

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Pendidikan STEM

Pendidikan STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam satu kesatuan pembelajaran yang saling berkaitan. Konsep pendidikan STEM mulai berkembang pada akhir abad ke-20 di Amerika Serikat sebagai respons terhadap menurunnya minat dan kompetensi peserta didik dalam bidang sains dan matematika serta meningkatnya tuntutan global terhadap sumber daya manusia yang memiliki keterampilan abad ke-21. Istilah STEM dipopulerkan oleh National Science Foundation (NSF) pada awal tahun 2000-an dan kemudian berkembang menjadi pendekatan pembelajaran terpadu yang menekankan pemecahan masalah kontekstual, berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan literasi teknologi. Dalam implementasinya, pendidikan STEM tidak memisahkan keempat disiplin ilmu tersebut, melainkan mengintegrasikannya melalui kegiatan berbasis proyek, investigasi, dan desain rekayasa.

Dalam penerapannya, pendidikan STEM di Indonesia tidak diadopsi secara mentah, tetapi dikontekstualisasikan dengan kurikulum nasional (Kurikulum 2013 hingga Kurikulum Merdeka), nilai budaya lokal, serta kebutuhan peserta didik. Di Indonesia, pendidikan STEM mulai diadaptasi secara luas pada dekade 2010-an seiring dengan penguatan pembelajaran kontekstual dan pengembangan keterampilan abad ke-21 dalam kurikulum nasional.

Model pendidikan STEM yang berkembang di California menekankan pembelajaran terpadu lintas disiplin yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika melalui pemecahan masalah kontekstual serta proses desain rekayasa. Model ini berlandaskan pada *Next Generation Science Standards* (NGSS) yang menempatkan praktik ilmiah, penggunaan teknologi, dan analisis matematis sebagai satu kesatuan dalam kegiatan belajar. Prinsip-prinsip tersebut sejalan dengan pengembangan e-modul berbasis STEM yang sedang diteliti, di mana e-modul dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran mandiri dan interaktif

melalui aktivitas investigasi, simulasi digital, dan tugas berbasis proyek. Melalui struktur e-modul yang sistematis, peserta didik diarahkan untuk mengidentifikasi masalah, merancang solusi, menguji dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan secara logis. Dengan demikian, pengembangan e-modul berbasis STEM yang mengacu pada model STEM California diharapkan mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan pemecahan masalah peserta didik secara efektif.

1. Pengertian Pendidikan STEM

Pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) adalah pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu utama: sains, teknologi, rekayasa, dan matematika. Konsep ini menekankan pada pembelajaran yang bersifat interdisipliner, berbasis praktik, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata. Pendidikan STEM bertujuan untuk membekali siswa dengan keterampilan kritis yang diperlukan di era modern, seperti berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. STEM mengintegrasikan disiplin ilmu yang saling terkait dan relevan ke dalam kehidupan sehari-hari, berfokus pada teori dan mendorong kreativitas serta eksperimen siswa, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna. (Risnanosanti, dkk.2025)

Salah satu keunggulan pendidikan STEM adalah pendekatannya yang relevan dengan tantangan dunia nyata. Siswa tidak hanya belajar teori, tetapi juga menerapkannya dalam proyek dan eksperimen. Misalnya, siswa dapat merancang prototipe perangkat teknologi untuk memecahkan masalah lingkungan atau menggunakan prinsip matematika dan sains untuk memahami fenomena alam. Pendekatan ini mengajarkan siswa cara berpikir seperti ilmuwan, insinyur, atau inovator. Dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, pendidikan STEM dapat menjadi lebih interaktif, menarik, dan relevan dengan kebutuhan dunia modern (Aniskin et al., 2020; Abouhashem et al., 2021; Brown et al., 2018). Oleh karena itu, penting bagi institusi pendidikan untuk terus mengembangkan dan menerapkan strategi yang efektif dalam integrasi teknologi dalam pembelajaran STEM.

