

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Konsep STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)

STEM ditulis pada tahun 1990an oleh US Public Science Institution (NFS) dengan menggunakan singkatan “*Science, Technology, Engineering, & Mathematic*”. Pendidikan STEM merupakan metode pendidikan yang menggabungkan dua unsur atau lebih. STEM lebih dari sekedar slogan pendidikan yaitu tujuan dan pencapaian (Negara & Kurniawati, 2023). STEM dikenal untuk pertama kalinya pada *national science foundation* yang dikembangkan di Amerika dalam mengatasi suatu peroblem dengan memformulasikan beberapa disiplin yang terpadu (Mulyani, 2019)

★ STEM yang mencakup Sains, Teknologi, Enjiniring, dan Matematika terintegrasi dalam pembelajaran tentang penyelesaian masalah di kehidupan yang sesungguhnya (Maulana, 2020). Implementasi pembelajaran berbasis STEM di Indonesia sejalan dengan kurikulum merdeka, dimana kurikulum ini mengarahkan peserta didik untuk memiliki kemampuan menyelesaikan permasalahan, kemampuan dalam berpikir kritisnya dan kemampuan dalam kolaborasi (Mu'minah, 2021). Untuk jenjang Sekolah Dasar (SD) penerapan pembelajaran STEM lebih relevan menggunakan STEM terpadu karena kurikulum SD

adalah *integrative* (Sumaji, 2019). Hal ini dikarenakan bidang pelajaran tidak hanya diajarkan secara sendiri tetapi akan saling terhubung satu dengan yang lainnya (Muttaqiin, 2023). Proses pembelajaran berbasis STEM yang terintegrasi dengan kemajuan teknologi, metode, model atau teknik belajar yang membuat peserta didik dapat menerapkan ilmu pengetahuannya. Aspek STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) Pendidikan. Berikut empat aspek dalam STEM (Syarah, 2021); (1) Science (sains) adalah kemampuan pengetahuan dalam memahami fenomena alam dalam kehidupan sesungguhnya, yang berkaitan dengan fisika, kimia dan biologi. (2) Teknologi adalah kemampuan peserta didik dalam mengenal, mengembangkan, menganalisis teknologi baru yang dapat menunjang dalam proses pembelajaran tersebut; (3) Engineering (teknik) adalah kemampuan untuk dapat mengembangkan teknologi dengan proses merancang rekayasa pada proyek didalam pembelajaran peserta didik. Aktivitas rekayasa: dapat berupa produk yang dibuat, peralatan dan bahan yang digunakan, menegetes hasil produk, evaluasi hasilnya dll; (4) Matematika adalah kemampuan peserta didik untuk menganalisis pemasalahan, merumuskan, memecahkan dan mencari solusi yang berbeda.

Berdasarkan beberapa pemaparan di atas, dapat ditarik garis besar bahwa STEM bukan hanya sekadar penggabungan empat mata pelajaran, tetapi merupakan pembelajaran interdisipliner yang mengaitkan konsep-konsep dari keempat bidang tersebut untuk menyelesaikan masalah nyata

secara kreatif yang menjadikan siswa lebih aktif dan berpikir kritis yang esensial saat mengatasi tantangan kompleks abad ke- 21, sehingga sesuai dengan kurikulum dan konsep pendidikan yang menyatupadukan keilmuan, ilmu terapan, rekayasa, dan logika matematika yang berdasar integratif dalam proses pembelajaran. Selain itu, STEM cocok untuk keterampilan kolaborasi karena proses rekayasa teknologi ini akan membantu siswa untuk berkolaborasi dengan teman kelompoknya sehingga dapat menemukan konsep pemecahan masalah yang tepat (Putrianasari & Purwandari, 2024).

Tujuan penerapan STEM, meningkatkan keterampilan abad ke-21. Adapun manfaat STEM secara umum adalah menjadi panduan untuk menghadapi tantangan perkembangan ilmu pengetahuan dan membantu mengembangkan beberapa keterampilan penting yang dapat digunakan sepanjang hidup peserta didik. Melalui metode serta pendekatan yang tepat dan sesuai diharapkan mampu bersaing secara global dalam menanggapi perubahan yang kompleks. Selain itu, jiwa kreatif dan inovatif mampu ditumbuhkan melalui pengalaman langsung mereka (Izzati et al., 2019).

Manfaat lain juga dikemukakan oleh Oktapiani & Hamdu, (2020) yang mengkategorikan beberapa manfaat melalui pembelajaran berbasis STEM diantaranya adalah dapat memupuk semangat gotong royong dalam menyelesaikan persoalan dalam kelompok, memberi gambaran dunia kerja sejak dini, menanam sikap produktif dalam memanfaatkan teknologi dan memiliki pengetahuan sains dan teknologi yang baik.

Kesimpulan manfaat penggunaan STEM dalam pendidikan adalah peserta didik memiliki kemampuan dalam menjawab tantangan berbagai masalah secara terbuka, menumbuhkan kompetensi dan keterampilan yang membuat mereka memaknai pengetahuan dengan baik, serta menciptakan rasa percaya diri peserta didik dalam menyempurnakan diri untuk memperoleh optimalisasi hasil pembelajaran.

Pembelajaran yang menerapkan STEM memiliki sejumlah keunggulan sekaligus keterbatasan dalam praktiknya di kelas (Daud, 2019). Adapun kelebihan yang ditawarkan oleh STEM antara lain; (1) Memperluas pengetahuan dan mendorong kemampuan berpikir kritis khususnya dalam bidang sains dan matematika; (2) Mendorong terbentuknya kerja sama yang efektif dalam menyelesaikan persoalan serta memperkuat rasa ketergantungan positif antaranggota kelompok; (3) Mengarahkan siswa agar dapat membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam melalui strategi pembelajaran yang diterapkan dan sistematis, menyeluruh serta menggali kemampuan berinovasi dan menghubungkan berbagai prinsip, konsep, dan keterampilan lintas disiplin; (4) Menyediakan dukungan dalam proses pemahaman yang logis terhadap materi pembelajaran bagi siswa, sehingga lebih mudah diterapkan dalam konteks nyata; (5) Mendorong pembentukan pengetahuan serta daya ingat yang aktif melalui proses belajar secara mandiri; (6) Meningkatkan minat hasil belajar siswa, partisipasi dan meningkatkan kehadiran; (7) Mendorong kreativitas. (8) Meningkatkan keterampilan komunikasi.

Selain memiliki keunggulan, penerapan pembelajaran berbasis STEM juga tidak terlepas dari beberapa tantangan. Di antaranya adalah; (1) Sebagian siswa mengalami kendala dalam menjangkau atau mengolah informasi secara mandiri, sehingga mereka cenderung sangat bergantung pada kinerja tim dan menghadapi hambatan saat harus menyelesaikan masalah secara kolaboratif. (2) Tidak semua peserta didik menunjukkan partisipasi aktif dalam kegiatan kelompok, sehingga kerja sama menjadi kurang optimal dan tujuan pembelajaran tidak tercapai secara merata. (3) Memerlukan alokasi waktu relatif lama. (4) Kurangnya sumber daya dan sarpras dalam sekolah. (5) Keterbatasan keahlian guru, penerapan STEM.

Karakteristik *STEM education* memuat beberapa unsur yang melibatkan penggunaan berbagai disiplin ilmu pengetahuan. Integrasi bidang ilmu pengetahuan membantu peserta didik bernalar dengan logis, sistematis, dan matematis (Fitriyani et al., 2020). Penerapan pembelajaran berbasis STEM juga bersifat kontekstual berdasarkan situasi nyata yang menyebabkan ilmu memiliki makna pada prosesnya. Menghadapi situasi yang nyata dapat menciptakan sumber daya manusia yang mampu memberikan solusi dalam berbagai masalah yang mereka temui dan peserta didik dituntut untuk memberikan rancangan dan pengembangan produk atau sistem nyata dalam menjawab tantangan kemajuan ilmu pengetahuan (Mulyani, 2019).

Dalam pembelajaran berbasis STEM, peserta didik diarahkan untuk menyusun sebuah proyek atau tugas yang kemudian diuji atau

diimplementasikan. Proses pembelajaran ini mencakup interaksi aktif yang melibatkan aktivitas perancangan atau desain, serta pemanfaatan hasil perencanaan sebagai bagian dari proyek yang dijalankan.

Langkah-langkah penerapan STEM secara umum meliputi; (a) Mengidentifikasi isu yang ada serta menjelaskan kembali permasalahan yang telah ditentukan; (b) Merancang serta menggunakan model sebagai alat bantu pemahaman; (c) Peserta didik diarahkan untuk membuat rancangan dan menerapkannya dalam kegiatan pembelajaran melakukan penelitian; (d) Peserta didik diarahkan untuk menyusun serta mengkaji data melalui pendekatan berpikir logis dan matematis; (e) Mengumpulkan, menelaah, serta mengomunikasikan informasi secara efektif.

