

IMPLEMENTASI KURIKULUM BERBASIS STEM UNTUK PENGEMBANGAN CRITICAL THINKING SISWA SMA

SAHAL MUNAWAR *1
HERYANTO ²
ICHSAN FAUZI RACHMAN ³

^{1,2,3} Universitas Siliwangi

*e-mail: sahalmunawar88@gmail.com¹, heryanto166703@gmail.com², ichsanfauziracman@unsil.id³

Abstrak

Kemampuan berpikir kritis atau *critical thinking* merupakan salah satu keterampilan utama yang dibutuhkan di abad ke-21, terutama dalam menghadapi tantangan global dan kompleksitas kehidupan sehari-hari. Sayangnya, berbagai studi menunjukkan bahwa tingkat berpikir kritis siswa SMA di Indonesia masih tergolong rendah. Artikel ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis berbagai penelitian yang mengkaji implementasi kurikulum berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dan kontribusinya terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan menganalisis artikel ilmiah yang relevan dari berbagai database. Hasil kajian menunjukkan bahwa pendekatan STEM, terutama melalui model pembelajaran berbasis proyek dan pemecahan masalah, secara konsisten dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Namun demikian, implementasi kurikulum STEM masih menghadapi kendala seperti keterbatasan fasilitas, kurangnya pelatihan guru, dan belum menyeluruhnya integrasi STEM dalam kurikulum. Studi ini merekomendasikan perlunya dukungan kebijakan, pelatihan guru, dan pengembangan perangkat ajar yang mendukung pembelajaran lintas disiplin untuk mengoptimalkan hasil pembelajaran berbasis STEM.

Kata kunci : *Critical Thinking, STEM, Literatur Review*

Abstract

Critical thinking skills or critical thinking is one of the main skills needed in the 21st century, especially in facing global challenges and the complexity of everyday life. Unfortunately, various studies show that the level of critical thinking of high school students in Indonesia is still relatively low. This article aims to systematically review various studies that examine the implementation of STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)-based curriculum and its contribution to the development of high school students' critical thinking skills. The method used is a literature study by analyzing relevant scientific articles from various databases. The results of the study show that the STEM approach, especially through project-based learning models and problem solving, can consistently improve students' critical thinking skills. However, the implementation of the STEM curriculum still faces obstacles such as limited facilities, lack of teacher training, and the incomplete integration of STEM into the curriculum. This study recommends the need for policy support, teacher training, and the development of open tools that support cross-disciplinary learning to optimize STEM-based learning outcomes.

Keywords: *Critical Thinking, STEM, Literature Review*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi digital telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk pendidikan. Digitalisasi ruang kelas telah merevolusi cara pengajaran dilakukan, memungkinkan pembelajaran yang lebih fleksibel, interaktif, dan mudah diakses kapan pun dan di mana pun (Raja & Nagasubramani, 2018). Kemudahan akses informasi melalui teknologi juga berperan dalam meningkatkan kreativitas serta keterampilan berpikir kritis siswa (Jahnke & Liebscher, 2020).

Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) menjadi salah satu metode inovatif yang relevan di era digital ini. Pendekatan ini menekankan penguasaan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas (Oktapiani & Hamdu, 2020). Dengan metode ini, siswa tidak hanya memahami konsep, tetapi juga

menghubungkan berbagai disiplin ilmu secara kontekstual, meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan berpikir tingkat tinggi (Mayasari, 2014)

Peran guru dalam pendidikan abad ke-21 telah berubah, dari sekadar penyampai materi menjadi fasilitator yang mendorong dan menginspirasi pembelajaran. Hal ini sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang berfokus pada pengembangan potensi dan keterampilan hidup siswa, bukan hanya pencapaian akademik (Riyani & Wulandari, 2022; Darmaji et al., 2018).

Media pembelajaran memainkan peran penting dalam menciptakan pengalaman belajar yang bermakna. Salah satu media efektif yang sering digunakan adalah Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD dirancang untuk membantu siswa memahami konsep melalui aktivitas langsung dan latihan soal yang kontekstual (Syamsurizal et al., 2017). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa LKPD berbasis pendekatan saintifik maupun inkuiri terbimbing dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses sains siswa (Setiani et al., 2021; Rahmawati & Wulandari, 2020; Wiharsri, 2019).