Pelaksanaan pembelajaran STEM pendidik harus dapat mengintegrasikan pengetahuan, ketrampilan dan nilai ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, dan matematika untuk dapat menyelesaikan sebuah masalah yang berhubungan dengan pembelajaran dalam konteks kehidupan sehari-hari. Ciri-ciri pembelajaran STEM dijabarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Ciri-ciri Pembelajaran STEM

Tabel 2.1. Literasi STEM (Ardianto, et al. 2019)

Disiplin Ilmu STEM	Literasi
Science	Kemampuan dalam menggunakan pengetahuan ilmiah dalam memahami dunia alam serta kemampuan untuk berpartisipasi dalam mengambil keputusan untuk mempengaruhinya.
Technology	Pengetahuan bagaimana menggunakan teknologi baru bagaimana teknologi baru dikembangkan, dan memiliki

	kemampuan untuk bagaimana teknologi baru mempengaruhi individu, masyarakat, bangsa, dan negara.
Engineering	Pemahaman tentang bagaimana teknologi dapat dikembangkan melalui proses reayasa/desain menggunakan tema pelajaran berbasis proyek dengan cara mengintegrasikan dari beberapa mata pelajaran.
Mathematic	kemampuan dalam dalam menganalisis alasan dan mengkomunikasikan ide secara efektif dan dari cara bersikap, merumuskan, dan menafsirkan solusi untuk masalah matematika dalam menerapkan berbagai situasi berbeda.

2. Tujuan Pendidikan STEM

Mulyani (2019) menyatakan bahwa tujuan pendidikan STEM adalah membekali peserta didik dengan literasi STEM, yang mencakup pengetahuan, sikap, dan keterampilan dalam mengidentifikasi permasalahan kehidupan sehari-hari. Peserta didik diharapkan mampu menjelaskan, merancang solusi, serta menarik kesimpulan berdasarkan fakta terkait isu-isu STEM, sekaligus memahami karakteristik dan fitur setiap disiplin STEM sebagai bentuk pengetahuan, proses penyelidikan, dan kegiatan desain yang dilandasi pemahaman terhadap keterkaitan antardisiplin STEM. Adapun tujuan STEM menurut Khairiyah (2019) dijabarkan dalam tabel 2.2 :

Tabel 2. 2 Tujuan Pendidikan STEM

Memastikan berkemampuan	STEM	Bertujuan menumbuhkan rasa memiliki “Pengetahuan, pemahaman konseptual, dan ketrampilan berpikir kritis yang datang dari mempelajari stem”. Karena terkait langsung dengan pendidikan STEM
----------------------------	------	--

Membangun tenaga kerja STEM di tingkat mahir	Bertujuan mempersiapkan jumlah pendidik yang cukup untuk lowongan kerja di jenjang pendidikan STEM terkait, yang diperkirakan meningkat ditahun yang akan datang, dan semakin relevan dalam bidang pekerjaan.
Menumbuhkan Ahli STEM masa depan	Upaya ini bertujuan untuk menghasilkan sumber daya manusia unggul di bidang STEM yang mampu berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, perkembangan teknologi, peningkatan pemahaman individu tentang alam semesta, serta berperan dalam mengatasi permasalahan pengangguran, kelaparan, penyakit, dan kemiskinan.
Peningkatan prestasi dan keterlibatan peserta didik berkontribusi dalam mengurangi kesenjangan pendidikan.	Bertujuan meningkatkan peran perempuan serta kelompok minoritas dan menumbuhkan minat dalam bidang STEM untuk menyerap potensi penuh peserta didik.

Pendidikan STEM memainkan peran penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. Pendekatan ini mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk memecahkan masalah nyata, yang mendorong siswa untuk berpikir analitis dan kreatif. Penelitian menunjukkan bahwa pendidikan STEM tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep ilmiah, tetapi juga membantu siswa dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis yang diperlukan di dunia modern (Khairunisa et al., 2023)Sujarwanto, 2023).

