

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

1. Tantangan Pembelajaran IPA di Abad ke-21

Era globalisasi dan digitalisasi telah mengubah lanskap pendidikan secara fundamental, menuntut adanya pergeseran paradigma dari pembelajaran yang berfokus pada konten menjadi pembelajaran yang berfokus pada pengembangan kompetensi.¹³ Pembelajaran IPA di Abad ke-21 tidak lagi cukup hanya berfokus pada penguasaan konten teoretis dan hafalan, seperti yang sering terjadi dalam metode konvensional (*teacher-centered*). Pendekatan tradisional ini cenderung membuat siswa pasif, kurang memiliki kesempatan untuk berinteraksi, berkolaborasi, atau menerapkan pengetahuan mereka dalam konteks nyata.¹⁴ Akibatnya, pemahaman siswa sering kali dangkal, terputus dari relevansi kehidupan sehari-hari, dan pada akhirnya dapat memudarkan minat serta motivasi mereka terhadap sains.

Tuntutan zaman ini mengharuskan siswa untuk memiliki keterampilan esensial yang dikenal sebagai keterampilan 4C, yaitu berpikir kritis (*Critical Thinking*), kreativitas (*Creativity*), kolaborasi (*Collaboration*), dan komunikasi (*Communication*).¹⁵ Keterampilan-keterampilan ini sangat krusial agar individu

¹³ La Ali Akbar, "Characteristics , Approaches , and Competency Learning Processes of Students in The 21st Century Karakteristik , Pendekatan , Dan Proses Pembelajaran Kompetensi Peserta Didik Abad 21," no. 4 (2023).

¹⁴ Nur Ihlas, Syahriani Yulianci, and Hairunisa, "Pengaruh Metode Pembelajaran Course Review Horay (CRH)," *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA* 5, no. 3 (2025): 822–32.

¹⁵ Mei Lina Astuti, "The Role of 6C Skills in 21st Century Learning of Elementary School Students," *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar Volume* 7, no. 2 (2024): 154–61.

dapat beradaptasi dan berhasil di tengah laju perubahan yang cepat, serta dapat bersaing di pasar kerja yang semakin kompetitif.¹⁶ Sayangnya, banyak kurikulum dan bahan ajar yang digunakan saat ini belum sepenuhnya memfasilitasi pengembangan kompetensi ini.¹⁷ Kurikulum yang kaku dan evaluasi yang berorientasi pada ujian sering kali menempatkan tekanan pada siswa untuk sekadar menghafal informasi, alih-alih memahami dan mengaplikasikannya.¹⁸

Oleh karena itu, diperlukan pergeseran fundamental dalam pendekatan pembelajaran IPA. Pembelajaran harus didesain untuk menjadi sebuah proses yang proaktif dan berorientasi pada pemecahan masalah.¹⁹ Tujuannya adalah untuk melatih siswa menjadi pemikir, inovator, dan pemecah masalah yang tangguh. Kurikulum dan bahan ajar harus dirancang untuk mendorong siswa agar tidak hanya menguasai konsep ilmiah, tetapi juga dapat menggunakan konsep tersebut untuk menganalisis situasi, merumuskan pertanyaan, mencari solusi, dan mengomunikasikan temuan mereka secara efektif.²⁰ Hanya dengan cara ini, pendidikan IPA dapat relevan dan dapat membekali generasi muda untuk menghadapi tantangan masa depan.

¹⁶ Evy Nur Rochmah, "Learning Environments as STEAM Support to Sharpen Elementary School Students' 21st Century Skills," *Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar* 6, no. 1 (2023): 61.

¹⁷ Gilang Putra Herdiansyah, "Peningkatan Keterampilan Kolaborasi Dalam Pembelajaran Matematika Melalui Problem Based Learning Pada Siswa SMA," *Jurnal Ilmiah WUNY* 7, no. 1 (2025): 65–77, <https://doi.org/10.21831/jwuny.v7i1.72856>.

¹⁸ Khairunnisa R; Putri S M, "IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN STEAM PADA MATERI IPA UNTUK MENINGKATKAN MINAT BELAJAR SISWA," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar* 10, no. September (2025).

¹⁹ Tania Salsabilla et al., "Keterampilan Guru Abad 21 Dalam Pembelajaran IPA Di Sekolah Dasar" 6, no. September (2025): 498–512.

²⁰ Agus Ramdani et al., "Pengembangan Alat Evaluasi Pembelajaran Ipa Yang Mendukung Keterampilan Abad 21," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 5, no. 1 (2019), <https://doi.org/10.29303/jppipa.v5i1.221>.

2. Pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*)

STEM adalah kerangka pembelajaran interdisipliner yang mengintegrasikan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika sebagai sebuah kesatuan yang kohesif.²¹ Berbeda dengan pendekatan tradisional yang mengajarkan setiap disiplin ilmu secara terpisah, STEM mengajarkan siswa bagaimana ilmu-ilmu ini saling terkait dan saling mendukung. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk mempersiapkan siswa dengan keterampilan teknis dan logis yang dibutuhkan untuk menghadapi tantangan di dunia kerja masa depan. Pembelajaran STEM berfokus pada proyek dan masalah otentik di dunia nyata, mendorong siswa untuk tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga menerapkannya untuk menciptakan solusi inovatif.²² Dalam implementasinya, pendekatan STEM sering kali menggunakan siklus pembelajaran 5E yang memandu siswa melalui lima tahapan terstruktur:²³

- a. *Engage* (Melibatkan atau Menarik Perhatian) Tahap ini bertujuan untuk memancing minat dan rasa ingin tahu siswa terhadap topik yang akan dipelajari. Guru memulai pembelajaran dengan menyajikan pertanyaan, masalah, atau fenomena yang relevan dan menarik, sehingga siswa secara emosional dan intelektual merasa terhubung dengan materi sejak awal.²⁴

²¹ Sherly Laila et al., “Peran Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematic) Dalam Pembelajaran,” *Journal of Natural Sciences* 5, no. 3 (2024): 213–23, <https://doi.org/10.34007/jonas.v5i3.703>.

²² Tutut Hartina Ilmiah Ningsih, Supriyono, and Sri Rahayuningsih, “Penerapan Pendekatan Stem Untuk ...,” *JP2M (Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Matematika)* 10, no. 2 (2024): 342–49.

²³ Trinanda Zalsa, “Studi Literatur: Efektivitas Pendekatan STEM Dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar,” *Jurnal Jendela Pendidikan Volume 5 No 01 Februari 2025 ISSN: 2776-267X (Print) / ISSN: 2775-6181 (Online) The Article Is Published with Open Access at: <https://www.Ejournal.Jendelaedukasi.Id/Index.Php/JJP>* 5, no. 01 (2025): 174–83.

²⁴ Hamidatul Muyasaroh et al., “PENINGKATAN KETERAMPILAN STEM SISWA MELALUI PEMBELAJARAN IPA INTERAKTIF DENGAN APLIKASI PhET,” *EDUPROXIMA : Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA* 7, no. 1 (2025): 475–89, <https://doi.org/10.29100/v7i1.5916>.

Peran guru pada tahap ini adalah sebagai provokator pemikiran, yang berupaya mengaktifkan pengetahuan awal atau pengalaman pribadi siswa agar mereka termotivasi untuk belajar lebih lanjut. Tahap ini krusial untuk menciptakan fondasi yang kuat bagi seluruh proses pembelajaran, memastikan siswa tidak hanya pasif menerima informasi.²⁵

- b. *Explore* (Mengeksplorasi atau Menjelajahi) Pada tahap ini, siswa diberikan kesempatan untuk melakukan investigasi secara mandiri. Melalui kegiatan langsung seperti eksperimen, pengamatan, pengumpulan data, atau studi kasus, siswa secara aktif menemukan konsep dan membangun pemahaman mereka sendiri. Guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan dan memberikan dukungan tanpa memberikan jawaban secara langsung. Tahap eksplorasi memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan proses sains, berpikir mandiri, dan berkolaborasi dengan teman-teman mereka.²⁶ Ini adalah inti dari pendekatan pembelajaran yang berpusat pada siswa, di mana pengetahuan tidak ditransfer, melainkan dikonstruksi.
- c. *Explain* (Menjelaskan atau Menganalisis) Setelah siswa selesai bereksperimen dan mengumpulkan data pada tahap *Explore*, tahap *Explain* membantu mereka menguraikan temuan tersebut. Guru memfasilitasi diskusi kelas, di mana siswa berbagi hasil observasi, menganalisis data, dan menyimpulkan apa yang telah mereka pelajari. Pada titik ini, guru dapat

²⁵ . L. Juliyanti, M, “Penerapan Model Pembelajaran Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemahaman Konsep Peserta Didik Pada Pokok Bahasan Pengukuran Di Kelas X SMA N 10 Tidore Kepulauan,” *KUANTUM: Jurnal Pembelajaran & Sains Fisika* 4, no. 1 (2023): 81–102.

²⁶ Baiq Rizkia Ayu Latifa, Ni Nyoman Sri Putu Vrawati, and Ahmad Harjono, “Pengaruh Model Learning Cycle 5E (Engage, Explore, Explain, Elaboration, & Evaluate) Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Kelas X MAN 1 Mataram,” *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi* 3, no. 1 (2017): 61–67, <https://doi.org/10.29303/jpft.v3i1.325>.

memperkenalkan istilah, konsep, dan teori ilmiah yang relevan untuk memberikan kerangka formal bagi pemahaman siswa. Guru mengklarifikasi miskonsepsi yang mungkin timbul selama tahap eksplorasi dan memastikan bahwa setiap siswa memiliki pemahaman yang akurat dan komprehensif tentang konsep-konsep utama.²⁷

- d. *Elaborate* (Mengelaborasi atau Menerapkan) Tahap ini merupakan puncak dari pembelajaran, di mana siswa didorong untuk menerapkan pemahaman yang telah mereka peroleh ke dalam situasi atau masalah baru yang lebih kompleks. Tujuannya adalah untuk memperdalam pemahaman mereka melalui aplikasi praktis dan transfer pengetahuan.²⁸ Siswa dapat diminta untuk merancang solusi, menyelesaikan masalah, atau menciptakan produk yang berhubungan dengan topik yang dipelajari.²⁹ Tahap *Elaborate* tidak hanya menguji pemahaman konsep, tetapi juga melatih keterampilan berpikir kritis dan kreativitas siswa dalam menghadapi tantangan yang berbeda dari yang mereka temui sebelumnya, serta memfasilitasi penguasaan keterampilan rekayasa dan teknologi.³⁰
- e. *Evaluate* (Mengevaluasi atau Menilai) Tahap terakhir, *Evaluate*, adalah proses penilaian yang berkelanjutan untuk mengukur pemahaman siswa

²⁷ Djabir, Hamzah Upu, and Alif Rezky, "Model Pembelajaran Learning Cycle 5E (Engage , Explore , Explain , Elaboration , Evaluate) Berbasis Daring Dalam Pembelajaran Matematika," *Seminar Nasional Hasil Penelitian 2021*, 2021, 1931–43.