Dalam menghadapi tantangan Revolusi Industri 4.0, integrasi antara media pembelajaran dan pendekatan STEM menjadi sangat penting. LKPD berbasis STEM, yang menggabungkan unsur sains, teknologi, teknik, dan matematika, terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa (Mahjatia et al., 2021). Misalnya, dalam aspek sains, LKPD melatih keterampilan proses ilmiah, sementara dalam teknologi dan matematika, siswa diajak mengembangkan logika serta solusi inovatif terhadap permasalahan (Silvia & Simatupang, 2020; Sartika, 2019).

Meskipun demikian, berbagai studi menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa masih tergolong rendah (Lestari & Zulyusri, 2023). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan media pembelajaran yang tidak hanya menarik tetapi juga mampu membangun keterampilan berpikir tingkat tinggi, salah satunya melalui LKPD berbasis STEM.

Berpikir kritis merupakan keterampilan utama dalam pendidikan sains, mencakup berbagai aspek seperti analisis, evaluasi, prediksi, sintesis, dan penalaran (Tiruneh, De Cock, & Elen, 2018). Pendidikan formal memiliki peran penting dalam menanamkan kemampuan ini sejak dini, sehingga siswa dapat mengembangkan pola pikir logis dalam menghadapi tantangan (Ennis, 2011).

Salah satu materi dalam fisika yang membutuhkan keterampilan berpikir kritis adalah suhu dan kalor. Konsep-konsep dalam topik ini sering kali disalahpahami, dengan miskonsepsi umum seperti menyamakan kalor dan suhu, atau menganggap kalor sebagai entitas yang mengalir tanpa memahami bahwa kalor sebenarnya adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu (Leinonen, Moisseev, & Nousiainen, 2013; Driver, Squire, Rushworth, & Wood-Robinson, 1994). Banyak siswa juga mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep energi dengan perubahan suhu secara ilmiah (Henderson, Mestre, & Slakey, 2015).

Untuk mengatasi miskonsepsi ini dan meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa, pendekatan pembelajaran berbasis STEM melalui LKPD dapat menjadi solusi yang efektif. Dengan mengintegrasikan konsep dan keterampilan abad ke-21, LKPD berbasis STEM dapat membantu siswa memahami materi suhu dan kalor secara lebih menyeluruh serta mendorong pemikiran reflektif dan inovatif

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan merangkum berbagai jurnal ilmiah yang terakreditasi, baik nasional maupun internasional, yang diperoleh dari database seperti Google Scholar. Data dikumpulkan melalui pencarian jurnal dengan kata kunci “implementasi kurikulum berbasis STEM terhadap keterampilan berpikir kritis anak SMA” dan dipilih 15 artikel yang paling relevan. Setelahnya, jurnal yang telah dikumpulkan diseleksi dan dianalisis untuk mengidentifikasi Subject, Object, Learning Object, Learning Objectives, serta dampaknya terhadap keterampilan 4C (Critical Thinking, Creative Thinking, Communication, dan Collaboration). Hasil analisis kemudian dirangkum untuk merumuskan inti penelitian, yang selanjutnya disusun dalam bentuk laporan dengan pendekatan deskriptif kualitatif guna memahami perkembangan

implementasi kurikulum berbasis STEM dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.STEM berbasis Proyek

Pendekatan pembelajaran berbasis proyek dengan konsep STEM dalam mata pelajaran kimia di SMA Negeri 4 Banda Aceh merupakan inovasi untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Dengan mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam proyek nyata, siswa tidak hanya memahami teori tetapi juga dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari (Mahjatia et al., 2021).

Metode ini terdiri dari lima tahap utama—Reflection, Research, Discovery, Application, dan Communication—yang membantu siswa mengembangkan pemikiran kritis, kreativitas, kerja sama, serta keterampilan komunikasi. Misalnya, pada tahap Research, siswa mencari solusi inovatif terkait energi alternatif berbahan alami, sehingga mereka dapat melatih kemampuan berpikir ilmiah dan pemecahan masalah (Silvia & Simatupang, 2020).