B. Kemampuan Berpikir Kritis Matematis

Kemampuan berpikir kritis dalam pembelajaran matematika berlandaskan pada teori konstruktivisme yang dikemukakan oleh Jean Piaget. Menurut Piaget, pengetahuan tidak ditransfer secara langsung dari guru kepada peserta didik, melainkan dibangun secara aktif melalui proses asimilasi dan akomodasi. Dalam proses tersebut, peserta didik mengintegrasikan informasi baru dengan struktur kognitif yang telah dimiliki sebelumnya. Proses ini menuntut adanya analisis, refleksi, dan evaluasi terhadap pengalaman belajar, yang merupakan komponen utama berpikir kritis. Oleh karena itu, pembelajaran yang memberi kesempatan kepada siswa untuk menemukan konsep secara mandiri sangat mendukung berkembangnya kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Selain itu, teori konstruktivisme sosial dari Lev Vygotsky menekankan bahwa perkembangan kognitif terjadi melalui interaksi sosial. Konsep Zone of Proximal Development (ZPD) menjelaskan bahwa peserta didik dapat mencapai tingkat pemahaman yang lebih tinggi melalui bimbingan guru atau kerja sama dengan teman sebaya. Dalam konteks berpikir kritis, diskusi kelompok, argumentasi, dan pemberian scaffolding memungkinkan siswa untuk menguji gagasan, mengevaluasi pendapat, serta menyusun alasan yang logis. Dengan demikian, lingkungan belajar kolaboratif berperan penting dalam mengembangkan kemampuan analitis dan reflektif siswa.

Pengembangan berpikir kritis juga berkaitan erat dengan ranah kognitif tingkat tinggi dalam taksonomi yang dikemukakan oleh Benjamin Bloom. Pada revisi taksonomi Bloom, kemampuan berpikir kritis berada pada level menganalisis (analyze), mengevaluasi (evaluate), dan mencipta (create). Kemampuan menganalisis melibatkan proses mengidentifikasi hubungan antar konsep, mengevaluasi berkaitan dengan menilai keakuratan dan validitas suatu pernyataan, sedangkan mencipta menuntut kemampuan merancang solusi baru berdasarkan pemahaman yang telah diperoleh. Oleh karena itu, pembelajaran yang dirancang untuk mencapai level HOTS (Higher Order Thinking Skills) secara sistematis akan berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa.

Lebih lanjut, pemikiran progresif dari John Dewey menegaskan bahwa berpikir kritis berkembang melalui proses pemecahan masalah yang autentik. Dewey memandang belajar sebagai proses reflektif yang diawali dengan munculnya masalah, dilanjutkan dengan pengumpulan data, analisis, dan penarikan kesimpulan. Dalam pembelajaran matematika berbasis STEM, pendekatan berbasis masalah sangat relevan karena menuntut siswa untuk menginterpretasikan data, membuat hipotesis, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti empiris. Dengan demikian, pembelajaran yang kontekstual dan berbasis masalah dapat menjadi sarana efektif untuk menumbuhkan kemampuan berpikir kritis.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengembangan kemampuan berpikir kritis berakar pada teori konstruktivisme, interaksi sosial, taksonomi kognitif tingkat tinggi, serta pembelajaran berbasis masalah. Integrasi teori-teori tersebut dalam pengembangan e-modul berbasis STEM diharapkan mampu menciptakan pembelajaran yang aktif, reflektif, dan berorientasi pada penguatan kemampuan berpikir kritis siswa.

1. Pengertian Kemampuan Berpikir Kritis

Kemampuan berpikir kritis merupakan salah satu kompetensi penting yang harus dimiliki siswa di era modern ini. Menurut (Risnanosanti, 2008) berpikir kritis adalah kemampuan untuk berpikir bagi dirinya sendiri, dengan kemampuan itu seseorang menjadi percaya diri dan bertanggung jawab dalam membuat keputusan yang mempengaruhi kerjanya. Pendidikan STEM (*Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika*) telah terbukti efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui pendekatan yang interdisipliner dan berbasis proyek. Penelitian menunjukkan bahwa pendidikan STEM tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep ilmiah, tetapi juga mendorong siswa untuk terlibat dalam proses analisis, evaluasi, dan sintesis informasi (Pahrudin et al., 2021; Nugraha & Rachmadiarti, 2022).