Menurut ahli lainnya Syukri et al., (2013), proses pembelajaran dengan pendekatan STEM terdiri atas beberapa tahapan, yaitu: (a) Observasi (*Observe*) Siswa diajak untuk mencermati lingkungan sekitar mereka secara mendalam dengan menggunakan pemikiran yang logis dan sistematis; (b) Gagasan Baru (*New Idea*) Peserta didik diharapkan dapat mengembangkan ide-ide segar yang berkaitan dengan aspek sains, teknologi, dan rekayasa. Tahap ini membutuhkan kemampuan berpikir kritis untuk menganalisis permasalahan; (c) Inovasi (*Innovation*) Siswa diminta menjelaskan gagasan yang telah mereka hasilkan dan menerapkannya dalam konteks nyata; (d) Kreativitas (*Creativity*) Merupakan tahap implementasi dari ide-ide yang muncul berdasarkan hasil diskusi kelompok, di mana peserta didik menciptakan produk atau solusi;

(e) Aspek Sosial (*Society*). Pada tahap akhir, peserta didik diarahkan untuk mengaplikasikan gagasan yang telah mereka kembangkan ke dalam situasi nyata dalam kehidupan sehari-hari. Nilai Sosial (*Society*). Tahap terakhir ini mendorong siswa untuk menerapkan gagasan yang telah dikembangkan dalam kehidupan nyata sehingga menghasilkan nilai yang berdampak bagi lingkungan sosial mereka.

Menurut Torlakson, (2014), pelaksanaan pembelajaran berbasis STEM di kelas terdiri atas delapan tahapan, yaitu: (1) merumuskan pertanyaan dan mendefinisikan permasalahan; (2) mengembangkan serta memanfaatkan model; (3) peserta didik diarahkan untuk memahami konsep melalui penggunaan model atau simulasi guna memperkuat informasi yang diamati; (4) menyusun rencana dan melaksanakan penyelidikan; (5) melakukan analisis serta interpretasi terhadap data; (6) Menerapkan konsep menggunakan pendekatan matematis dan komputasional dalam menyusun penjelasan serta merancang pemecahan masalah; (7) menyampaikan pendapat yang didasarkan pada data atau bukti yang telah diperoleh; dan (8) mengakses, menilai, serta menyampaikan informasi secara efektif.

Sementara itu, Dewi et al., (2023) menyatakan bahwa STEM merupakan suatu strategi pembelajaran lintas disiplin yang mencakup beberapa tahapan utama, yaitu: tahap orientasi, membangun apersepsi, melakukan refleksi, melaksanakan penelitian, menemukan konsep, menerapkan hasil pembelajaran, serta mengomunikasikan temuan atau gagasan, dan penutup.

Adapun penerapan STEM menggunakan model PjBL terkait penelitian pada materi sistem peredaran darah manusia, ditampilkan dalam tabel 1 berikut,

Tabel 1.1 Rencana Penerapan STEM

Langkah	Kegiatan	Tujuan
Science	Melalui kegiatan simulasi, peserta didik mempelajari struktur dan fungsi organ jantung, berbagai jenis pembuluh darah, serta komponen dan peran darah dalam sistem peredaran tubuh	Memahami konsep dasar sistem peredaran darah manusia. Mengenalkan mekanisme kerja sistem peredaran darah
Technology	Menggunakan pompa tangan atau alat sederhana untuk mensimulasikan denyut jantung.	Membantu siswa melihat bahwa jantung bekerja seperti pompa, yaitu mendorong darah keluar saat berkontraksi (sistol) dan mengisi kembali saat relaksasi (diastol).
Engineering	Buat model sistem peredaran darah menggunakan bahan sederhana, dan menggambarkan kapiler, dengan menggunakan selang bening berdiameter sangat kecil yang dihubungkan antara selang arteri dan vena, menunjukkan pertukaran darah yang terjadi di jaringan tubuh	Model ini menggabungkan aspek rekayasa sederhana dan konsep biologi untuk membantu siswa memahami fungsi jantung dan sistem peredaran darah secara nyata.
Mathematics	Menghitung Volume darah yang dipompa. Volume darah per menit=Denyut jantung×Volume per denyut	Siswa dapat memperkirakan berapa banyak darah yang dipompa oleh jantung setiap menit.

Penerapan STEM sangat relevan untuk topik sistem peredaran darah manusia karena sifatnya yang interdisipliner dan aplikatif. Materi ini tidak hanya membutuhkan pemahaman teoritis tentang anatomi dan fisiologi manusia (Sains) tetapi juga memungkinkan siswa menggunakan teknologi. Dengan memanfaatkan komponen teknik, siswa dapat merancang alat sederhana sistem peredaran darah, yang mendorong kreativitas dan keterampilan pemecahan masalah. Selain itu, komponen matematika dapat digunakan untuk menghitung volume darah atau menganalisis data aliran, sehingga melatih kemampuan analisis siswa. Dengan mengintegrasikan pendekatan STEM, pembelajaran tentang sistem peredaran darah menjadi lebih kontekstual, melibatkan pengalaman langsung, serta turut mendukung tumbuhnya kemampuan era modern, seperti kemampuan berpikir secara kritis, bekerja sama dengan orang lain, serta menumbuhkan daya kreativitas.

2. Model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning* / PjBL)

Model *Project-Based Learning* (PjBL) adalah salah satu strategi pembelajaran yang relevan dengan tuntutan pendidikan masa kini dan banyak digunakan dalam proses belajar mengajar (Alhayat et al., 2023). PjBL merupakan model pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, di mana mereka berperan aktif selama proses berlangsung. Melalui penerapan PjBL, siswa didorong untuk mengasah kemampuan berpikir dalam menghadapi berbagai permasalahan yang dihadapi (Nurhidayah et al., 2021).

Pembelajaran ini dirancang agar peserta didik berperan sebagai penggerak utama dalam pencapaian tujuan kegiatan belajar, dengan melibatkan mereka secara langsung dalam pelaksanaan proyek autentik guna mengeksplorasi dan mengaplikasikan pengetahuan secara aktif. Pendidikan di era modern menuntut integrasi antara pengetahuan dan pemanfaatan teknologi dalam rangkaian aktivitas pembelajaran yang diikuti oleh siswa.

Konsep Project-Based Learning (PjBL) juga relevan untuk diterapkan dalam sistem penilaian yang menjadi bagian akhir dari proses pembelajaran. Penerapannya mencakup penggunaan penilaian formatif dan penilaian berbasis proyek. Penilaian formatif berfungsi untuk memantau dan mengarahkan jalannya pembelajaran, sementara penilaian proyek memberikan informasi terkait hasil akhir dari proyek yang disusun dan dikerjakan oleh siswa. Dalam Kurikulum Merdeka, siswa diarahkan untuk menyelesaikan proyek yang hasilnya didokumentasikan dalam bentuk portofolio proyek (Abdurahman et al., 2022).

Project-Based Learning (PjBL) memiliki ciri khas yang membedakannya dari metode pembelajaran konvensional. Model pembelajaran ini menekankan partisipasi aktif siswa dalam menyelesaikan permasalahan nyata melalui pelaksanaan proyek yang dirancang untuk merangsang kemampuan berpikir kritis dan inovatif. Dalam prosesnya, peserta didik bekerja secara kolaboratif dan mengeksplorasi berbagai sumber informasi. Pembelajaran ini berorientasi pada siswa (*student-centered*), dengan guru berfungsi sebagai pendamping atau fasilitator yang

membimbing proses belajar peserta didik, membimbing siswa dalam merancang, melaksanakan, dan merefleksikan proyek. Selain itu, PJBL menekankan pada integrasi berbagai disiplin ilmu dan menghasilkan produk nyata sebagai hasil akhir dari proses belajar. PjBL adalah suatu model yang dirancang untuk memfokuskan proses belajar pada keterlibatan aktif siswa melalui pelaksanaan proyek atau tugas nyata agar menjawab pertanyaan atau memecahkan masalah nyata.