Selain itu, pendekatan ini mendorong pembelajaran berbasis pengalaman langsung (hands on learning), di mana siswa aktif melakukan eksplorasi, eksperimen, dan diskusi. Model ini telah terbukti meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam memahami konsep kimia dengan lebih mendalam (Sartika, 2019).

2.STEM melalui Aktivitas Desmos

Penelitian tentang penerapan Desmos berbasis STEM dalam pembelajaran menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan pengalaman belajar siswa, terutama dalam memahami konsep kinematika dan grafik fungsi linear. Dengan mengintegrasikan fisika dan matematika, siswa dapat memahami hubungan antar konsep secara lebih mendalam, sesuai dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang mendorong eksplorasi dan pemahaman berbasis konteks (Riyani & Wulandari, 2022).

Tahapan penelitian meliputi analisis, perancangan, dan pengembangan. Berdasarkan wawancara, ditemukan bahwa guru dan siswa belum terbiasa dengan pembelajaran STEM, khususnya penggunaan Desmos sebagai alat bantu interaktif. Untuk mengatasi hal ini, penelitian mengadaptasi aktivitas Desmos yang sudah ada dan mengembangkannya menjadi Dynamic STEM Education. Aktivitas ini menawarkan animasi gerak, umpan balik interaktif, serta tugas yang dirancang untuk melatih keterampilan berpikir kritis, kreatif, komunikasi, dan kolaborasi (4C) (Silvia & Simatupang, 2020).

Pengembangan aktivitas Desmos telah divalidasi oleh ahli media dan materi untuk menilai aksesibilitas, tampilan, dan kesesuaian konten. Hasil validasi menunjukkan rata-rata persentase 84,06%, yang mengindikasikan bahwa aktivitas ini layak digunakan dalam pembelajaran STEM. Selain itu, uji keterbacaan dengan siswa memberikan umpan balik positif, seperti desain yang menarik dan interaktif, kemudahan akses, serta peningkatan keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaborasi dalam kelompok (Sartika, 2019).

Secara keseluruhan, integrasi Desmos dalam pembelajaran STEM memberikan peluang bagi siswa untuk mengeksplorasi konsep secara lebih dinamis dan mendalam. Pendekatan ini sejalan dengan tujuan Kurikulum Merdeka dalam membangun pemahaman berbasis eksplorasi (Mahjatia et al., 2021).

3.Pengembangan LKPD Berbasis STEM untuk Pembelajaran Interaktif

Penelitian dan pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis STEM mengikuti pendekatan ADDIE, yang terdiri dari lima tahap utama: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Fokus penelitian ini berada pada tahap implementasi, bertujuan untuk menilai efektivitas LKPD dalam meningkatkan keterampilan proses ilmiah siswa (Branch, 2009).

Analisis Kebutuhan dan Pengembangan LKPD

LKPD berbasis STEM mengintegrasikan unsur Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan interaktif. Berdasarkan wawancara dengan guru dan siswa, ditemukan bahwa sebagian besar LKPD konvensional masih berupa kumpulan soal tanpa

melibatkan eksplorasi aktif siswa (Tsupros et al., 2009). Oleh karena itu, pengembangan LKPD berbasis STEM bertujuan untuk:

- Meningkatkan partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran
- Mendorong pemikiran kritis dan kreatif, sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka (Kemendikbud, 2020)
- Memanfaatkan teknologi digital, seperti buku elektronik, untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih dinamis

Tahap Desain dan Implementasi

Pengembangan LKPD mencakup pemilihan judul, model tampilan, tujuan pembelajaran, analisis STEM, serta perancangan aktivitas berbasis proyek untuk meningkatkan keterampilan ilmiah siswa. Beberapa pembaruan yang diterapkan dalam implementasi LKPD ini antara lain:

- Desain visual lebih menarik dan interaktif
- Petunjuk pengerjaan yang lebih jelas
- Soal berbasis Higher Order Thinking Skills (HOTS) untuk meningkatkan daya analisis siswa (Brookhart, 2010)
- Integrasi teknologi guna menciptakan LKPD yang lebih fleksibel dan digital-friendly (Mishra

& Koehler, 2006)