Pendidikan STEM juga mendorong siswa untuk berpartisipasi dalam diskusi kelompok dan penilaian sejawat, yang merupakan faktor penting dalam pengembangan kemampuan berpikir kritis. Evcim dan Arslan menemukan bahwa

kegiatan diskusi kelompok selama proses pengembangan prototipe dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa (Evcim & Arslan, 2022). Dengan berkolaborasi dan berbagi ide, siswa belajar untuk menganalisis berbagai sudut pandang dan mempertimbangkan solusi yang berbeda.

2. Berpikir Kritis Matematis

Berpikir kritis matematis adalah kemampuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menyintesis informasi matematis dengan cara yang logis dan sistematis. Dalam penelitian Asmara (2023) menegaskan bahwa kemampuan berpikir kritis matematis merupakan fondasi penting dalam pembelajaran matematika karena membantu siswa mengembangkan kemampuan menalar, mengevaluasi proses penyelesaian, dan menghubungkan konsep-konsep secara lebih bermakna. Kemampuan ini sangat penting dalam pendidikan matematika, karena tidak hanya membantu siswa memahami konsep-konsep matematika, tetapi juga memungkinkan mereka untuk menerapkan pengetahuan tersebut dalam situasi nyata. Dalam konteks ini, berpikir kritis matematis mencakup berbagai keterampilan, termasuk pemecahan masalah, pengambilan keputusan, dan kemampuan untuk berargumentasi secara matematis (Widiyanti & Mizan, 2020; Haryati et al., 2020).

Berpikir kritis matematis dapat didefinisikan sebagai proses mental yang melibatkan pemikiran reflektif dan analitis terhadap masalah matematis. Menurut Ennis (1987), berpikir kritis adalah "proses berpikir yang berfokus pada penilaian dan evaluasi argumen dan klaim" (Sulistina, 2024). Menurut Hutabarat (2024) definisi berpikir kritis matematis dalam konteks matematika, siswa harus mampu:

- a. Mengidentifikasi Masalah, (mampu mengenali dan merumuskan masalah matematis yang dipecahkan).
- b. Menganalisis Informasi, (mengumpulkan dan mengevaluasi data atau informasi yang relevan untuk masalah yang dihadapi).
- c. Menyusun Argumen, (mengembangkan argument yang logis dan koheren berdasarkan bukti matematis).

- d. Membuat keputusan, (menggunakan informasi yang dianalisis untuk membuat keputusan yang tepat dalam konteks matematis).
- e. Refleksi, (merenungkan proses berpikir dan hasil yang dicapai untuk meningkatkan pemahaman dimasa mendatang).

3. Komponen Berpikir Kritis Matematis

Menurut (Maeda, 2013; Mariana et al., 2023), berpikir kritis matematis terdiri dari beberapa komponen kunci yang saling terkait:

Tabel 2.3. Komponen Berpikir Kritis Matematis

(Maeda, 2013; Mariana et al., 2023)

Pemecahan Masalah	Kemampuan untuk menemukan solusi untuk masalah matematis yang kompleks. Ini melibatkan penggunaan strategi yang tepat, seperti pemodelan matematis dan penggunaan algoritma.
Keterampilan Logika	Kemampuan untuk menarik kesimpulan yang valid dari premis yang diberikan. Ini mencakup pemahaman tentang proposisi, inferensi, dan argumen matematis.
Keterampilan Komunikasi	Kemampuan untuk menjelaskan dan mendiskusikan proses berpikir dan solusi yang ditemukan dengan cara yang jelas dan logis.
Keterampilan Kolaborasi	Kemampuan untuk bekerja sama dengan orang lain dalam menyelesaikan masalah matematis, yang sering kali melibatkan diskusi dan negosiasi ide

4. Indikator Berpikir Kritis

Indikator berpikir kritis yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan dari indikator berpikir kritis menurut Ennis, 2011 dapat dilihat pada Tabel 2.4.berikut :

Tabel 2. 4. Indikator Berpikir Kritis (Ennis, 2011)