Langkah pertama dalam PJBL adalah merumuskan pertanyaan mendasar yang bersifat terbuka, menantang, dan berkaitan langsung dengan pengalaman sehari-hari, sehingga mampu merangsang keingintahuan serta keterlibatan siswa. Selanjutnya guru dan peserta didik merancang perencanaan proyek yang mencakup tujuan pembelajaran, sumber daya yang dibutuhkan, metode pelaksanaan, serta pembagian tugas. Langkah berikutnya adalah menyusun jadwal kerja proyek secara sistematis dengan mempertimbangkan waktu yang tersedia dan tahapan kegiatan. Selama pelaksanaan proyek, guru berperan aktif dalam memonitor kemajuan, membimbing siswa, serta memberikan umpan balik agar proses tetap berjalan sesuai rencana. Setelah proyek selesai, hasil kerja siswa dinilai tidak hanya berdasarkan produk akhir, tetapi juga proses pengerjaannya, melalui penilaian guru, penilaian diri, dan penilaian teman sejawat. Evaluasi pengalaman sebagai tahap akhir, peserta didik dan guru merefleksikan seluruh proses untuk memahami pembelajaran yang telah dicapai, tantangan yang dihadapi, serta keterampilan yang telah

dikembangkan. Melalui tahapan-tahapan ini, PjBL mengajak peserta didik terlibat aktif dalam pembelajaran dengan mengembangkan pemikiran kritis serta kemampuan bekerja sama.

Dalam penelitian tentang model pembelajaran PjBL, implementasinya disusun dengan cermat untuk memastikan proses pembelajaran yang optimal. Berikut tahapan PjBL yang akan diterapkan pada penelitian ini.

Tabel 1.2 Tahapan PjBL

Langkah PJBL	Kegiatan Pembelajaran	Aspek STEM	Keterampilan yang Dikembangkan
1. Pertanyaan Mendasar	Guru memancing rasa ingin tahu siswa dengan masalah kontekstual: “Bagaimana jantung memompa darah ke seluruh tubuh?”	Science (S): Pemahaman tentang sistem peredaran darah.	<ul style="list-style-type: none"> ● Berpikir kritis ● Diskusi awal (kolaborasi)
2. Perencanaan Proyek	Siswa merancang proyek (misalnya membuat model jantung) dan membagi tugas bersama kelompok.	Engineering (E): Merancang alat atau model sistem peredaran darah. Mathematics (M): Mengukur, menghitung denyut jantung, dll.	<ul style="list-style-type: none"> ● Kolaboratif (bagi tugas) ● Merancang solusi
3. Penyusunan Jadwal	Menyusun tahapan kegiatan seperti observasi, eksperimen, analisis, dan presentasi.	Technology (T): Menentukan alat bantu, media digital, atau aplikasi yang digunakan untuk mendukung	<ul style="list-style-type: none"> ● Perencanaan waktu ● Kerja sama tim

Langkah PJBL	Kegiatan Pembelajaran	Aspek STEM	Keterampilan yang Dikembangkan
4. Pelaksanaan Proyek	Siswa melakukan pengamatan detak jantung, eksperimen sederhana, dan membuat model kerja sistem peredaran darah.	proyek. Science (S): Observasi biologis dan eksperimen	Pelaksanaan Proyek
5. Monitoring Kemajuan	Guru memberi umpan balik saat siswa bekerja, membimbing revisi, dan memfasilitasi diskusi antar kelompok.	Technology (T): Menggunakan teknologi (misalnya video simulasi jantung, stopwatch digital).	• Evaluasi proses
6. Ujian Hasil Proyek	Siswa mempresentasikan proyek, menjelaskan fungsi jantung & aliran darah, serta proses pembuatan model.	Science (S): Menjelaskan system peredaran darah secara jelas	6. Ujian Hasil Proyek
7. Evaluasi Pengalaman	Refleksi siswa dan guru tentang proses, hasil proyek, serta dampaknya terhadap pemahaman dan kerja sama.	Semua aspek (S, T, E, M): Digunakan untuk refleksi dan peningkatan pembelajaran berbasis proyek STEM.	• Evaluasi diri

3. Berpikir Kritis

Berpikir kritis merupakan proses menelaah pemikiran atau konsep secara mendalam berkembang menjadi lebih terarah, guna memperoleh

pemahaman yang tepat. Kemampuan ini sangat penting dalam mengidentifikasi dan menganalisis masalah hingga menemukan solusi yang tepat. Potensi berpikir kritis yang dimiliki setiap individu perlu dikembangkan agar mencapai tingkat kemampuan yang maksimal. Pada siswa, keterampilan berpikir kritis dapat membantu mereka mengenali potensi diri, sehingga mampu menghadapi berbagai tantangan dan menyadari sejauh mana kapasitas yang mereka miliki (Adisty et al., 2021).

Menurut Ennis (1996), kemampuan berpikir kritis mencakup proses penalaran yang logis dan reflektif, yang bertujuan untuk mengevaluasi keyakinan dan perilaku seseorang secara mendalam. Sikap reflektif ini mengacu pada proses mempertimbangkan berbagai alternatif secara aktif, cermat, dan sungguh-sungguh sebelum membuat keputusan. Dalam konteks pendidikan, berpikir kritis terbukti mendukung peserta didik dalam berpikir lintas disiplin ilmu, memenuhi kebutuhan intelektual secara mandiri, serta mengembangkan potensi diri secara maksimal (Fridanianti et al., 2018).

Sementara itu, (Fisher, 2009) menjelaskan berpikir kritis mencakup beberapa aspek penting, yaitu: (1) adanya kecenderungan untuk mempertimbangkan suatu persoalan secara mendalam, termasuk hal-hal yang relevan berdasarkan pengalaman individu; (2) penguasaan terhadap cara-cara penalaran yang rasional dan metode pengujian yang tepat; serta (3) keterampilan dalam menerapkan metode logis tersebut secara efektif. Proses berpikir ini membutuhkan kesungguhan dan usaha untuk menelaah

secara kritis setiap keyakinan maupun asumsi yang dimiliki, dengan mempertimbangkan bukti-bukti yang mendukungnya.

Unsur berpikir kritis sangat dibutuhkan dalam proses memperoleh interpretasi, melakukan analisis, membuat penilaian, serta menyusun kesimpulan dan penjelasan yang didasarkan pada bukti, konsep, metode, kriteria, serta pertimbangan yang relevan dengan konteks. Kemampuan ini menjadi landasan dalam mengambil keputusan yang tepat dan logis, serta menghasilkan pemahaman yang mendalam terhadap suatu permasalahan sebagai pertimbangan untuk mengambil keputusan (Facione & Facione, 2013).

Berpikir kritis mencakup serangkaian keterampilan yang memungkinkan individu untuk memahami dan mengevaluasi informasi secara rasional, reflektif, dan obyektif. Berpikir kritis mengacu pada aktivitas berpikir secara sistematis dan reflektif, dengan tujuan menilai validitas suatu kepercayaan atau pandangan sebelum menerimanya sebagai kebenaran dan tindakan apa yang sebaiknya diambil (Ennis, 2015).

Berpikir kritis dapat dikategorikan sebagai suatu kecenderungan untuk menelaah secara mendalam beragam persoalan dan segala sesuatu yang berkaitan dengan latar belakang pengalaman individu, berpikir kritis juga mencakup penguasaan terhadap metode evaluasi dan penalaran yang logis, serta kemampuan dalam mengaplikasikan metode tersebut secara efektif (Rahayuningsih & Kristiawan, 2018).

Karakteristik berpikir kritis secara rinci diuraikan Beyer, (1995) dalam bukunya *Critical Thinking*, antara lain; (1) *Disposisi* (Watak) individu yang mampu menerapkan pemikiran yang logis dan analitis, menunjukkan sikap terbuka terhadap berbagai ide, bersikap skeptis namun objektif, menjunjung tinggi kejujuran intelektual, menghargai data serta pendapat yang beragam, dan memiliki komitmen terhadap kejelasan dan ketelitian. Mereka juga aktif mencari sudut pandang lain dan bersedia mengubah pendapat jika dihadapkan pada argumen yang lebih kuat; (2) *Kriteria* (*Criteria*) yaitu proses berpikir kritis memerlukan standar atau pedoman tertentu yang digunakan dalam menilai informasi atau membuat keputusan; (3) *Argumen* (*Argument*) merujuk pada pernyataan yang didukung oleh alasan logis sebagai dasar untuk menyampaikan suatu pendapat; (4) *Penalaran* (*Reasoning*), yaitu keterampilan dalam menarik kesimpulan yang logis berdasarkan satu atau lebih pernyataan awal (premis).

Kesimpulan yang dapat ditarik dari beberapa definisi yang telah diuraikan diatas adalah, bahwa berpikir kritis sangat berhubungan dengan keyakinan kuat terhadap sesuatu melalui analisa pikir dan gagasan, mengevaluasi setiap informasi dan memberi kesimpulan yang berdasar pada logika yang tepat. Keterampilan berpikir kritis penting untuk kesuksesan dalam hidup. Hal ini melibatkan analisis dan pengambilan keputusan yang baik berdasarkan informasi. Kemampuan ini membantu siswa memahami informasi secara mendalam sehingga dapat mengambil keputusan.