Validasi dan Evaluasi

LKPD yang telah dikembangkan diuji kevalidannya oleh tiga ahli, yaitu ahli bahasa, materi, dan media, dengan hasil positif. Beberapa saran yang diberikan meliputi:

- Penyempurnaan bahasa agar lebih mudah dipahami siswa
- Penyusunan soal berbasis HOTS sesuai perkembangan intelektual siswa
- Pengembangan LKPD dalam format digital, agar lebih responsif terhadap pembelajaran modern (Brown, 2014)

Setelah revisi, LKPD berbasis STEM mendapat respons sangat baik dari guru dan siswa, dengan manfaat utama:

1. Membantu siswa memahami konsep dengan pendekatan STEM yang lebih kontekstual
2. Meningkatkan interaksi antara siswa, guru, dan teman sebaya
3. Mendukung keterampilan berpikir kritis, kreatif, serta eksplorasi konsep secara mandiri (OECD, 2018)

Secara keseluruhan, integrasi LKPD berbasis STEM dalam pembelajaran memberikan solusi inovatif, memungkinkan siswa lebih aktif, terlibat, dan memahami konsep dengan lebih mendalam.

4. Implementasi STEM dalam Pembelajaran Matematika

Higher Order Thinking Skills (HOTS) mengacu pada kemampuan siswa untuk mengembangkan ide dan memproses informasi guna menghasilkan pemahaman baru (Rosnawati, 2012). Kemampuan ini muncul ketika siswa mampu menghubungkan informasi yang diperoleh dengan pengetahuan sebelumnya dan menggunakannya untuk menarik kesimpulan yang lebih mendalam.

Menurut Davidi et al. (2021), HOTS mencakup tiga aspek utama: berpikir kritis, berpikir kreatif, dan pemecahan masalah. Berpikir kritis melibatkan analisis dan evaluasi informasi secara objektif, berpikir kreatif memungkinkan siswa menemukan solusi inovatif terhadap tantangan kompleks, dan pemecahan masalah membantu mereka menentukan langkah yang paling efektif berdasarkan situasi yang dihadapi.

Konsep STEM dan Manfaatnya

STEM, yang merupakan singkatan dari Science, Technology, Engineering, and Mathematics, diperkenalkan oleh National Science Foundation (NSF) Amerika Serikat pada 1990-an sebagai bagian dari reformasi pendidikan. Tujuan utama STEM adalah meningkatkan literasi teknologi dan sains, mencetak tenaga kerja yang kompeten dalam bidang STEM, serta memperkuat inovasi dalam ilmu pengetahuan dan teknologi (NSF, 2000). Sebelumnya

dikenal sebagai SMET, istilah ini kemudian diubah menjadi STEM agar lebih efektif dalam pengaplikasiannya di pendidikan.

Setiap disiplin STEM memiliki peran yang saling melengkapi:

- Sains membantu siswa memahami fenomena alam dan mengembangkan pemikiran ilmiah.
- Teknologi meningkatkan kapabilitas manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari.
- Engineering berfokus pada desain serta solusi inovatif terhadap berbagai tantangan.
- Matematika mendukung analisis data, pemecahan masalah, serta pengambilan keputusan berbasis logika.

Berpikir Kritis dan Kreatif dalam Matematika

Berpikir kritis, menurut Setyaningtiyas (2019), adalah kemampuan mengevaluasi dan menyusun kembali pemikiran guna menghadapi perubahan yang semakin kompleks. Supardi et al. (2021) menambahkan bahwa berpikir kritis sangat penting dalam meningkatkan keterampilan kognitif karena dunia terus berkembang dan menuntut solusi yang fleksibel.

Sementara itu, berpikir kreatif, sebagaimana dijelaskan oleh Marliani (2015), adalah keterampilan dalam merancang ide-ide baru dan menghubungkan konsep yang berbeda untuk menghasilkan solusi inovatif terhadap suatu permasalahan. Munandar (dalam Rasnawati et al., 2019) mengidentifikasi bahwa berpikir kreatif mencakup kefasihan dalam menghasilkan gagasan, fleksibilitas dalam berbagai pendekatan, keaslian dalam menciptakan solusi unik, serta elaborasi dalam mengembangkan ide secara sistematis.