Kelompok	Indikator
<i>Elementary Clarification</i> (memberikan penjelasan sederhana)	Memfokuskan pertanyaan Menganalisis Argumen Bertanya dan menjawab pertanyaan klarifikasi pertanyaan yang menantang
<i>Basic Support</i> (Membangun keterampilan dasar)	Menjelaskan kredibilitas (kriteria) suatu sumber Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi
<i>Inference</i> (Menyimpulkan)	Membuat deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi Membuat induksi dan mempertimbangkan hasil induksi Membuat dan mempertimbangkan nilai keputusan
<i>Advanced Clarification</i> (Membuat penjelasan lebih lanjut)	Mendefinisikan istilah dan mempertimbangkan definisi Mengidentifikasi dan menangani ketidakbenaran yang ada
<i>Strategies and Tactics</i> (strategi dan taktik)	Memutuskan suatu tindakan Interaksi dengan orang lain

C. Media Pembelajaran Elektronik

Media pembelajaran elektronik adalah sarana yang menggunakan teknologi elektronik untuk mendukung proses pembelajaran. Media ini dapat berupa aplikasi, perangkat lunak, video interaktif, modul e-learning, hingga platform pembelajaran daring. Penggunaan media pembelajaran elektronik dapat menciptakan suasana belajar yang lebih interaktif dan menarik, yang pada gilirannya dapat mengurangi kebosanan siswa dan mempererat hubungan antara guru dan siswa (Huda, 2021; Novela, 2024; Karimah, 2024). Selain itu, media ini mendukung pembelajaran berbasis teknologi yang sejalan dengan perkembangan zaman, memungkinkan integrasi berbagai metode pembelajaran, seperti simulasi, gamifikasi, dan kolaborasi daring. Dengan demikian, media pembelajaran elektronik berkontribusi pada peningkatan efektivitas dan efisiensi pembelajaran, sekaligus mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 untuk kemampuan berpikir kritis.

Media pembelajaran elektronik telah menjadi salah satu terobosan dalam dunia pendidikan modern, memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam proses

belajar mengajar. Salah satu bentuk media pembelajaran elektronik yang semakin populer adalah e-modul. E-modul merupakan sarana pembelajaran berisi materi, metode, juga batasan dan cara mengevaluasi yang disusun secara sistematis guna mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan jenjang kerumitannya. E-modul merupakan bahan ajar elektronik yang dirancang secara sistematis, interaktif, dan disajikan dalam format elektronik. Media ini memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri dengan bantuan perangkat teknologi seperti komputer, tablet, atau ponsel pintar.

D. E-Modul

Menurut Elvarita et al (2020) E-modul adalah versi elektronik yang sebelumnya adalah modul cetak yang ditampilkan melalui gadget, komputer, atau perangkat lainnya dan dirancang oleh sebuah software pendukung. E-modul merupakan salah satu bentuk bahan ajar elektronik yang dirancang untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran. Pada konteks pendidikan yang semakin berkembang, penggunaan e-modul menjadi sangat relevan, terutama dalam mendukung pembelajaran yang interaktif dan berbasis teknologi. Dengan desain yang tepat, e-modul dapat menjadi alat yang efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan memfasilitasi siswa dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis mereka (Shafira, 2023; Arman et al., 2020; Ahmad & Mulyono, 2021). E-modul memungkinkan integrasi berbagai teknologi pembelajaran, seperti video pembelajaran, animasi, dan simulasi, yang dapat membantu siswa memahami konsep-konsep yang kompleks dengan lebih baik (Sari, 2021).

1. Karakteristik E-Modul

Menurut Najuah et al., (2020:19) e-modul sebagai bahan ajar dalam proses pembelajaran memiliki beberapa karakteristik diantaranya yaitu :

b. Self Instructional (Belajar Mandiri)

Komponen penting yang harus ada dalam e-modul disusun secara sistematis dengan memuat petunjuk yang jelas, tujuan pembelajaran yang hendak dicapai,

materi yang bersifat kontekstual, latihan, rangkuman, instrumen penilaian, serta daftar rujukan, sehingga peserta didik dapat belajar secara mandiri.

c. Self Contained (Utuh)

E-modul yang disajikan memiliki materi-materi pelajaran yang lengkap dan utuh sehingga peserta didik mampu mempelajari secara tuntas.

d. Stand Alone (Berdiri Sendiri)

Pembelajaran dengan e-modul harus berdiri sendiri, tidak tergantung pada bahan ajar lain, tidak harus digunakan bersama-sama dengan bahan ajar lain ataupun tidak memerlukan alat pendukung lain dalam penggunaannya.

e. Adaptif

E-modul pembelajaran yang dikembangkan harus memiliki daya adaptif yang tinggi sehingga dapat menyesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta fleksibel untuk digunakan.

f. User Friendly (Mudah digunakan)

E-modul hendaknya bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, setiap paparan dan instruksi pembelajaran mudah untuk dipahami, menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dimengerti serta pada e-modul menggunakan istilah-istilah yang umum digunakan.