Dalam pandangan Asdarina et al.,(2019), Karakteristik keterampilan analitis merupakan kesanggupan untuk mengkritisi informasi dengan objektif, mengambil keputusan yang tepat, dan meningkatkan kemampuan mengidentifikasi dan memecahkan masalah. Beberapa karakteristik keterampilan berpikir kritis tersebut diantaranya; (1) Menelaah data, data, peserta didik dapat menelaah informasi dari beragam perspektif guna menemukan langkah terbaik; (2) Menemukan solusi optimal, peserta didik dapat mengidentifikasi solusi terbaik dan mengatasi kelemahan dengan berpikir kritis; (3) Mengambil keputusan yang cerdas, berpikir kritis memungkinkan peserta didik membuat keputusan yang tepat dan mengurangi risiko kesalahan; (4) Berdasarkan pada data, kemampuan berpikir kritis memungkinkan siswa untuk membuat keputusan berdasarkan fakta, sehingga mereka dapat memilih solusi yang optimal; (5) Mengevaluasi asumsi, berpikir kritis memungkinkan peserta didik untuk meragukan asumsi yang dianggap benar, sehingga mereka dapat menyimpulkan dengan lebih akurat; (6) Meningkatkan keterampilan memecahkan masalah, peserta didik dapat memperluas potensi dalam menyelesaikan problematika yang rumit melalui pikiran yang kritis; (7) Memperbaiki keterampilan pengambilan keputusan, kemampuan berpikir analitis memungkinkan peserta didik dalam mengasah kemampuan dalam memutuskan yang logis di tengah situasi yang kompleks; (8) Mengembangkan kemampuan analitis, berpikir kritis menyokong peserta didik menajamkan keterampilan analisis yang memungkinkan mereka

dapat menilai informasi dari berbagai perspektif untuk menentukan tindakan terbaik; (9) Menunjukkan keterampilan evaluatif, berpikir kritis memungkinkan peserta didik untuk meningkatkan keterampilan evaluasi; (10) Menajamkan keterampilan interpretatif, peserta didik dapat mengasah keterampilan interpretasi yang memungkinkan mereka mendalami dan mengkombinasikan makna dari berbagai pengalaman, situasi, data, atau kriteria penilaian dengan berpikir kritis; (11) Selain pendapat di atas, karakteristik berpikir kritis memuat aspek-aspek yang perlu dikembangkan, yaitu terbuka, tidak terbatas, pertimbangan yang sesuai, dan evaluatif.

Aspek yang menjadi dasar dalam menentukan keberhasilan berada pada apa yang semestinya dilaksanakan dalam menemukan karakteristik yang telah memiliki kompetensi disebut indikator. Lebih lanjut, menurut Robert Ennis, (2015) dimensi kemampuan berpikir kritis serta indikatornya sebagai berikut; (1) *Elementary Clarification* (kemahiran dasar), ini melibatkan kemampuan siswa untuk mengajukan pertanyaan memberikan penjelasan pribadi, menghargai berbagai pendapat, serta menelaah objek yang perlu dikembangkan. Ini menunjukkan bahwa siswa mampu memahami konsep secara mendalam dan mengungkapkan pemahaman mereka dengan jelas; (2) Penguatan Kemampuan Dasar, Ini melibatkan kemampuan siswa menilai keandalan suatu referensi, serta melakukan pengamatan lapangan dan mempertimbangkan hasil pengamatan. Pengajaran dilakukan untuk menyaring informasi yang relevan dan valid dari berbagai sumber serta mengembangkan

keterampilan observasi yang kritis; (3) *Inferring* (Menyimpulkan), Ini melibatkan kemampuan siswa dalam membedakan dan mengevaluasi deduksi, induksi, dan nilai-nilai hasil pertimbangan. Siswa dipersiapkan untuk membuat kesimpulan logis berdasarkan bukti dan pola yang tersedia. (4) *Advance Clarification* (Memberikan penjelasan lebih lanjut), Ini melibatkan kemampuan siswa dalam menemukan spesifikasi keilmuan, serta menelaah pendapat dari beberapa pandangan yang mendasari bentuk argumen. Siswa diperkenalkan pada pemahaman yang lebih komprehensif dengan menjelaskan gagasan-gagasan yang kompleks dan mengidentifikasi asumsi-asumsi yang mendasari argumen; (5) *Strategies and Tactics* (Perencanaan), Ini melibatkan kemampuan siswa dalam merumuskan putusan dan berbaur dengan orang lain. Siswa belajar untuk merencanakan tindakan yang efektif dan berkolaborasi dengan orang lain dalam menyelesaikan masalah.

★ Susanto, (2016) menyatakan bahwa empat indikator kunci menjadi dasar dalam mengevaluasi keterampilan berpikir kritis, yaitu: (1) kemampuan menganalisis, (2) mengenali serta menyelesaikan permasalahan, (3) menarik kesimpulan, dan (4) melakukan evaluasi atau penilaian. Sementara itu, menurut Maulana, (2017) mengemukakan bahwa indikator berpikir kritis meliputi kemampuan menganalisis dan mengelompokkan pernyataan, mengidentifikasi serta menilai asumsi yang muncul, menyusun klarifikasi.

Facione, (1990) mengemukakan bahwa enam indikator yang menjadi acuan dalam mengukur berpikir kritis meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, penarikan inferensi, kemampuan menjelaskan, dan pengendalian diri terhadap proses berpikir dan keputusan yang diambil. Masing-masing indikator tersebut mencerminkan proses kognitif yang esensial dalam menilai, memahami, dan menarik kesimpulan secara logis dan reflektif. Sub-kemampuan berpikir kritis yang lebih spesifik dengan deskripsi singkatnya sebagai berikut; (1) *Interpretation*: Kemampuan memahami dan mengklarifikasi makna suatu informasi, seperti membaca, memahami data, serta mengidentifikasi masalah; (2) *Analysis*: Kemampuan mengidentifikasi hubungan antara gagasan, mendeteksi argumen, serta menguraikan informasi secara sistematis; (3) *Evaluasi*: Merupakan kemampuan untuk menilai sejauh mana informasi, data, atau argumen yang diperoleh memiliki kredibilitas dan relevansi terhadap permasalahan yang sedang dikaji; (4) *Inference*: Mengacu pada kemampuan dalam menyimpulkan suatu hal secara logis berdasarkan bukti atau informasi yang tersedia; (5) *Explanation*: Kemampuan menjelaskan hasil analisis atau memberikan alasan secara logis dan terstruktur; (6) *Self-Regulation*: Kemampuan merefleksikan, mengevaluasi, dan mengatur proses berpikir sendiri untuk perbaikan.

Berdasarkan berbagai pandangan para ahli yang telah dikemukakan, penelitian ini menggunakan teori berpikir kritis dari Facione karena menawarkan pendekatan yang sistematis dalam

membangun keterampilan berpikir kritis siswa dinilai tepat jika disesuaikan dengan karakteristik STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) yang diterapkan melalui model Project-Based Learning (PjBL). Pada pembelajaran materi Sistem Peredaran Darah Manusia, kemampuan berpikir kritis memiliki peran penting dalam memahami prinsip-prinsip ilmiah, menganalisis informasi atau data, serta merumuskan solusi terhadap berbagai persoalan kesehatan yang berhubungan berkaitan dengan mekanisme kerja jantung dan aliran darah.

Facione (1990), mengembangkan kemampuan berpikir kritis mencakup sejumlah indikator, antara lain pemahaman, analisis, evaluasi, serta penyimpulan informasi oleh siswa. Dalam penerapan STEM yang mengadopsi model Project-Based Learning (PjBL) pada materi pelajaran IPA sistem peredaran darah manusia, kemampuan ini memiliki peranan krusial dalam mendukung siswa untuk dapat mengolah informasi secara mendalam dan menyelesaikan permasalahan berbasis konteks ilmiah indikator- indikator ini sangat sesuai. Hal ini karena siswa dituntut untuk menghubungkan berbagai konsep secara jelas dan sistematis, menguraiakan informasi konsep secara sistematis dan menilai keakuratan informasi secara detail. Penggunaan indikator dari Facione juga membantu peneliti menilai kemampuan berpikir kritis secara lebih objektif dan terstruktur. Dengan begitu, peneliti dapat melihat seberapa efektif STEM yang diterapkan melalui model Project-Based Learning (PjBL) digunakan dalam penelitian ini untuk meningkatkan kompetensi yang

dimiliki oleh siswa di SD Negeri 2 Sokawera yang berperan sebagai kelas eksperimen.

