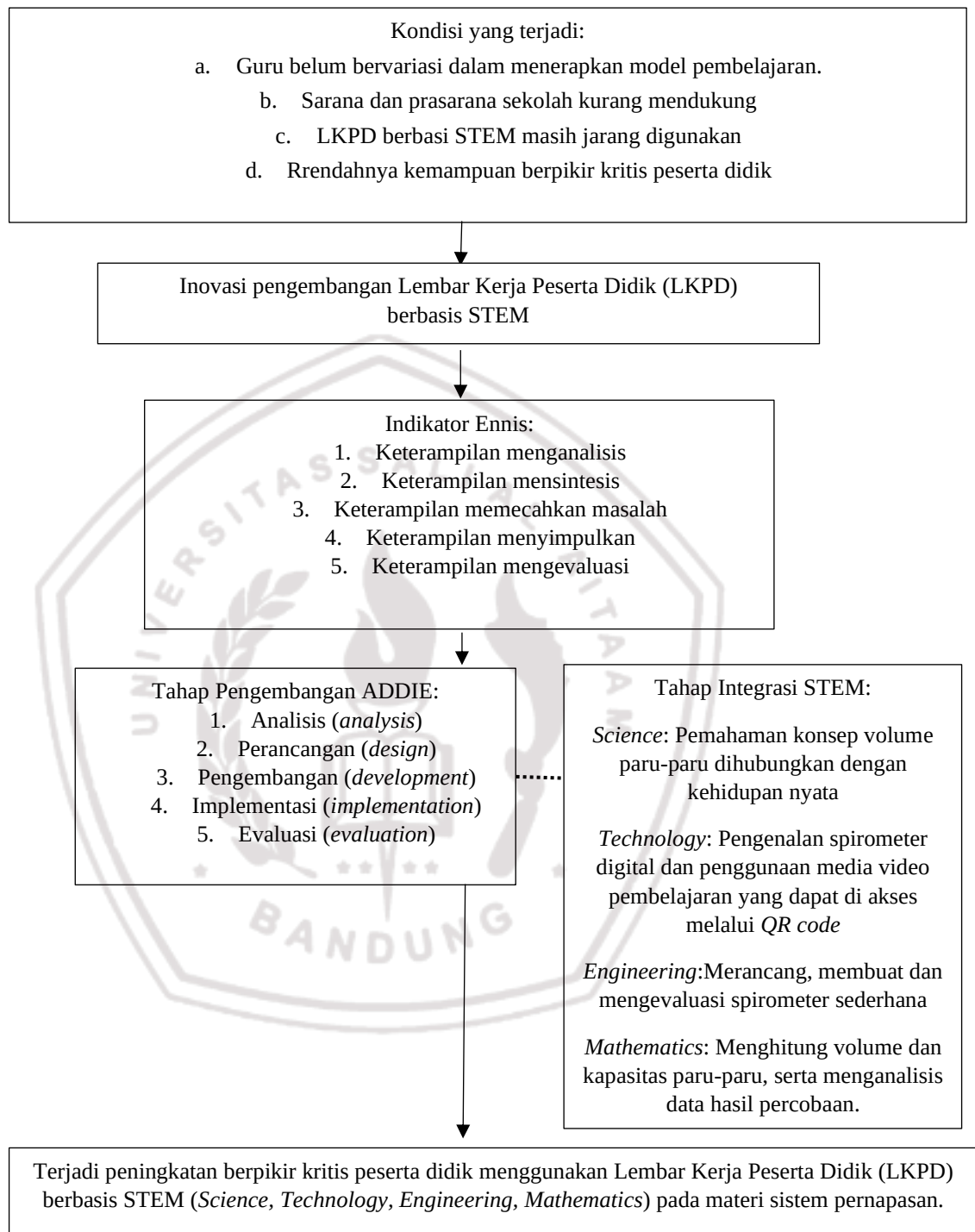
2.3. Kerangka Berpikir

STEM merupakan salah satu alternatif pengembangan LKPD yang mewujudkan proses pembelajaran abad ke-21 yang menuntut pembelajaran sains dengan memanfaatkan teknologi. Faktanya pendekatan STEM masih jarang digunakan di sekolah. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pengetahuan guru mengenai pendekatan STEM. Oleh karena itu, dilakukan penelitian pengembangan lembar kerja peserta didik berbasis STEM pada materi sistem pernapasan. Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE.

Setiap komponen STEM yang diintegrasikan dalam LKPD memiliki keterkaitan langsung dengan indikator kemampuan berpikir kritis menurut Ennis. Komponen *science*, yaitu pemahaman konsep volume paru-paru yang dihubungkan dengan kehidupan nyata, melatih peserta didik untuk menganalisis hubungan antara konsep ilmiah dan fenomena yang dialami sehari-hari. Komponen *technology*, berupa pengenalan spirometer digital dan penggunaan media video pembelajaran, membantu peserta didik mensintesis informasi dari berbagai sumber visual menjadi pemahaman yang utuh mengenai mekanisme pernapasan. Komponen *engineering*, yaitu kegiatan merancang, membuat, dan mengevaluasi spirometer sederhana, melatih peserta didik untuk memecahkan masalah yang muncul selama proses

perancangan, sekaligus mengevaluasi hasil rancangan yang telah dibuat. Komponen *mathematics*, berupa kegiatan menghitung volume dan kapasitas paru-paru serta menganalisis data hasil percobaan, melatih peserta didik untuk menyimpulkan hasil pengukuran berdasarkan bukti data yang diperoleh. Dengan demikian, integrasi keempat komponen STEM secara menyeluruh diharapkan dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada materi sistem pernapasan.





Gambar 2. 4 Kerangka berpikir kritis

Sumber: Peneliti, (2026)