2. Struktur Penulisan E-Modul

Dalam mendesain e-modul agar baik dan tepat perlu memperhatikan struktur penulisan e-modul, Menurut Najuah et al., (2020:28) beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun sebuah e-modul adalah sebagai berikut :

- a. Cover, berisi judul e-modul, nama mata pelajaran, topik/materi pembelajaran, kelas, penulisa dan logo sekolah.
- b. Kata pengantar, berisi informasi mengenai e-modul dalam proses pembelajaran.
- c. Daftar isi, memuat kerangka (outline) dari e-modul
- d. Glosarium, memuat penjelasan arti dari istilah-istilah atau kata-kata yang sulit dan asing.

e. Pendahuluan, berisikan :

- Capaian Pembelajaran (CP), Tujuan Pembelajaran (TP) dan Alur Tujuan Pembelajaran (ATP) yang akan dipelajari.
- Deskripsi mengenai penjelasan nama, ruang lingkup isi dari e-modul, kaitan e-modul dengan e-modul lainnya, hasil belajar yang ingin dicapai dan manfaat kompetensi yang ingin dicapai dalam proses pembelajaran.
- Jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menguasai kompetensi yang ditargetkan.
- Prasyarat (jika ada), misalnya kemampuan awal yang harus dipelajari sebelum mempelajari materi yang ada pada e-modul.
- Petunjuk menggunakan e-modul, seperti langkah-langkah, perlengkapan yang perlu disiapkan dan pernyataan tujuan yang hendak dicapai.

g. Pembelajaran, berisikan :

- Kegiatan pembelajaran 1 disertai keterangan mengenai sub judul, informasi akan tujuan pembelajaran, uraian materi, rangkuman, tugas (instruksi dalam tugas bertujuan untuk menguatkan pemahaman terhadap materi yang dipelajari, misalnya kegiatan observasi, studi kasus, atau kajian materi)
- Lembar kerja keterampilan yang memuat prosedur atau tugas untuk melatih keterampilan dari Tujuan Pembelajaran yang telah ditetapkan.
- Latihan untuk mengetahui sejauh mana penguasaan peserta didik terhadap materi yang telah dipelajari.
- Penilaian diri, memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk mengukur dan menilai kemampuannya.
- Kegiatan pembelajaran 2 dan seterusnya dengan tata cara yang sama namun berbeda dalam topik yang dibahas.

h. Evaluasi, dengan teknik atau metode yang digunakan menyesuaikan dengan ranah yang dinilai dan indikator pencapaian yang diacu. Terdapat beberapa jenis tes evaluasi yaitu :

- Tes kompetensi pengetahuan dengan instrumen penilaian yang dirancang untuk mengukur dan menetapkan tingkat pencapaian kemampuan kognitif (sesuai TP)
- Tes kompetensi keterampilan dengan instrumen penilaian yang dirancang untuk mengukur dan menetapkan tingkat pencapaian kemampuan psikomotorik dan perubahan perilaku (sesuai TP)
- Penilaian sikap dengan instrumen penilaian dirancang untuk mengukur sikap spritual dan sikap sosial (susai TP)
- Kunci Jawaban dan pedoman penskoran yang berisi jawaban tugas, latihan dan tes evaluasi akhir e-modul.
- Daftar pustaka berisi reftensi yang digunakan.
- Lampiran yang berisi daftar tabel dan gambar.