Pemahaman yang lebih menyeluruh mengenai sejauh mana efektivitas penerapan STEM berbasis proyek dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar dilakukan dengan menyesuaikan pada karakteristik mata pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam, khususnya materi sistem peredaran darah manusia yang memiliki keterkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari, indikator-indikator berpikir kritis yang dijadikan fokus dalam penelitian ini disajikan pada tabel berikut;

Tabel 1.3 Indikator berpikir kritis yang diteliti

No.	Indikator	Sub-Indikator/Aspek yang diamati
1.	Interpretasi Mengidentifikasi bagian-bagian dari sistem peredaran darah dengan jelas berdasarkan gambar yang tersedia.	Siswa mampu menyebutkan bagian sistem peredaran darah berdasarkan gambar dan nomor dengan jelas
2.	Evaluasi Menelaah fungsi dan gangguan yang terjadi pada bagian sistem peredaran darah secara logis.	Siswa mampu menjelaskan fungsi dan akibat gangguan pada bagian sistem peredaran darah dengan lengkap dan logis
3.	Evaluasi Siswa mampu menyimpulkan secara tepat pentingnya sistem peredaran darah bagi tubuh manusia.	Menyusun kesimpulan logis tentang pentingnya sistem peredaran darah dengan tepat dan logis

Penguasaan kemampuan berpikir kritis dikelompokkan ke dalam lima tingkat, yaitu: Sangat Tinggi, Tinggi, Cukup, Kurang, dan Rendah. Pembagian kategori ini bertujuan untuk memudahkan interpretasi

terhadap tingkat keterampilan berpikir kritis yang dimiliki oleh peserta didik. Klasifikasi tingkat penguasaan ini mengacu pada pedoman yang telah disesuaikan dari Karim (2015), sebagaimana ditampilkan dalam tabel berikut;

Tabel 1.4 Kategori Tingkat Penguasaan Kemampuan Berpikir Kritis

Rentang	Kriteria
$81,25 < x \leq 100$	Sangat Kritis
$71,50 < x \leq 81,25$	Kritis
$62,50 < x \leq 71,50$	Sedang
$43,75 < x \leq 62,50$	Kurang Kritis
$0 < x \leq 43,75$	Tidak Kritis

Sumber : Ramdani et al.,

4. Kolaborasi

Saat ini, ilmu pengetahuan, teknologi, dan informasi mengalami kemajuan yang signifikan dalam waktu yang relatif singkat. Kondisi ini menuntut peserta didik untuk memiliki berbagai kompetensi, termasuk penguasaan pengetahuan, keterampilan di bidang teknologi, media, dan informasi, serta kemampuan belajar, berinovasi, dan menghadapi tantangan kehidupan. Dalam hal ini, guru memiliki peran penting untuk secara sistematis mengembangkan kompetensi abad ke-21, khususnya kemampuan 4C yang mencakup berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas pada diri siswa.

Menghadapi perkembangan zaman modern generasi penerus harus

mempunyai bekal keterampilan dan kemampuan agar dapat bersaing dengan bangsa lain (Cholis & Yulianti, 2020a). Salah satu kompetensi yang penting untuk ditumbuhkan adalah kemampuan bekerja sama atau kolaboratif (Cholis & Yulianti, 2020b). Hal ini dikarenakan keterampilan abad 21 yang sejalan dengan budaya bangsa Indonesia adalah keterampilan kolaborasi (Khasnah et al., 2024). Selain itu, Pendidikan yang mengintegrasikan nilai-nilai budaya turut berperan dalam menanamkan nilai-nilai karakter pada peserta didik yang unggul serta meningkatkan kemampuan mereka dalam beradaptasi terhadap berbagai situasi. serta siap menghadapi masalah pendidikan di era disrupsi (Simanjuntak, 2019).

Sejalan dengan pendapat Simanjuntak, (2019), terdapat beragam bentuk kerja sama yang bisa dilakukan sebagai upaya penguatan pendidikan karakter peserta didik dalam menyikapi dinamika perkembangan zaman. Kolaborasi sendiri menjadi salah satu komponen penting dalam pembelajaran abad ke-21. Prinsip kolaborasi menekankan adanya hubungan antara manusia, proses, dan teknologi secara fleksibel, di mana kemajuan teknologi memungkinkan akses informasi tanpa batas sesuai kebutuhan individu. Salah satu tuntutan generasi milenial saat ini adalah perlunya pengembangan model pembelajaran yang bersifat kolaboratif

Kolaborasi dipahami sebagai suatu proses kerja sama dan koordinasi yang saling bergantung secara positif dalam suatu kelompok untuk

mencapai tujuan bersama. Sementara itu, keterampilan kolaboratif merujuk pada kemampuan siswa dalam berbagi ide, gagasan, maupun perasaan secara setara di antara sesama peserta didik (A. P. Dewi et al., 2020). Oleh karena itu, berbagai bentuk kolaborasi, baik di dalam lingkungan sekolah maupun antar komunitas dan lembaga pendidikan luar sekolah, sangat dibutuhkan guna mendukung penguatan karakter peserta didik. Keterampilan bekerja sama perlu ditanamkan sejak dini dan diterapkan secara konsisten dalam proses pembelajaran. Pendekatan pembelajaran kolaboratif mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam kegiatan belajar sekaligus mengembangkan pemahaman serta tanggung jawab bersama terhadap penyelesaian suatu tugas atau permasalahan.

Keterampilan kolaborasi perlu ditanamkan sejak dini dan diintegrasikan dalam proses pembelajaran. Melalui kegiatan pembelajaran yang bersifat kolaboratif, siswa dapat mengembangkan kemampuan sosialnya. Oleh sebab itu, peran guru sangat penting dalam menentukan strategi pembelajaran yang sesuai demi meningkatkan kemampuan kolaborasi sekaligus mendorong peningkatan hasil belajar siswa (Sunbanu et al., 2019).

Tujuan utama dari kolaborasi siswa di dalam kelas adalah untuk mendorong partisipasi aktif mereka dalam kegiatan belajar. Salah satu strategi yang dapat digunakan adalah dengan membagi siswa ke dalam pasangan atau kelompok kecil. Cara ini memberikan lebih banyak

kesempatan bagi siswa untuk terlibat dalam kerja sama. Ketika bekerja secara individu, sebagian siswa mungkin merasa terbebani, namun melalui kerja kelompok, tugas-tugas dapat diselesaikan dengan lebih mudah, cepat, dan menyenangkan. Kolaborasi tidak hanya mendukung penyelesaian tugas, serta mendorong tumbuhnya sikap bertanggung jawab bersama, komunikasi efektif, dan kecakapan dalam menyelesaikan masalah secara kolektif (Nurmaliah et al., 2021).

Meilinawati, (2018) menjelaskan bahwa kolaborasi memiliki sejumlah manfaat, di antaranya: (1) meningkatkan efisiensi serta produktivitas dalam pemanfaatan sumber daya sehingga penggunaannya menjadi lebih optimal dan praktis; (2) mendorong peningkatan profesionalisme, loyalitas, serta kepuasan dalam menjalankan tugas atau aktivitas tertentu; dan (3) membantu memperjelas peran masing-masing individu dalam menjalin interaksi dengan anggota kelompok lainnya.

Pembelajaran kolaboratif menekankan pendekatan sosial yang berperan dalam meningkatkan pengetahuan dan pemahaman siswa. Meskipun memiliki karakteristik tersendiri, pembelajaran kolaboratif memiliki keterkaitan erat dengan pembelajaran kooperatif, yang juga berbasis pada kerja kelompok. Pendekatan pembelajaran yang menekankan interaksi antarpeserta didik ini memungkinkan siswa yang mengalami kesulitan memahami materi dapat terbantu melalui dukungan dari teman sekelasnya. Interaksi timbal balik yang bersifat positif ini memberikan keuntungan bagi semua pihak, karena siswa dapat saling

bertukar pemahaman guna meningkatkan kemampuan akademik masing-masing (Ananyarta & Sari, 2017)

Suatu kegiatan pembelajaran dapat dikategorikan sebagai pembelajaran kolaboratif apabila kelompok yang dibentuk tidak bersifat tetap atau telah ditentukan sebelumnya. Kelompok tersebut bisa terdiri dari dua orang, beberapa individu, hingga lebih dari tujuh anggota. Pembelajaran kolaboratif terjadi ketika siswa bekerja secara berkelompok, baik saat kegiatan berlangsung di dalam kelas maupun di luar ruang belajar, siswa dibimbing oleh pendidik untuk bersama-sama menggali pengetahuan dan mencapai tujuan pembelajaran melalui interaksi sosial yang aktif. Interaksi ini memungkinkan terciptanya pengalaman belajar yang bermakna bagi seluruh anggota kelompok (Almarzooq et al., 2020).

Kemampuan kolaborasi yang dapat ditumbuhkan melalui pembelajaran, sebagaimana dijelaskan oleh Kivunja, (2014) Kemampuan kolaboratif peserta didik dapat tercermin melalui beberapa indikator penting. Salah satunya adalah tanggung jawab dalam menjalin kerja sama dengan orang lain untuk mencapai tujuan bersama. Selain itu, siswa juga diharapkan mampu menunjukkan sikap saling menghargai dan menghormati perbedaan pendapat yang muncul selama proses kerja tim. Kemampuan untuk bekerja secara efektif dan fleksibel dalam kelompok yang terdiri dari anggota dengan latar belakang beragam juga menjadi bagian penting dari keterampilan kolaboratif. Di samping itu, kesediaan untuk melakukan kompromi dengan anggota tim lain demi tercapainya

target yang telah disepakati bersama menunjukkan tingkat kematangan kolaborasi yang baik.