Pentingnya Komunikasi Matematis

Dalam pembelajaran matematika, komunikasi matematis memainkan peran penting dalam membantu siswa menyampaikan gagasan secara jelas dan sistematis. Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 60 Tahun 2014, pembelajaran matematika bertujuan untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam mengungkapkan gagasan, penalaran, dan bukti matematis, baik dalam bentuk teks, simbol, diagram, maupun tabel.

Menurut Lomibao (2016), komunikasi matematis adalah keterampilan siswa dalam menyampaikan konsep matematika secara terstruktur, baik secara lisan maupun tertulis. National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2000) menegaskan bahwa komunikasi merupakan aspek fundamental dalam pemahaman matematika. Qohar (2011) menyatakan bahwa komunikasi matematis yang baik membantu siswa dalam pemecahan masalah, karena pemahaman yang jelas memungkinkan mereka menemukan solusi yang lebih efektif.

Kolaborasi dalam Pembelajaran STEM

Alexandra & Barton (2017) mendefinisikan kolaborasi sebagai kerja sama antara beberapa individu yang saling berbagi tanggung jawab dan peran dalam memahami serta menyelesaikan suatu tantangan. Kholifah et al. (2022) menyebutkan bahwa kolaborasi mendorong siswa untuk beradaptasi dengan ide orang lain, sehingga mereka dapat mengintegrasikan berbagai pemikiran guna mencapai hasil yang optimal.

Secara keseluruhan, implementasi STEM dalam matematika berkontribusi dalam meningkatkan berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi, dan kolaborasi siswa. Pendekatan ini memungkinkan peserta didik mengembangkan keterampilan yang dapat diterapkan dalam berbagai aspek kehidupan, baik dalam dunia akademik maupun profesional.

5. Implementasi Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Suhu dan Kalor

Pemilihan strategi pembelajaran yang efektif berperan penting dalam membantu siswa memahami konsep, melatih keterampilan ilmiah, serta membentuk karakter yang sesuai dengan tuntutan abad ke-21. Di era Revolusi Industri 4.0, siswa perlu mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang relevan dengan dunia nyata (Faizah et al., 2023).

Kurikulum Merdeka hadir sebagai upaya modernisasi pendidikan Indonesia, dengan fokus pada pembelajaran yang holistik dan berpusat pada siswa atau *student-centered learning*. Kurikulum ini menekankan pengembangan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi sebagai kompetensi utama yang dibutuhkan dalam menghadapi tantangan zaman (Rahayu et al., 2022).

Pendekatan STEM, sebagai perluasan dari STEM dengan tambahan aspek seni, menawarkan metode pembelajaran yang lebih interaktif dan aplikatif. STEAM tidak hanya membantu siswa memahami konsep fisika secara lebih mendalam, tetapi juga meningkatkan motivasi belajar serta keterampilan pemecahan masalah (Taylor, 2016).

Studi menunjukkan bahwa integrasi STEM dalam pembelajaran suhu dan kalor dapat meningkatkan keterlibatan siswa serta membuat pembelajaran lebih bermakna (Kang, 2019). Dengan mengaitkan konsep fisika dengan kehidupan sehari-hari, siswa lebih antusias dan aktif dalam proses belajar. Pendekatan ini memungkinkan eksplorasi kreatif dan penggunaan metode berbasis proyek yang menumbuhkan keterampilan ilmiah serta daya pikir kritis siswa.

Pendekatan STEM dapat diintegrasikan dalam berbagai media pembelajaran, seperti Lembar Kerja Peserta Didik, bahan ajar digital, serta perangkat pembelajaran berbasis teknologi. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi model pembelajaran yang sesuai dengan media yang tepat berperan besar dalam meningkatkan keterampilan ilmiah siswa (Pulungan & Nasution, 2021). Kurikulum Merdeka sendiri menekankan perlunya metode pembelajaran yang fleksibel dan inovatif guna membekali siswa dengan kompetensi yang dibutuhkan di era modern (Hasibuan et al., 2023).