3. Kelebihan dan Kekurangan E-Modul

Dalam perkembangannya, e-modul juga memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut pemaparan tentang kelebihan dan kekurangan e-modul antara lain (Kemendikbud, 2017) :

a. Kelebihan E-Modul

- Mampu meningkatkan motivasi siswa
- Dapat mengetahui tingkat keberhasilan siswa.
- Materi pembelajaran lebih terstruktur.
- Tampilan dapat dirubah dalam bentuk elektronik.

b. Kekurangan E-Modul

- Penyusunan relatif lama
- Membutuhkan ketekunan belajar yang cukup tinggi dari siswa.
- Memerlukan ketekunan tinggi dari guru untuk terus mendampingi aktivitas belajar siswa.

Berdasarkan beberapa uraian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa e-modul merupakan bahan ajar yang bersifat mandiri yang didesain menarik dengan memanfaatkan teknologi informasi yang dapat diakses oleh siswa melalui smartphone maupun komputer.

E-modul dapat diintegrasikan dengan berbagai pendekatan pembelajaran, termasuk STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa. STEM adalah kerangka pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk memberikan pengalaman belajar yang holistik. E-modul, yang merupakan modul pembelajaran berbasis elektronik, menawarkan berbagai keunggulan dalam pendidikan STEM. Salah satu manfaat utama dari e-modul adalah kemampuannya untuk menyajikan materi pembelajaran secara interaktif dan menarik, yang dapat meningkatkan motivasi siswa untuk belajar Shapovalov et al. (2022).

E. E-Modul Berbasis STEM

E-modul berbasis pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan alat pembelajaran yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar dengan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu. E-modul ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga sebagai platform interaktif yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan mandiri. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan e-modul berbasis STEM dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis siswa (syahiddah et al., 2021; Zahrotunnisa, 2024; Santoso & Arif, 2021).

F. Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang relevan terhadap penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan Risnanosanti,dkk.2025 dengan judul *Students' Mathematical Logical Thinking Skills through Kite Making in STEM Education. Journal of Mathematics instruction*. Risnanosanti menyelidiki peningkatan kemampuan berpikir matematika dan logika siswa melalui kegiatan pembuatan layang-layang menggunakan pendekatan STEM. Dilakukan dengan 28 siswa kelas sembilan di SMP Negeri 03 Bengkulu Tengah, penelitian menunjukkan bahwa kegiatan pembuatan layang-layang

berbasis STEM secara signifikan meningkatkan kemampuan penalaran logika dan pemecahan masalah siswa dengan mengkontekstualisasikan konsep matematika abstrak ke dalam tugas-tugas praktis.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Komarudin (2022) dengan judul “E-Modul Berbasis STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Siswa: Analisis Kebutuhan Siswa Indonesia”. Menunjukkan bahwa guru dan siswa merasa bahwa perlu dikembangkan e-modul terintegrasi STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa. Siswa menganggap bahwa bahan ajar berbasis elektronik, seperti e-modul sangat dibutuhkan dalam pembelajaran matematika, yaitu hanya mencapai 81,41%. Sedangkan kebutuhan guru terhadap e-modul berbasis STEM dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa tergolong sangat tinggi, yaitu mencapai 80,77%.
3. Penelitian yang dilakukan oleh Dewi Syarah Syahiddah1*, Pramudya Dwi A.P2, Bambang Supriadi (2021) dengan judul “Pengembangan E-Modul Fisika Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Pada Materi Bunyi di SMA/MA”. Ditunjukkan dari E-Modul fisika berbasis STEM dinyatakan valid dan layak digunakan dengan skor 3,54 dan prosentase sebesar 89% dengan kriteria sangat tinggi sehingga dapat diimplementasikan ke sekolah- sekolah dan digunakan sebagai bahan ajar siswa.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Salsa Ghina Khairunisaa), I Made Astrab), Umiatinc (2023) dengan judul “Pengembangan E-Modul Berbasis Stem Menggunakan Microsoft Sway Pada Materi Induksi Elektromagnetik”. Dari penelitian didapatkan bahwa 86% peserta didik membutuhkan bahan belajar mandiri berupa E-Modul yang membantu dalam memahami materi agar pembelajaran menjadi lebih menarik dan efektif karena dapat dibuka kapanpun dan dimanapun.