Kemampuan kolaborasi yang dapat ditumbuhkan melalui pembelajaran, sebagaimana dijelaskan oleh Kivunja (2014), mencakup beberapa aspek. Salah satu aspek penting dalam keterampilan kolaboratif adalah tanggung jawab dalam menjalin kerja sama dengan orang lain untuk mencapai tujuan bersama. Selain itu, kemampuan untuk menghargai dan menghormati pandangan maupun pendapat orang lain juga menjadi bagian yang tak terpisahkan. Kedua kemampuan ini tidak hanya mencerminkan sikap sosial yang positif, tetapi juga menjadi fondasi dalam menciptakan kerja tim yang harmonis dan produktif di lingkungan pembelajaran.

Kolaborasi dalam konteks pembelajaran merujuk pada aktivitas kerja sama antara peserta didik, di mana setiap individu saling berkontribusi, mendukung, dan melengkapi satu sama lain dalam menyelesaikan suatu tugas atau proyek, dengan tujuan mencapai hasil yang diharapkan secara bersama-sama yang telah ditetapkan (Zubaidah, 2018). Kemampuan kolaboratif mencakup berbagai aspek, antara lain: (1) memberikan dan terbuka terhadap masukan yang diberikan oleh rekan satu tim; (2) berbagi peran serta ide-ide konstruktif; (3) menghargai keahlian, latar belakang pengetahuan, ide-ide kreatif, dan partisipasi dari rekan; (4) menyimak dan meresapi emosi, pandangan, serta kegelisahan yang dirasakan oleh orang lain; (5) mengembangkan gagasan yang muncul dari

anggota kelompok; (6) menyampaikan pandangan pribadi serta perbedaan pendapat dengan cara yang bijak; (7) mendengarkan secara sabar, terutama dalam kondisi konflik; dan (8) merumuskan masalah secara tepat.

Pembelajaran kolaboratif juga mendukung pengembangan kemampuan metakognitif, peningkatan kualitas dalam penyusunan gagasan, serta diskusi pada level pola pikir yang lebih kompleks dan reflektif. Strategi pembelajaran ini memungkinkan siswa untuk berinteraksi dan saling mengamati proses belajar temannya, mendeteksi kesalahan yang terjadi, serta belajar memperbaikinya secara mandiri. Melalui proses tersebut, peserta didik tidak hanya membangun pemahaman terhadap konten, tetapi juga mengembangkan kemampuan keterampilan penting di era modern, seperti kerja sama dalam kelompok, solusi terhadap persoalan kompleks, serta penggunaan ilmu dalam konteks praktis dalam konteks yang berbeda (Barron & Darling-Hammond, 2008). Berbeda dengan pembelajaran yang berpusat pada guru seperti metode ceramah, pendekatan kolaboratif mendorong siswa untuk saling berinteraksi dan membangun pengetahuan melalui kerja sama dalam kelompok.

Terdapat sejumlah upaya dapat diterapkan oleh pendidik untuk mengembangkan kemampuan kolaboratif peserta didik selama proses pembelajaran, antara lain melalui penerapan metode kerja kelompok, pemberian proyek bersama, serta fasilitasi diskusi yang mendorong interaksi aktif dan saling menghargai antaranggota kelompok. Di

antaranya: (1) Membimbing siswa untuk mampu bekerja secara saling menghargai dalam tim yang beragam, baik secara fisik maupun emosional; (2) Menanamkan sikap fleksibel dan kemauan untuk berkompromi demi tercapainya tujuan bersama yang menguntungkan semua pihak dalam kerja tim; (3) Melatih siswa untuk bertanggung jawab dalam menjalankan tugas bersama dengan anggota kelompok lainnya; (4) Mendorong peserta didik agar menghargai pendapat dan kontribusi dari setiap anggota tim tempat mereka berkolaborasi; (5) Mengintegrasikan lima prinsip utama dalam pembelajaran kooperatif sebagai dasar penguatan keterampilan kolaboratif, yaitu saling bergantung secara positif, memiliki tanggung jawab personal, keterlibatan yang adil, evaluasi kerja tim, serta interaksi aktif antar anggota.

Beberapa ahli menyatakan bahwa terdapat lima komponen utama yang harus terpenuhi agar pembelajaran dalam kelompok benar-benar berlangsung secara kooperatif atau kolaboratif. Komponen pertama adalah saling ketergantungan positif, di mana setiap siswa merasa terikat secara positif dengan anggota kelompoknya. Mereka memiliki tanggung jawab tidak hanya untuk memahami materi pembelajaran, tetapi juga memastikan bahwa seluruh anggota kelompok memahami hal yang sama. Kesuksesan individu dianggap tak lengkap tanpa keberhasilan anggota kelompok lainnya. Kedua, interaksi tatap muka antar siswa, yang menekankan pentingnya komunikasi verbal dan dukungan timbal balik dalam kelompok. Interaksi yang aktif ini memungkinkan siswa memberikan dukungan dan

kontribusi timbal balik antar anggota untuk mencapai tujuan pembelajaran bersama. Ketiga adalah tanggung jawab individu, yang mengharuskan setiap siswa memahami materi yang dibahas agar dapat berkontribusi secara maksimal. Meskipun bekerja dalam kelompok, setiap peserta didik tetap memiliki tanggung jawab pribadi terhadap pemahaman dan capaian dari proses belajar secara kelompok. Keempat, kemampuan untuk bekerja sama dan berkomunikasi yang merupakan bagian dari keterampilan sosial penting dalam menciptakan dinamika kerja kelompok yang sehat. Siswa perlu memiliki kemampuan komunikasi yang baik untuk mendukung proses kerja sama yang efektif; Kelima, efektivitas kerja kelompok. Peserta didik mengevaluasi kinerja kelompok mereka dengan merefleksikan tindakan-tindakan yang mendukung proses pembelajaran dan mengidentifikasi langkah-langkah yang perlu dilanjutkan maupun disesuaikan demi peningkatan hasil belajar.

Begitu juga, Slavin, (1995) menawarkan perspektif yang integratif, dengan menekankan pentingnya kemampuan analisis, evaluasi, dan refleksi sebagai bagian dari kolaborasi. Dalam pembelajaran kolaboratif, terdapat beberapa indikator penting yang mencerminkan kualitas kerja sama antarsiswa. Pertama, saling ketergantungan positif, yaitu ketika setiap anggota kelompok memahami bahwa keberhasilan individu turut menentukan keberhasilan kelompok secara keseluruhan. Oleh karena itu, tugas dirancang agar setiap anggota memiliki peran yang saling melengkapi. Kedua, tanggung jawab individu, di mana setiap peserta didik

bertanggung jawab menyelesaikan tugasnya masing-masing dengan baik dan memberikan kontribusi terhadap hasil kerja tim. Hasil kerja masing-masing anggota juga dapat dievaluasi secara terpisah. Ketiga, interaksi tatap muka, yang ditunjukkan melalui komunikasi langsung antar anggota kelompok, seperti diskusi, berbagi gagasan, memberikan motivasi, dan saling membantu dalam menyelesaikan tugas. Keempat, keterampilan interpersonal dan kelompok, yang mencakup kemampuan siswa dalam berkomunikasi, memimpin, membuat keputusan bersama, serta menyelesaikan konflik selama bekerja dalam kelompok. Terakhir, evaluasi proses kelompok (group processing), yaitu kegiatan refleksi yang dilakukan oleh kelompok untuk menilai efektivitas kerja sama yang telah dilakukan dan merancang strategi perbaikan agar kolaborasi semakin optimal di pertemuan berikutnya

Peneliti menyusun indikator yang digunakan dalam penelitian ini dengan menyesuaikan pada materi sistem peredaran darah manusia, kondisi tempat penelitian berlangsung, serta situasi aktual yang sedang terjadi, maka peneliti memilih teori kolaboratif model (Slavin(1995)). Kemampuan kolaboratif menjadi salah satu elemen utama dalam proses belajar mengajar masa kini, terutama saat siswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan proyek. Melalui pembelajaran STEM yang diterapkan dengan model PjBL, siswa tidak sekadar memahami isi pelajaran, melainkan juga memperoleh pengalaman belajar yang melibatkan pengembangan keterampilan lain yang relevan dengan

kehidupan nyata dilatih untuk bekerja sama, saling bertukar ide, serta mengembangkan kemampuan interpersonal lainnya untuk menyelesaikan masalah bersama.