Sebagai bagian dari implementasi Kurikulum Merdeka, program Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila bertujuan membentuk karakter siswa yang sesuai dengan nilai-nilai Pancasila. Kreativitas menjadi salah satu aspek utama yang dikembangkan melalui pendekatan STEM. Dengan menambahkan unsur seni, STEM memungkinkan siswa untuk mengekspresikan ide secara inovatif, memperdalam pemahaman konsep fisika, serta meningkatkan kemampuan problem solving (Webb & LoFaro, 2020).

Pembelajaran fisika berbasis STEM berkontribusi dalam meningkatkan keterampilan siswa dalam berpikir kritis, kreatif, serta memahami konsep secara lebih mendalam. Dengan pendekatan ini, siswa lebih siap menghadapi tantangan akademik maupun kehidupan nyata (Mu'minah, 2020).

6. Penerapan Pembelajaran STEAM dalam Proyek Berbasis Pembelajaran (PJBL)

Pendekatan STEAM dalam pembelajaran berbasis proyek (PJBL) bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa melalui beberapa tahapan. Langkah pertama adalah menetapkan pertanyaan mendasar yang berkaitan dengan kehidupan nyata, sehingga siswa dapat mengeksplorasi serta mengembangkan gagasan mereka dalam pemecahan masalah. Rahmazatullaili et al. (2017) menekankan bahwa masalah yang dipilih harus kontekstual agar relevan dengan pengalaman siswa, sementara Hikmah et al. (2016) mengungkapkan bahwa proses mengajukan pertanyaan membantu mengasah kemampuan berpikir kritis dengan membangun argumentasi dan kesimpulan secara induktif maupun deduktif.

Selanjutnya, guru dan siswa menyusun rencana proyek secara kolaboratif, termasuk menentukan aktivitas yang akan dilakukan serta memilih alat dan bahan yang mendukung pelaksanaan proyek. Antika (2017) menyatakan bahwa berpikir kreatif mencakup keterampilan dalam merancang dan mengembangkan ide baru untuk menghasilkan solusi inovatif.

Tahap berikutnya adalah pembuatan jadwal proyek yang mencakup timeline dan deadline pengerjaan. Siswa dibimbing untuk menggunakan metode yang efisien dalam menyelesaikan tugas mereka. Setelah itu, guru memantau perkembangan proyek guna memastikan siswa mendapatkan bimbingan yang tepat selama proses pelaksanaan. Izzati (2014) menyoroti pentingnya pemantauan guru untuk merekam aktivitas siswa agar pembelajaran berlangsung secara optimal.

Langkah selanjutnya adalah pengujian dan penilaian hasil proyek, di mana perwakilan kelompok siswa mempresentasikan hasil kerja mereka di hadapan teman sebaya. Noviyanti (2011) menjelaskan bahwa proses komunikasi dalam diskusi, pemaparan ide, serta pemahaman terhadap persoalan sosial dapat meningkatkan keterampilan berpikir dan pemahaman materi. Menurut Utami et al. (2015), tahap ini mendorong siswa untuk berpikir kreatif secara fleksibel dalam menyampaikan hasil proyek dengan cara yang unik dan inovatif.

Tahapan terakhir adalah evaluasi, yang dilakukan baik secara individu maupun kelompok untuk merefleksikan proses dan hasil proyek yang telah dilakukan. Apriliana et al. (2018) menyebutkan bahwa evaluasi dapat menumbuhkan sikap jujur dalam berbagi pengalaman belajar, sementara

Insyasiska (2015) menjelaskan bahwa refleksi ini berkontribusi terhadap perkembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi hingga level mencipta. Gunawan & Palupi (2016) menambahkan bahwa evaluasi mencakup dua aspek utama, yaitu pengecekan (checking) untuk menilai apakah proyek telah berjalan sesuai rencana dan kritik (critiquing) yang terkait dengan analisis berpikir kritis. Menurut Anisa et al. (2018), penerapan STEAM berbasis PJBL membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif, sekaligus meningkatkan kerja sama, komunikasi, serta pemecahan masalah.