²⁸ Amjad Salong and Mohammad Amin Lasaiba, "Efektivitas Model Learning Cycle 5E Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa," *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)* 9, no. 1 (2024): 36, <https://doi.org/10.30998/sap.v9i1.21994>.

²⁹ Heri Nugroho, "Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle 5E Terhadap Hasil Belajar Matematika," *HISTOGRAM: Jurnal Pendidikan Matematika* 2, no. 1 (2018): 45–58, <https://doi.org/10.31100/histogram.v2i1.112>.

³⁰ Khairun Nisa, Syahrul Ramadhan, and Harris Effendi Thahar, "5E Learning Cycle Model on Students' Learning Outcomes," *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan* 14, no. 3 (2022): 3361–74, <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i3.1868>.

dan efektivitas seluruh proses pembelajaran. Penilaian tidak terbatas pada tes tertulis, tetapi juga dapat mencakup observasi kinerja siswa selama tahap *Explore* dan *Elaborate*, presentasi proyek, atau portofolio. Tahap ini memberikan kesempatan bagi guru untuk mengevaluasi apakah tujuan pembelajaran telah tercapai dan mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan. Bagi siswa, tahap ini adalah momen refleksi untuk menilai kemajuan belajar mereka sendiri dan memahami apa yang telah mereka kuasai.

3. Etnosains (*Ethnoscience*)

Etnosains adalah kajian sistematis tentang pengetahuan ilmiah, praktik, dan cara pandang yang terintegrasi dalam budaya lokal suatu masyarakat. Konsep ini menentang gagasan bahwa sains hanya berasal dari tradisi barat, dan sebaliknya, mengakui bahwa banyak kearifan lokal yang telah berkembang secara turun-temurun mengandung prinsip-prinsip ilmiah yang valid.³¹ Dengan mengintegrasikan etnosains dalam pembelajaran IPA, kita dapat menjembatani kesenjangan antara sains universal yang terkadang terasa abstrak dengan pengalaman otentik dan budaya siswa. Penerapan etnosains membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna dan kontekstual.³² Ketika siswa melihat bahwa pengetahuan ilmiah ada dalam praktik budaya mereka sendiri, seperti teknik pengolahan makanan, sistem irigasi tradisional, atau proses pembuatan

³¹ Syarifah Wahidah Al Idrus, "Implementation of Ethnoscience Integrated STEM (Ethno-STEM) in Indonesia: A Meta-Analysis Review," *Scientific Journal of Education Profession* 7, no. 4 (2022): 2370–76, <https://jipp.unram.ac.id/index.php/jipp/article/view/879>.

³² T Puspita Sari, T. E; Ernawati, "Integrasi Etnosains Dalam Pembelajaran IPA Sebagai Sumber Belajar Yang Inovatif Bagi Siswa Kelas VII: Kajian Literatur," *Jurnal Pendidikan MIPA* 15, no. 1 (2025): 265–74.

kerajinan, mereka cenderung lebih termotivasi dan memiliki rasa memiliki yang lebih besar terhadap materi pelajaran.

Penerapan etnosains juga berperan penting dalam validasi pengetahuan dan identitas siswa.³³ Sering kali, pengetahuan pra-ilmiah yang dimiliki siswa dari lingkungan keluarga atau komunitasnya diabaikan dalam konteks sekolah, yang hanya mengakui sains formal. Pendekatan etnosains membantu menjembatani jurang ini dengan menunjukkan bahwa pengalaman dan pengetahuan yang mereka miliki sehari-hari memiliki dasar ilmiah.³⁴ Hal ini memberdayakan siswa dan menumbuhkan rasa bangga terhadap warisan budaya mereka sendiri. Dengan cara ini, pembelajaran sains menjadi sebuah proses yang saling menghargai, di mana pengetahuan formal dan kearifan lokal saling melengkapi.³⁵

Penerapan etnosains dalam pembelajaran IPA juga mendorong keterampilan berpikir kritis yang lebih mendalam. Siswa tidak hanya menerima fakta-fakta ilmiah secara pasif, tetapi juga diajak untuk menganalisis dan membandingkan pengetahuan lokal dengan prinsip-prinsip sains universal. Misalnya, mereka dapat menguji efektivitas suatu metode pengobatan tradisional dengan prinsip kimia, atau menganalisis desain bangunan vernakular dengan hukum fisika. Proses ini melatih mereka untuk berpikir logis,

³³ Liza Ayu Anggriani, Hasnawati Hasnawati, and Nurhasanah Nurhasanah, "Development of Ethnoscience-Based Teaching Materials in Class V Elementari School," *Insights: Journal of Primary Education Research* 1, no. 1 (2024): 1–10, <https://doi.org/10.59923/insights.v1i1.68>.