Kemampuan kolaboratif merupakan salah satu aspek penting dalam pembelajaran abad ke-21 yang perlu dikembangkan sejak jenjang sekolah dasar. Kolaborasi yang efektif memungkinkan siswa untuk tidak hanya menyelesaikan tugas bersama, tetapi juga belajar menghargai perbedaan, berbagi tanggung jawab, serta membangun keterampilan sosial yang mendukung keberhasilan akademik dan kehidupan bermasyarakat.

Oleh karena itu, indikator kemampuan kolaboratif yang diambil dalam penelitian ini mencakup kemampuan tanggung jawab individu, kemampuan interpersonal dan kelompok, serta berkontribusi aktif dalam diskusi kelompok. Penggunaan indikator ini membantu peneliti untuk mengamati dan menilai bagaimana siswa berinteraksi dan bekerja sama selama proses pembelajaran. Dengan begitu, peneliti dapat mengetahui seberapa baik model PjBL dalam meningkatkan kemampuan kolaboratif siswa di SD Negeri 2 Sokawera dalam penelitian tentang materi sistem peredaran darah tepat karena fokus pada pembelajaran kooperatif yang terstruktur dapat memperdalam penguasaan siswa terhadap prinsip-prinsip dasar ilmu pengetahuan bersifat kompleks.

Indikator yang digunakan sudah dikembangkan oleh peneliti diuraikan pada tabel berikut,

Tabel 1.5 Indikator kolaboratif yang diteliti

No	Indikator Kolaborasi	Aspek yang diamati
1	Tanggung jawab individu	Siswa menunjukkan kesungguhan dalam menyelesaikan tugas yang menjadi bagiannya. Memiliki rasa tanggung jawab terhadap hasil kerja kelompok. Menyelesaikan tugas tepat waktu dan sesuai kesepakatan
2	Kemampuan interpersonal dan kelompok	Siswa mampu berinteraksi secara positif dengan anggota kelompok. Menunjukkan sikap saling menghargai dan mendengarkan pendapat teman. Terlibat aktif dalam komunikasi dua arah selama diskusi kelompoknya.
3	Kemampuan aktif dalam kelompok	Siswa aktif berpartisipasi dalam proses penyelesaian tugas atau proyek kelompok. Terlibat dalam pengambilan keputusan Bersama. Berkontribusi dalam mengusulkan ide, solusi, atau langkah-langkah kerja selama kegiatan kelompok berlangsung

Proses pembelajaran dan pengembangan dapat berjalan lebih efektif apabila didukung oleh model, pendekatan dan strategi pembelajaran yang tepat. Salah satu cara yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran adalah pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Hal ini dikarenakan STEM dinilai efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis, dan kolaborasi sekaligus kreativitas siswa melalui pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan mendalam. Dengan mengintegrasikan keempat disiplin ilmu tersebut, peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga memperoleh keterampilan praktis yang berkaitan dengan permasalahan kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, pembelajaran

menjadi lebih bermakna dan mampu membentuk karakter serta kompetensi yang diperlukan untuk menghadapi tantangan di masa mendatang.

B. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas implementasi STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif pada siswa sekolah dasar. Dalam bagian ini, peneliti menyusun ringkasan temuan-temuan penelitian yang berkaitan dengan isu yang diteliti. Penyusunan kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kontribusi dan keunikan penelitian yang sedang dilaksanakan dibandingkan dengan studi terdahulu. Selain itu, kajian ini juga berperan dalam memberikan landasan teoretis dan arah yang lebih jelas bagi pelaksanaan penelitian dalam merancang eksperimen atau studi yang lebih baik, dengan memanfaatkan teknik yang terbukti efektif, sekaligus menghindari kelemahan yang ditemukan dalam studi sebelumnya.

Tabel 1.6 Penelitian yang Relevan

No	Judul Penelitian	Peneliti dan Tahun Peneliian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
1	The Effect of STEM-PjBL Based Science and Social Learning on Critical Thinking and Collaboration Skills of Students of SD Negeri 3	(Putrianasari & Purwandari, 2024)	Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian asosiatif untuk melihat hubungan antara variabel. Analisis data	Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian asosiatif dengan pendekatan kuantitatif, menggunakan metode kuasi-eksperimen. Dua kelas digunakan sebagai sampel,

No	Judul Penelitian	Peneliti dan Tahun Peneliian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
	Plumbungan		dilakukan secara kuantitatif. Fokus penelitian adalah pengaruh pembelajaran IPA dan IPS berbasis STEM-PjBL terhadap kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif siswa kelas VI SD Negeri 3 Plumbungan tahun ajaran 2022/2023	yaitu kelas eksperimen dan kelas kontrol, dengan analisis data dilakukan secara numerik.
2	Efektivitas Pembelajaran STEM dengan Model PjBL Terhadap Kreativitas dan Pemahaman Konsep IPA Sekolah Dasar	(Yulaikah et al., 2022)	Hasil penelitian mengungkapkan adanya perbedaan signifikan dalam aspek kreativitas dan pemahaman konsep antara siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis STEM dengan pendekatan Project-Based Learning (PjBL) dan mereka yang belajar melalui metode konvensional	Analisis data dalam penelitian ini menggunakan uji ANCOVA yang kemudian dilanjutkan dengan penghitungan effect size untuk melihat besar pengaruh perlakuan. Selain itu, digunakan pula uji-t guna membandingkan hasil antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.
3	Pembelajaran Fisika Berbasis Science Technology Engineering	(Cholis & Yulianti, 2020a)(Cholis & Yulianti, 2020b)	Penelitian ini menggunakan metode kuasi-eksperimen dengan rancangan <i>non-</i>	Tujuan dan subjek penelitiannya serta metode yang digunakan. Tujuannya untuk mengetahui

No	Judul Penelitian	Peneliti dan Tahun Peneliiian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
	And Mathematic(St em) Untuk Mengembangkan Keterampilan Kolaborasi		<i>equivalent control group design.</i> Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh temuan yang menunjukkan bahwa keterampilan kolaborasi setelah menerapkan pembelajaran fisika berbasis STEM berkembang dalam kategori tinggi. Perbedaan dengan penelitian saya terdapat pada tujuan yang ingin dicapai dan subjek penelitiannya.	bagaimana sekolah memahami STEM, Penelitian ini bertujuan mengetahui imlementasi pembelajaran STEM menggunakan model PjBL
4	The impact of implementation of STEM integrating project-based learning on students' problem-solving abilities	(Nurmaliah et al., 2021)	Menunjukkan pendekatan STEM yang mengintegrasikan model PjBL dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah. kegiatan pembelajaran untuk meningkatkan	Subjek penelitian siswa SMA, Penelitian ini siswa SD

No	Judul Penelitian	Peneliti dan Tahun Peneliian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
			pembelajaran bermakna dan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah konten biologi.	
5	Developing student 21 st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools	(Stehle & Peters-Burton, 2019)	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sekolah menengah STEM yang inklusif menyediakan lingkungan yang mendukung pengembangan keterampilan Abad ke-21, dimana ada 67 rencana pelajaran yang dikumpulkan di sekolah menengah STEM yang inklusif, 50 mencakup instruksi tentang keterampilan Abad ke-21	tujuan dan subjek penelitiannya serta metode yang digunakan. Tujuan penelitiannya untuk mengetahui bagaimana sekolah memahami STEM, Penelitian ini bertujuan mengetahui imlementasi pembealajaran STEM menggunakan model PjBL
6	Implementasi Model Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and	(Khasnah et al., 2024)	Peningkatan keterampilan kolaborasi dengan n-gain pada aspek berbagi informasi dan pengetahuan	Model Pembelajaran STEM, Sedangkan model pembelajaran penelitian ini adlaah PjBL

No	Judul Penelitian	Peneliti dan Tahun Peneliian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
	Mathematics) untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik		dengan kategori sedang, serta aspek dukungan tim dengan kategori tinggi	
7	Integrasi Pendekatan STEM (Science, Technology, Enggeenering and Mathematic) Untuk Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar tahun 2021	Davidi dan Elisabeth Irma Novianti, Sennen, Eliterius, Supardi, Kanisius tahun 2021	Penerapan pendekatan STEM menunjukkan efektivitasnya dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik tingkat sekolah dasar di wilayah Kecamatan Wae Ri'i	Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan tertentu yang disesuaikan untuk menguji pengaruh antar variabel. Non Equivalent Control Group Design. Penelitian ini menggunakan quasi eksperimen
8	Implementasi Pembelajaran IPA Berbasis STEM Berbantuan ICT untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21	(Mu'minah & Aripin, 2019)	Penerapan pembelajaran IPA yang mengintegrasikan pendekatan STEM serta didukung oleh teknologi informasi dan komunikasi (ICT) terbukti mampu mendorong pengembangan keterampilan abad ke-21 dan dapat diimplementasikan secara efektif.	Tujuan dan metode yang berbeda. Tujuan untuk mengembangkan pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan ICT. Sedangkan penelitian ini Implementasi STEM menggunakan model PjBL Penelitian ini dengan quasi eksperimen