KESIMPULAN

Pendekatan STEM berbasis proyek telah terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Aktivitas Desmos memberikan pengalaman belajar matematika yang lebih interaktif dan aplikatif, memungkinkan siswa memahami konsep secara mendalam. Selain itu, penerapan LKPD dalam pembelajaran berbasis STEM-PJBL membantu siswa mengeksplorasi materi secara sistematis dan aktif. Dalam konteks konsep suhu dan kalor dalam matematika, metode ini menghadirkan eksplorasi berbasis teknologi dan proyek yang memperkaya pemahaman siswa. Secara keseluruhan, pendekatan STEM dalam pembelajaran berbasis proyek tidak hanya meningkatkan pemahaman akademik tetapi juga mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi, yang sangat penting dalam menghadapi tantangan masa depan.

SARAN

Guru harus berperan sebagai fasilitator yang aktif dalam mendampingi siswa selama proses pembelajaran berbasis proyek, sehingga mereka dapat memahami konsep dengan lebih baik serta mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif. Selain itu, pemanfaatan teknologi dapat diperluas dengan menggunakan simulasi digital dan perangkat lunak interaktif untuk mendukung pembelajaran. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang digunakan juga perlu dirancang lebih eksploratif dan menantang agar mendorong siswa bereksperimen serta menghubungkan konsep dengan situasi nyata.

Metode pembelajaran berbasis proyek dapat dipadukan dengan pendekatan lain, seperti Inquiry-Based Learning dan Problem-Based Learning, guna meningkatkan keterlibatan siswa dalam mengeksplorasi konsep yang diajarkan. Evaluasi berkala juga perlu dilakukan untuk menilai efektivitas pembelajaran dan menyusun strategi yang lebih baik di masa mendatang.

Melalui penerapan langkah-langkah ini, pendekatan STEM berbasis proyek dapat lebih optimal dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa serta mempersiapkan mereka menghadapi tantangan pendidikan dan perkembangan teknologi di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Indra Melina, S. R. (2020). Pendekatan sistem berbasis proyek pada materi sel volta dari bahan alami untuk mengembangkan keterampilan 4C dan meningkatkan hasil belajar kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 1(3). Retrieved from <https://tinyurl.com/mr53k8m9>
- Prastowo, Y. G., & Sulistyani, N. (2020). Pengembangan media pembelajaran digital berbasis STEM melalui aktivitas Desmos untuk melatih keterampilan 4C siswa SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*. Retrieved from <https://tinyurl.com/2d9r3hnr>
- Toyibah, T., Sari, Y. Y., & Irdalisa, I. (2024). Pengembangan LKPD berbasis STEAM untuk meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik pada materi tumbuhan kelas IV sekolah dasar. *Jurnal Kajian Penelitian Pendidikan dan Kebudayaan (JKPPK)*, 2(1). Retrieved from <https://tinyurl.com/25efapsh>
- Ariyatun, & Octavianelis, D. F. (2020). Pengaruh model problem-based learning terintegrasi

- STEM terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan STEM*. Retrieved from https://tinyurl.com/375ycexe
- Khalishah, N., & Mahmudah, U. (2020). Analisis perkembangan pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) pada keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan STEM*. Retrieved from https://tinyurl.com/536cjan3
 - Lestari, P., & Zulyusri. (2022). Studi literatur implementasi penerapan LKPD berbasis STEM terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 8(3), 63–70. Retrieved from https://tinyurl.com/e784s437
 - Sumardiana, Hidayat, A., & Parno. (2020). Kemampuan berpikir kritis pada model projectbased learning disertai STEM siswa SMA pada suhu dan kalor. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Retrieved from https://tinyurl.com/r9dc5333
 - Syahrial, A. (2020). Analisis pembelajaran fisika terintegrasi STEAM untuk melatih keterampilan abad 21 dan keterampilan proses sains siswa pada implementasi Kurikulum Merdeka: A review. *Jurnal Pendidikan Fisika Terapan*. Retrieved from https://tinyurl.com/3hty8tec
 - Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Pengaruh pembelajaran STEAM berbasis PJBL terhadap keterampilan abad 21. *Jurnal Pendidikan STEM*, X(1), 1–10. Retrieved from https://tinyurl.com/584np32s
 - Ramli, R., Yohandri, Y., Sari, Y. S., & Selisne, M. (2020). Pengembangan lembar kerja peserta didik fisika berbasis pendekatan STEM untuk meningkatkan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Edukasi dan Pembelajaran*, 4(1), 1–15. Retrieved from https://tinyurl.com/bdfcopy6