³⁴ Maulidia Nurul Muhammad and Iseu Laelasari, "Sirup Parijoto Sebagai Literasi Kearifan Lokal Siswa: Inovasi Flashcard Etnosains Dalam Pembelajaran IPA," *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA* 5, no. 3 (2025): 1017–33, <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v5i3.1883>.

³⁵ Putri Sarini, Kompyang Selamat, and Vol No, "Wahana Pengembangan Bahan Ajar Etnosains Bali Bagi Calon Guru IPA Wahana Matematika Dan Sains : Jurnal Matematika , Sains , Dan," *Wahana Matematika Dan Sains : Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya* 13, no. 1 (2019): 27–39.

membedakan antara mitos dan fakta ilmiah, serta merumuskan pertanyaan-pertanyaan penelitian yang relevan. Dengan demikian, etnosains tidak hanya memperkaya konten, tetapi juga meningkatkan kualitas proses berpikir siswa.

Selain itu, etnosains menawarkan peluang unik untuk mendorong kolaborasi dan komunikasi yang efektif. Ketika siswa menyelidiki praktik budaya, mereka sering kali perlu mewawancarai sesepuh atau praktisi lokal, yang menuntut mereka untuk berkomunikasi dengan jelas dan sopan. Mereka juga harus berkolaborasi dengan teman-teman sekelas untuk mengumpulkan data, menganalisis temuan, dan menyajikan hasil mereka. Proses ini melatih keterampilan interpersonal dan kerja tim, yang merupakan bagian integral dari kompetensi abad ke-21. Dengan menggabungkan pembelajaran sains dengan interaksi sosial yang otentik, etnosains melengkapi aspek kognitif pembelajaran dengan dimensi afektif dan sosial.

Pada akhirnya, etnosains dapat berfungsi sebagai jembatan untuk mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, tidak hanya IPA, tetapi juga ilmu sosial, sejarah, dan seni. Sebagai contoh, dalam mempelajari sistem irigasi tradisional, siswa dapat belajar tentang hidrodinamika (fisika), sejarah dan evolusi sistem tersebut (sejarah), serta dampaknya terhadap struktur sosial masyarakat (ilmu sosial). Hal ini menciptakan pengalaman pembelajaran yang benar-benar holistik, memecah sekat-sekat antar-disiplin ilmu yang sering kali membatasi pemahaman siswa. Dengan demikian, etnosains menawarkan kerangka kerja yang kuat untuk pembelajaran interdisipliner yang relevan dan mendalam.

4. Integrasi STEM-Etnosains

Integrasi STEM-Etnosains adalah sebuah pendekatan pembelajaran inovatif yang menempatkan praktik budaya lokal sebagai konteks utama untuk kegiatan pembelajaran STEM. Pendekatan ini menggabungkan kerangka kerja pemecahan masalah STEM yang interdisipliner dengan relevansi budaya yang ditawarkan oleh etnosains. Dalam model ini, siswa tidak hanya belajar teori ilmiah, tetapi juga secara aktif mengaplikasikannya untuk menganalisis, memecahkan masalah, dan menciptakan solusi berdasarkan fenomena yang terjadi di komunitas mereka sendiri.³⁶ Sinergi antara keduanya menciptakan pengalaman belajar yang otentik dan holistik.

Pendekatan ini menjembatani jurang antara pengetahuan akademis yang abstrak dengan realitas kehidupan sehari-hari siswa. Etnosains berfungsi sebagai pintu masuk yang relevan, memancing rasa ingin tahu siswa dengan menyoroti bagaimana sains dan teknologi telah lama tertanam dalam tradisi lokal mereka. Selanjutnya, kerangka kerja STEM menyediakan alat dan metodologi yang sistematis untuk menyelidiki, menganalisis, dan memecahkan masalah yang muncul dari konteks budaya tersebut.³⁷ Pembelajaran menjadi lebih bermakna, karena siswa tidak hanya mengerti "apa" suatu konsep ilmiah, tetapi juga "mengapa" dan "bagaimana" konsep itu relevan dalam budaya mereka.

³⁶ Erica Meilia Safitri, Mudakir, and Sri Wahyuni, "Literatur Review: Implementasi Modul IPA Berbasis Etno-STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Pada Siswa SMP," *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran* 7, no. 3 (2024): 6261–66, <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/view/28916%0Ahttp://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/download/28916/19763>.

³⁷ Nurwanti Fatmah et al., "Pembelajaran IPA Berbasis Etno-Stem Terintegrasi: Kearifan Lokal Ciayumajakuning," 2025, iii–67, https://repository-penerbitlitnus.co.id/id/eprint/550/1/Pembelajaran_IPA_Berbasis_Etno-stem_Full.pdf.

Lebih dari sekadar konsep, integrasi ini juga berpotensi besar untuk melatih keterampilan abad ke-21 yang esensial. Melalui proyek-proyek yang terinspirasi oleh kearifan lokal, siswa secara alami didorong untuk berpikir kreatif dan kritis. Mereka harus merumuskan pertanyaan, merancang eksperimen (Sains dan Rekayasa), menggunakan alat (Teknologi), dan menganalisis data (Matematika) untuk menemukan solusi yang inovatif. Selain itu, kegiatan kolaboratif yang terpusat pada pemecahan masalah otentik akan mengasah keterampilan kerja tim dan komunikasi mereka. Dengan demikian, integrasi STEM-Etnosains tidak hanya mengajarkan konten, melainkan membentuk pola pikir yang komprehensif dan adaptif.