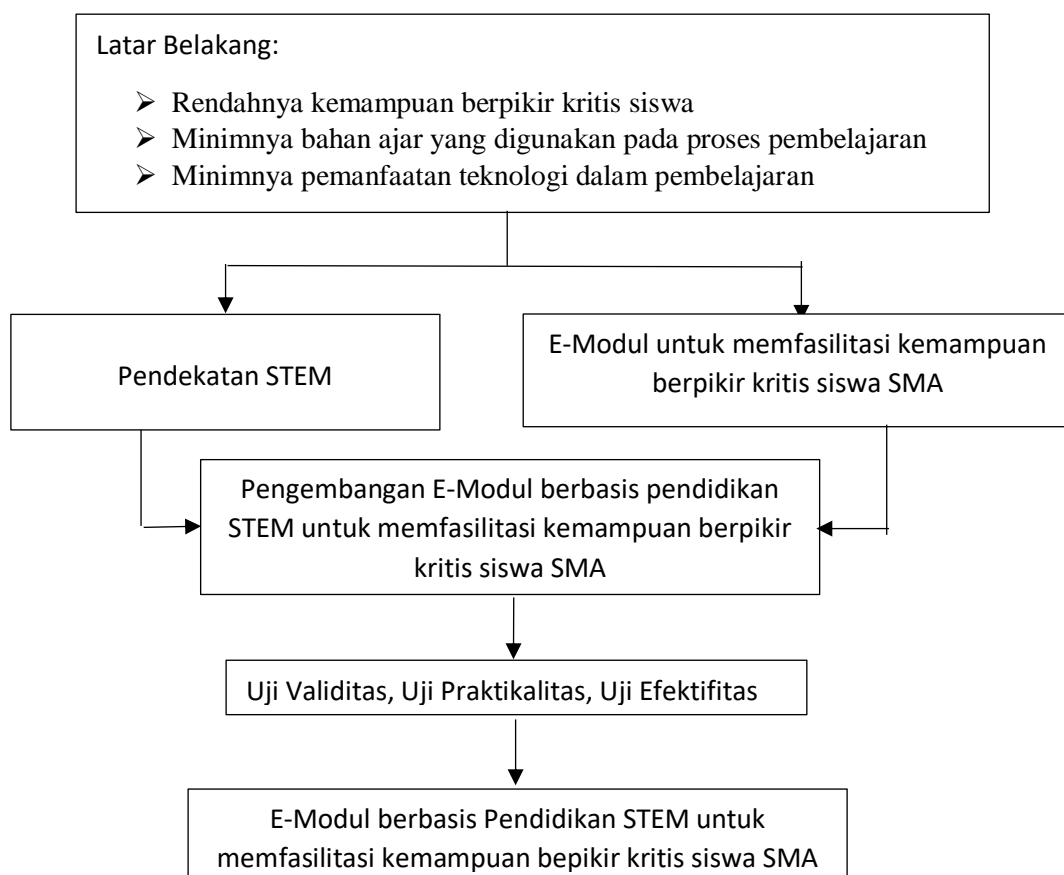
G. Kerangka Berpikir

Kerangka berfikir pada penelitian ini berawal dari adanya masalah yang terjadi pada kegiatan proses pembelajar matematika, yaitu :

1. Rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa.
2. Minimnya bahan ajar yang digunakan pada proses pembelajaran.
3. Minimnya pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, dibutuhkan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu solusi yang digunakan yakni mengembangkan media pembelajaran berbentuk e-modul yang dikembangkan menggunakan pendekatan *science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Dengan kemajuan teknologi saat ini, dapat menerapkan pembelajaran yang dikemas dengan menarik dalam sebuah e-modul.

Dengan demikian, pada penelitian ini akan dibuat sebuah produk e-modul berbasis STEM untuk memfasilitasi kemampuan berpikir kritis siswa SMA. E-Modul ini nantinya juga akan diuji kevalidtannya, kepraktisan serta keefektifiannya sehingga mencapai tujuan pembelajaran yang diinginkan. Adapun kerangka berfikir pada penelitian ini dapat dilihat pada bagan berikut:



Gambar 2.2 Kerangka Berpikir