No	Judul Penelitian	Peneliti dan Tahun Peneliian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
9	Implementasi Steam (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics) Dalam Pembelajaran Abad 21	(Mu'minah & Aripin, 2019)	Perbandingan kemampuan berpikir kritis siswa antara sebelum dan setelah diterapkannya pembelajaran berbasis STEM yang didukung oleh teknologi informasi dan komunikasi (ICT) menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan.	Penelitian ini menggunakan metode pra-eksperimen dengan rancangan <i>one group pretest-posttest design</i> , di mana satu kelompok subjek diberikan tes sebelum dan sesudah perlakuan untuk melihat perubahan yang terjadi akibat intervensi. dan Model pembelajaran inkuiri .Sedangkan penelitian ini quasi ekspwrimen dan model PjBL
10	Pembelajaran Steam Di Sekolah Dasar Implementasi Dan Tantangan Pembelajaran STEAM	(Nuragnia et al., 2021)	guru telah mengimplementasikan Pendekatan STEAM diterapkan melalui model pembelajaran yang menempatkan siswa sebagai pusat kegiatan belajar	Penelitian kuantitatif deskriptif dengan metode survei.Penelitian ini kuantitatif quaisi eksperimen
11	Ethno-stem project-based learning: Its impact to critical and creative	(Sumarni & Kadarwati, 2020)	Model pembelajaran proyek yang mengintegrasikan pendekatan etno-STEM	Penelitian ini menggunakan metode kuasi-eksperimen, berbeda dengan metode pra-

No	Judul Penelitian	Peneliti dan Tahun Peneliiian	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan Penelitian ini
	thinking skills		terbukti memberikan dampak positif yang signifikan dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreativitas peserta didik.	eksperimen seperti <i>one-group pretest-posttest design</i> , karena melibatkan kelompok kontrol dan eksperimen untuk analisis yang lebih valid.

C. Kerangka Pikir

Pembelajaran abad ke-21 menuntut siswa memiliki keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif sebagai bagian dari kompetensi utama dalam menghadapi tantangan global. Pada pembelajaran IPA di sekolah dasar, materi sistem peredaran darah manusia dapat dilakukan penerapan STEM yang dapat memberikan kemudahan bagi siswa dalam memahami konsep secara kontekstual dengan proyek. Dalam kegiatan pembelajaran, siswa tidak hanya memahami bagaimana sistem peredaran darah bekerja, tetapi juga menerapkan prinsip-prinsip STEM untuk mengeksplorasi lebih lanjut melalui eksperimen sederhana, simulasi teknologi, atau pembuatan model sistem peredaran darah, sehingga pembelajaran STEM mampu mendorong peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Ketika dikombinasikan dengan model Project-Based Learning (PjBL), Keduanya memiliki hubungan yang erat dalam menunjang pengembangan keterampilan berpikir kritis sekaligus kolaboratif. Dalam pelaksanaannya, pendekatan STEM mengintegrasikan unsur sains, teknologi,

teknik, dan matematika secara terpadu untuk membangun pemahaman yang mendalam dan aplikatif bagi siswa.

Sementara itu, model PjBL mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam menyelesaikan permasalahan nyata melalui pelaksanaan proyek-proyek kontekstual. Pendekatan ini secara tidak langsung menuntut siswa untuk berpikir secara kritis, karena mereka ditantang untuk menganalisis situasi kompleks dan merumuskan solusi yang tepat. Di sisi lain, PjBL juga menekankan pentingnya kerja sama tim, di mana siswa dilatih untuk berbagi gagasan, mendengarkan pandangan anggota kelompok, serta berkolaborasi demi mencapai tujuan bersama. Melalui pengalaman pembelajaran ini, peserta didik tidak hanya memahami konsep-konsep ilmiah secara lebih mendalam, tetapi juga mengasah kemampuan berpikir analitis, mengevaluasi berbagai pilihan solusi, dan bekerja sama secara efektif. Oleh karena itu, implementasi pembelajaran STEM berbasis PjBL berkontribusi signifikan terhadap peningkatan penguasaan konsep, kemampuan berpikir kritis dan kreatif, serta keterampilan kolaboratif peserta didik, yang sangat dibutuhkan dalam menjawab tantangan abad ke-21 (Suardi, 2020).

Adapun bentuk berpikir kritis yang bisa diterapkan sebagai indikator jelas adalah pemahaman siswa terhadap materi dapat meningkat apabila didukung oleh tingkat kemampuan untuk mengerjakan soal atau pertanyaan tanya jawab langsung selama proses pembelajaran. Jika dikaitkan dengan pelaksanaan pembelajaran maka guru harus menyediakan lingkungan belajar yang akan membuat siswa memiliki keterampilan berpikir kritis yang

baik dapat diberikan stimulus agar secara aktif bertanya atau menjawab pertanyaan guru, memancing untuk dapat menyimpulkan pembelajaran dengan jelas, diarahkan untuk dapat memberikan argument yang mendukung materi sehingga peserta didik tersebut berpotensi meraih hasil belajar yang optimal pula.

Di sisi lain, pendidik juga memiliki peran penting dalam menciptakan ruang bagi siswa untuk terlibat secara aktif dalam kelompoknya, dengan menekankan pentingnya kerja sama tim dan kolaborasi antar peserta didik. Hal ini menjadi krusial mengingat permasalahan atau proyek yang diangkat dalam pembelajaran berbasis STEM umumnya bersifat kompleks dan memerlukan beragam sudut pandang. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa: (1) Ketika unsur-unsur pembelajaran STEM tidak tampak atau tidak diterapkan dengan optimal dalam proses belajar, maka kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif siswa cenderung kurang berkembang secara maksimal; dan (2) Sebaliknya, jika pembelajaran STEM diimplementasikan dengan baik, maka hal tersebut berpotensi mendorong peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif siswa secara signifikan.

Implementasi pembelajaran STEM juga mendorong kolaborasi di antara siswa. Selama proses pembelajaran, mereka bekerja dalam kelompok untuk mengembangkan solusi, menyelesaikan proyek, serta berdiskusi guna menyelesaikan permasalahan yang diberikan.

Mengacu pada uraian di atas, maka kerangka pikir dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut;



Gambar 1.1 Kerangka Pikir

Kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif merupakan dua aspek penting dalam pembelajaran abad ke-21 yang perlu dikembangkan sejak dini, terutama di jenjang sekolah dasar. Namun, pada kenyataannya, banyak siswa yang masih mengalami kesulitan dalam mengembangkan kedua keterampilan tersebut. Hal ini terlihat dari rendahnya kemampuan siswa dalam menganalisis informasi, menyusun kesimpulan logis, serta bekerja sama secara efektif dalam kelompok. Kondisi ini menunjukkan perlunya pembelajaran yang dapat secara langsung meningkatkan kedua kemampuan tersebut secara simultan. Salah satunya dengan penerapan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dalam model PjBL. STEM menempatkan siswa sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran melalui penyelesaian proyek yang relevan dengan kehidupan nyata. Melalui kegiatan berbasis proyek yang

mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, siswa tidak hanya dituntut untuk memahami konsep secara mendalam, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi serta kemampuan bekerja dalam tim.

Selain itu, pembelajaran berbasis proyek dalam pendekatan STEM juga memberikan ruang bagi siswa untuk berkolaborasi secara aktif dalam kelompok. Kegiatan seperti diskusi, pembagian tugas, pengambilan keputusan bersama, serta penyelesaian proyek secara kolektif mampu mendorong tumbuhnya keterampilan kerja sama yang positif dan terstruktur. Dengan demikian, pembelajaran STEM diyakini mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan keterampilan kolaboratif siswa secara simultan. Kerangka pikir ini menggambarkan hubungan logis antara permasalahan awal (rendahnya kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif), intervensi (pembelajaran STEM), dan hasil yang diharapkan (peningkatan pemahaman konsep, berpikir kritis, dan kolaborasi siswa).

D. Hipotesis Penelitian

1. Hipotesis yang diajukan penelitian ini disampaikan melalui poin-poin berikut:

Hipotesis Alternatif (Ha):

Ha1: Terdapat pengaruh yang signifikan dari penerapan STEM dengan model Project-Based Learning (PjBL) terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik sekolah dasar.

Ha2: Implementasi STEM menggunakan model Project-Based Learning

(PjBL) berpengaruh secara signifikan terhadap kemampuan kolaboratif siswa sekolah dasar.

Ha3: Terdapat hubungan implementasi STEM menggunakan model Project-Based Learning (PjBL) antara kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif siswa sekolah dasar.