5. Pengembangan Modul Pembelajaran

- a. Hakikat Modul Pembelajaran Modul pembelajaran adalah unit pembelajaran mandiri yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk memfasilitasi proses belajar siswa.³⁸ Sebagai bahan ajar yang terstruktur, modul memungkinkan siswa untuk belajar sesuai dengan kecepatan mereka sendiri, baik di dalam maupun di luar kelas, dengan bimbingan guru yang minimal.³⁹ Modul yang efektif harus memiliki beberapa komponen penting, seperti tujuan pembelajaran yang jelas, materi yang disajikan secara logis dan menarik, beragam kegiatan yang mendorong interaksi,

³⁸ E E Asmara and Siti Patonah, "Pengembangan Modul Ajar Berbasis STEM Untuk Mewujudkan Kreativitas Pada Siswa Fase B Sekolah Dasar," *Dikdas Matappa: Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar* 7, no. 2 (2024): 257–65.

³⁹ I Dewa Gede Agung, I Nyoman Suardana, and Ni Ketut Rapi, "Science E-Module with the STEM-PjBL Model Oriented to Character Education to Improve Student Learning Outcomes.," *Scientific Journal of Education and Learning* 6, no. 1 (2022): 120.

serta instrumen penilaian untuk mengukur pemahaman.⁴⁰ Modul ini dirancang agar siswa dapat menjadi pembelajar yang aktif, bukan sekadar penerima informasi pasif. Modul yang baik berfungsi sebagai panduan yang membimbing siswa dalam proses penemuan dan pemahaman konsep secara mandiri.

- b. Prosedur Pengembangan Modul Prosedur pengembangan modul dalam penelitian ini mengadopsi model penelitian dan pengembangan 4-D (*Define, Design, Develop, Disseminate*) yang dikemukakan oleh Thiagarajan, S. Semmel & Semmel (1974).⁴¹ Namun, penelitian ini memodifikasi model tersebut menjadi tiga tahapan utama yang disesuaikan dengan lingkup dan tujuan penelitian. Berikut adalah penjelasan mendalam tentang setiap tahapan.

Tahap 1: *Define* (Pendefinisian) Pada tahap ini, peneliti berfokus pada analisis awal untuk mendefinisikan masalah penelitian secara jelas dan sistematis. Kegiatan utama yang dilakukan meliputi analisis kurikulum untuk mengidentifikasi kesenjangan antara tujuan pembelajaran dan materi yang ada, analisis karakteristik siswa untuk memahami kebutuhan dan gaya belajar mereka, serta analisis konsep dan sumber daya yang tersedia. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa modul yang akan dikembangkan relevan, sesuai dengan kebutuhan siswa, dan dapat

⁴⁰ Sunedi Sunedi and Sylvia Lara Syaflin, "Pengembangan E-Modul Ajar Berbasis Etno STEM Pada Kurikulum Merdeka Di Sekolah Dasar," *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA* 4, no. 2 (2024): 325–35, <https://doi.org/10.53299/jagomipa.v4i2.631>.

⁴¹ Safarena; Iriani Tuti; Saleh Rosmawati Salsabella, "JURNALPENDIDIKANDANKONSELINGVOLUME5NOMOR2TAHUN2023541Pengembangan Bahan Ajar E-Modul Mata Kuliah Konsep ArsitekturMenggunakan Model 4D" 5 (2023): 6987–95.

mengatasi tantangan yang telah diidentifikasi pada awal penelitian. Tahap ini krusial sebagai fondasi untuk seluruh proses pengembangan.

Tahap 2: *Design* (Perancangan) Setelah masalah dan kebutuhan didefinisikan secara akurat, tahap selanjutnya adalah perancangan produk. Pada tahap ini, peneliti mulai menyusun draf modul. Ini melibatkan beberapa langkah penting, yaitu pemilihan format modul yang menarik dan mudah digunakan, perancangan desain visual yang interaktif, serta penulisan konten yang logis dan sistematis. Selain itu, pada tahap ini juga dirancang aktivitas pembelajaran yang relevan dengan siklus 5E dan dikembangkan instrumen penilaian untuk mengukur pemahaman dan keterampilan siswa. Tahap perancangan ini merupakan cetak biru konseptual yang memastikan modul memiliki alur yang koheren dan efektif.⁴²

Tahap 3: *Develop* (Pengembangan) Tahap terakhir adalah pengembangan, di mana draf modul yang telah dirancang akan divalidasi oleh para ahli (*expert judgment*). Proses validasi ini bertujuan untuk memastikan kelayakan, validitas, dan kualitas isi serta desain modul sebelum diujicobakan. Para ahli, seperti akademisi di bidang pendidikan IPA, akan memberikan masukan dan saran kritis berdasarkan keilmuan mereka. Masukan ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk merevisi dan menyempurnakan modul secara menyeluruh. Dengan demikian, produk

⁴² Rebecca Hughes, "Pengembangan Atau Research and Development (R&D)," *Journal of Chemical Information and Modeling* 53, no. 9 (2008): 287.

akhir yang dihasilkan pada tahap ini adalah modul yang telah teruji secara teoretis dan siap untuk diimplementasikan dalam penelitian.⁴³

Tahap 4: *Disseminate* (Penyebaran) Secara teoretis, Tahap *Disseminate* (Penyebaran) bertujuan untuk menguji produk yang telah divalidasi dalam konteks nyata melalui uji coba implementasi dan penyebaran produk secara luas. Namun, sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan pada Bab I dan Bab III, penelitian pengembangan ini dimodifikasi hanya sampai Tahap *Develop*. Oleh karena itu, seluruh kegiatan yang termasuk dalam Tahap *Disseminate*, seperti uji coba terbatas, uji efektivitas modul, pengumpulan data kepraktisan, dan penyebaran produk massal, secara eksplisit tidak dilakukan dalam ruang lingkup penelitian ini. Produk yang dihasilkan dianggap telah mencapai luaran penelitian setelah dinyatakan Valid dan Layak secara Teoretis oleh validator ahli, dan siap untuk dilanjutkan ke tahap *Disseminate* atau uji coba lapangan pada penelitian berikutnya.⁴⁴

6. Konsep IPA yang Relevan: Suhu dan Kalor

Modul pembelajaran ini dikembangkan untuk memfasilitasi penguasaan materi Suhu, Kalor, dan Perubahan Zat yang merupakan kompetensi dasar bagi siswa IPA kelas VII SMP. Pemilihan ketiga konsep ini didasarkan pada relevansi dan keterkaitannya yang eksplisit dengan fenomena alam dan proses kearifan lokal dalam pembuatan Tahu Takwa di Kediri.

⁴³ Fayrus and Abadi Slamet, *Model Penelitian Pengembangan (R n D)*, 2022.

⁴⁴ Jasmine Riani Johan, Tuti Iriani, and Arris Maulana, "Penerapan Model Four-D Dalam Pengembangan Media Video Keterampilan Mengajar Kelompok Kecil Dan Perorangan," *Jurnal Pendidikan West Science* 1, no. 06 (2023): 372–78, <https://doi.org/10.58812/jpdws.v1i6.455>.

a. Konsep Suhu dan Kalor

Suhu adalah besaran fisika yang menyatakan derajat panas atau dingin suatu benda. Sementara itu, Kalor merupakan energi yang berpindah akibat adanya perbedaan suhu. Dalam proses pembuatan Tahu Takwa, konsep ini memiliki peran sentral.

- 1) Relevansi pada Tahu Takwa: Proses utama, yaitu perebusan sari kedelai, secara langsung melibatkan transfer Kalor (dari api ke sari kedelai) hingga mencapai Suhu optimal (titik didih). Pemahaman mengenai efisiensi Kalor (misalnya, pemilihan jenis bahan bakar dan durasi perebusan) dan Suhu yang tepat sangat menentukan keberhasilan dan kualitas tahu, menjadikan konsep ini landasan fisika dalam modul.

b. Keterkaitan Konsep dan Pembelajaran Etnosains

Dengan memfokuskan pada Suhu, Kalor, dan Perubahan Zat, modul ini menggunakan proses Tahu Takwa sebagai laboratorium etnosains yang nyata. Konsep Suhu dan Kalor adalah prasyarat yang memicu dan mengontrol terjadinya Perubahan Zat (koagulasi protein) yang menghasilkan tahu. Keterkaitan yang kuat ini memastikan bahwa siswa tidak hanya menghafal definisi, tetapi mampu memahami bagaimana konsep ilmiah dasar ini beroperasi secara nyata dalam kearifan lokal, sehingga memperkuat pemahaman konsep ilmiah mereka.

7. Potensi Lokal Kediri: Tahu Takwa sebagai Konteks Pembelajaran STEM

Etnosains

Sebagai salah satu komoditas khas Kediri, Tahu Takwa memiliki potensi yang sangat kaya untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran IPA berbasis STEM-Etnosains. Lebih dari sekadar makanan, proses pembuatan tahu takwa adalah warisan budaya yang mengandung prinsip-prinsip ilmiah, teknologis, rekayasa, dan matematis yang relevan. Dengan menjadikan tahu takwa sebagai konteks pembelajaran, siswa tidak hanya belajar dari buku teks, tetapi juga melalui pengalaman langsung yang kontekstual dengan lingkungan mereka.

- a. Sains (*Science*) Proses pembuatan tahu takwa melibatkan sejumlah konsep sains yang fundamental. Secara kimia, siswa dapat mengamati dan menganalisis proses koagulasi protein. Saat sari kedelai yang dipanaskan ditambahkan asam (dari cuka atau biang tahu), molekul-molekul protein kedelai akan terurai dan menggumpal, membentuk dadih padat yang dikenal sebagai tahu. Reaksi ini adalah contoh langsung dari denaturasi protein. Siswa juga dapat menguji peran kunyit (*turmeric*) sebagai pewarna alami dan mempelajari senyawa aktif di dalamnya, yaitu kurkumin. Mereka bisa melakukan eksperimen sederhana untuk melihat bagaimana kunyit bereaksi dengan zat asam dan basa, menunjukkan prinsip dasar indikator pH. Secara fisika, proses pengepresan tahu sangat relevan dengan konsep tekanan ($P=F/A$) dan massa jenis. Siswa dapat menghitung tekanan yang diterapkan pada tahu dan mengamati bagaimana tekanan yang berbeda

memengaruhi tekstur dan kepadatan akhir tahu. Mereka juga bisa mengukur massa jenis tahu sebelum dan sesudah pengepresan.⁴⁵

- b. Teknologi (*Technology*) Aspek teknologi dalam pembuatan tahu takwa tidak hanya terbatas pada peralatan, tetapi juga pada inovasi proses. Siswa dapat mengkaji evolusi teknologi, mulai dari penggunaan alat penggiling kedelai tradisional (seperti batu giling) hingga mesin giling modern yang berbasis listrik. Mereka dapat membandingkan efisiensi waktu, energi, dan hasil yang dicapai oleh kedua teknologi tersebut. Selain itu, siswa juga bisa mengeksplorasi peran teknologi modern dalam pengemasan dan distribusi produk untuk menjaga kualitas dan memperluas jangkauan pasar, seperti teknologi vakum atau pengemasan kedap udara.
- c. Rekayasa (*Engineering*) Aspek rekayasa dalam pembuatan tahu takwa memberikan peluang bagi siswa untuk berpikir kreatif dan menjadi problem-solver. Siswa dapat merancang, memodifikasi, atau bahkan menciptakan sebuah alat pengepres tahu yang lebih efisien. Sebagai contoh, mereka bisa mendesain ulang sistem tuas pada alat pengepres agar tekanan yang dihasilkan lebih merata dan konstan. Proyek ini akan memandu mereka melalui tahapan rekayasa, mulai dari mendefinisikan masalah (mengapa tahu kurang padat?), merancang solusi (membuat sketsa alat baru), membangun prototipe, hingga menguji dan menyempurnakan desain tersebut.

⁴⁵ F J P Lestari, "Kajian Etnosains Berbasis Kearifan Lokal Pada Pembuatan Tahu Besuki Di Desa Jetis Sebagai Sumber Belajar IPA Di SMPN 3 Besuki," *Uin Jember*, 2022, [http://digilib.uinkhas.ac.id/id/eprint/9149%0Ahttp://digilib.uinkhas.ac.id/9149/1/FIRDATUL_JANNAH_PUTRI_LESTARI_T201810026 .pdf](http://digilib.uinkhas.ac.id/id/eprint/9149%0Ahttp://digilib.uinkhas.ac.id/9149/1/FIRDATUL_JANNAH_PUTRI_LESTARI_T201810026.pdf).

- d. Matematika (*Mathematics*) Berbagai konsep matematika dapat diterapkan sepanjang seluruh proses. Siswa dapat menghitung perbandingan bahan baku yang ideal, misalnya rasio antara kedelai kering dan air yang digunakan. Mereka juga bisa melakukan analisis data dengan mengukur volume sari kedelai yang dihasilkan dan mengaitkannya dengan massa tahu yang dihasilkan. Selanjutnya, siswa dapat mengaplikasikan matematika untuk menghitung biaya produksi, termasuk harga bahan baku dan konsumsi energi, serta menghitung potensi keuntungan dari penjualan tahu. Kegiatan ini melatih mereka untuk berpikir secara logis, akurat, dan dapat membuat model matematis sederhana untuk memecahkan masalah praktis.

8. Konseptualisasi dan Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis STEM-Etnosains Konteks Tahu Takwa

Modul pembelajaran ini merupakan produk utama dari penelitian yang dirancang untuk mengatasi tantangan pembelajaran IPA Abad ke-21 dengan memanfaatkan potensi lokal. Modul ini secara spesifik mengintegrasikan pendekatan STEM dan etnosains dengan menjadikan proses pembuatan Tahu Takwa sebagai konteks pembelajaran utama. Modul ini dikembangkan sebagai bahan ajar mandiri dan berpusat pada siswa, memungkinkan mereka untuk belajar secara aktif dan menemukan konsep-konsep sains melalui investigasi langsung. Melalui pendekatan ini, modul diharapkan dapat meningkatkan kompetensi ilmiah siswa, melatih keterampilan 4C (berpikir kritis, kreatif, kolaborasi, dan komunikasi), sekaligus menumbuhkan rasa bangga terhadap kearifan lokal.

Modul ini akan dirancang menggunakan siklus pembelajaran 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*), yang setiap tahapannya akan secara sistematis mengaitkan konsep IPA dengan praktik pembuatan Tahu Takwa:

- a. *Engage* (Melibatkan atau Menarik Perhatian) Pada tahap ini, modul akan menampilkan sebuah skenario atau cerita yang relevan, seperti kisah di balik sejarah Tahu Takwa di Kediri. Siswa akan disajikan pertanyaan-pertanyaan provokatif, misalnya: "Mengapa tahu takwa memiliki warna kuning dan tekstur yang padat berbeda dari tahu biasa?" atau "Proses apa yang mengubah sari kedelai menjadi tahu?". Pertanyaan-pertanyaan ini berfungsi sebagai jembatan untuk menghubungkan pengalaman sehari-hari siswa dengan konsep-konsep ilmiah yang akan dipelajari.
- b. *Explore* (Mengeksplorasi atau Menjelajahi) Modul akan memandu siswa untuk melakukan eksperimen sederhana yang menginvestigasi prinsip-prinsip sains di balik pembuatan tahu. Sebagai contoh, siswa dapat melakukan eksperimen untuk membandingkan koagulan alami yang berbeda (seperti asam cuka, air lemon, atau biang tahu) terhadap sari kedelai. Mereka akan mencatat observasi tentang kecepatan koagulasi dan kualitas dadih tahu yang dihasilkan. Kegiatan ini mendorong siswa untuk mengumpulkan data, mengamati fenomena, dan merumuskan hipotesis mereka sendiri.
- c. *Explain* (Menjelaskan atau Menganalisis) Setelah eksperimen, modul akan menyajikan konten materi yang menjelaskan konsep ilmiah di balik temuan siswa. Modul akan menjelaskan secara detail proses koagulasi protein dari

kedelai dan peran asam sebagai katalis. Konsep-konsep seperti larutan koloid akan dikenalkan secara kontekstual, misalnya, dengan memvisualisasikan partikel protein yang tersebar dalam sari kedelai. Modul juga akan membahas peran kurkumin dalam kunyit sebagai pewarna alami dan indikator pH, sehingga siswa memahami mengapa tahu takwa berwarna kuning.

- d. *Elaborate* (Mengelaborasi atau Menerapkan) Pada tahap ini, modul akan memberikan tantangan proyek yang lebih kompleks dan otentik. Siswa dapat diberi tugas untuk merancang prototipe alat pengepres tahu mini yang lebih efisien dari alat tradisional. Proyek ini akan menuntun mereka melalui proses rekayasa: mendefinisikan masalah (tekanan tidak merata), merumuskan solusi, membuat sketsa desain, membangun prototipe, menguji coba, dan merevisi desain. Di sisi matematika, modul akan meminta siswa untuk menganalisis data efisiensi proses produksi, misalnya dengan menghitung perbandingan volume kedelai awal dengan volume tahu yang dihasilkan, atau menghitung biaya produksi per unit tahu.
- e. *Evaluate* (Mengevaluasi atau Menilai) Penilaian dalam modul ini akan bersifat autentik dan komprehensif. Modul akan menyertakan lembar kerja untuk mengukur pemahaman konsep, rubrik penilaian proyek untuk menilai keterampilan rekayasa dan kolaborasi, serta kuis interaktif yang menguji pemahaman teoritis. Penilaian ini dirancang untuk tidak hanya mengukur hasil belajar, tetapi juga proses dan keterampilan yang dikembangkan siswa selama penggunaan modul.

Secara keseluruhan, modul pembelajaran ini berfungsi sebagai instrumen yang terstruktur untuk mengarahkan siswa melalui siklus pembelajaran yang aktif dan bermakna. Dengan mengintegrasikan STEM dan Etnosains melalui konteks Tahu Takwa, modul ini secara langsung bertujuan untuk mengembangkan pemahaman konseptual yang kuat pada siswa, serta melatih keterampilan esensial yang sangat relevan untuk abad ke-21.

B. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini dibangun berdasarkan identifikasi masalah di lapangan dan kebutuhan akan inovasi bahan ajar yang relevan dengan tuntutan Pendidikan Abad ke-21.

1. Identifikasi Kesenjangan (Masalah) Pembelajaran IPA di tingkat SMP saat ini masih menghadapi dua tantangan utama: pertama, metode konvensional yang cenderung berpusat pada guru (*teacher-centered*) sehingga gagal melatih Keterampilan Abad ke-21 (4C: *Critical Thinking, Creativity, Communication, Collaboration*) ; dan kedua, materi yang disajikan bersifat universal dan abstrak, terputus dari konteks lokal siswa, yang mengakibatkan pemahaman dangkal dan minimnya relevansi. Kesenjangan ini menandakan perlunya pergeseran fundamental dalam pendekatan dan bahan ajar
2. Penentuan Pendekatan dan Konteks (Solusi) Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan dua pendekatan yang terbukti efektif: STEM (untuk melatih keterampilan memecahkan masalah dan inovasi) dan Etnosains (untuk memberikan konteks lokal yang otentik dan bermakna). Konteks Etnosains yang dipilih adalah proses pembuatan Tahu Takwa Kediri, sebuah warisan budaya yang kaya akan prinsip-prinsip Sains (Koagulasi Protein,

Fisika Suhu), Teknologi (alat giling), Rekayasa (*desain pres*), dan Matematika (rasio bahan) .

3. Pengembangan Produk Integrasi STEM-Etnosains tersebut diwujudkan dalam produk berupa Modul Pembelajaran IPA yang disusun berdasarkan sintaks pembelajaran Siklus 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*). Modul ini dikembangkan menggunakan Model Penelitian dan Pengembangan (R&D) 4D yang dimodifikasi (hanya tahap *Define, Design, dan Develop*).
4. Tujuan dan Hasil Akhir Melalui proses pengembangan yang sistematis ini, luaran penelitian adalah prototipe Modul Pembelajaran IPA Berbasis STEM-Etnosains Tahu Takwa yang telah teruji Validitas (*Validity*) dan Kelayakan (*Feasibility*)-nya secara teoretis oleh para ahli.