

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Tantangan Pembelajaran IPA

a. Hakikat dan urgensi pembelajaran IPA

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) memiliki peran krusial dalam menyiapkan peserta didik menghadapi kompleksitas kehidupan di abad ke-21. Hakikat IPA bukan hanya sebatas penguasaan hafalan konsep dan fakta, melainkan juga melibatkan keterampilan proses ilmiah, cara berpikir, menyelidiki, dan memecahkan masalah seperti yang dilakukan oleh ilmuwan.⁸ Tujuan tertinggi pendidikan IPA adalah tercapainya literasi sains, yakni kemampuan individu untuk menggunakan pengetahuan ilmiah, menafsirkan data, dan membuat keputusan yang tepat berdasarkan bukti ilmiah. Literasi sains mutlak diperlukan agar warga negara dapat berpartisipasi aktif dan rasional dalam masyarakat yang didorong oleh kemajuan teknologi.

Urgensi pembelajaran IPA terletak pada perannya sebagai fondasi bagi pengembangan teknologi dan solusi terhadap berbagai masalah global mulai dari lingkungan hingga kesehatan.⁹ Di sekolah, IPA harus menjadi wahana untuk mengembangkan pola pikir logis,

⁸ Wildan Fatoni et al., *URGENSI PEMBELAJARAN IPA DENGAN PENDEKATAN SAINS, TEKNOLOGI, DAN MASYARAKAT DALAM MENGHADAPI PROBLEMATIKA KEHIDUPAN MASYARAKAT*, n.d.

⁹ Widha Sunarno, *Peran Pendidik dan Makalah Ilmuwan Sains dalam ISSN : 2527-6670 Utama Menyongsong Revolusi Industri 4.0*, n.d.

analitis, dan sistematis, yang merupakan modal penting bagi siswa untuk menjadi inovator dan problem solver di masa depan. Kegagalan dalam pengajaran IPA yang efektif berarti kegagalan dalam menyiapkan generasi yang adaptif dan kompeten.

b. Isu-isu kritis dalam pembelajaran IPA

Meskipun urgensi IPA tinggi, implementasi di lapangan seringkali diwarnai oleh isu-isu kritis yang menghambat kualitas pembelajaran. Kesenjangan yang paling nyata adalah antara tuntutan kurikulum modern dan praktik pembelajaran yang masih bersifat konvensional.¹⁰ Mayoritas kelas IPA masih didominasi oleh metode ceramah dan berpusat pada buku teks, yang secara pasif menyampaikan informasi tanpa mendorong inkuiri.¹¹ Metode ini gagal mengaktivasi peran siswa sebagai peneliti kecil.

Isu krusial lainnya adalah kurangnya relevansi kontekstual materi ajar. Konsep-konsep IPA sering diajarkan secara terpisah dari realitas kehidupan siswa, menjadikannya abstrak dan sulit dipahami. Selain itu, kendala keterbatasan sarana dan prasarana praktikum seperti minimnya laboratorium atau alat peraga yang memadai juga memaksa guru untuk mengabaikan kegiatan eksperimen. Kondisi ini membuat pembelajaran hanya berkutat pada aspek kognitif tingkat

¹⁰ Umi Purnama, "Analisis Pembelajaran Ipa Pada Implementasi Kurikulum Merdeka Dalam Memenuhi Kebutuhan Pembelajaran Di Smp Negeri 1 Bua Ponrang," *Qalam : Jurnal Ilmu Kependidikan* 13, no. 2 (2024): 1–8, <https://doi.org/10.33506/jq.v13i2.3968>.

¹¹ Hidayat Hidayat and Hilalludin Hilalludin, "Hak Kewajiban dan Tanggung Jawab Guru Dalam Pendidikan Indonesia," *Jurnal Motivasi Pendidikan dan Bahasa* 2, no. 3 (2024): 179–86, <https://doi.org/10.59581/jmpb-widyakarya.v2i3.3875>.

rendah (C1 dan C2), alih-alih mencapai keterampilan berpikir tingkat tinggi.

c. Tantangan Pengembangan Keterampilan Abad ke-21

Era kontemporer menuntut penguasaan Keterampilan Abad ke-21, yang secara kolektif dikenal sebagai 4C: *Critical thinking*, *Creativity*, *Collaboration*, dan *Communication*. Pembelajaran IPA yang pasif dan konvensional menunjukkan kegagalan sistematis dalam memfasilitasi pengembangan 4C ini. Siswa tidak terbiasa dilatih untuk menganalisis informasi secara kritis, mengevaluasi validitas bukti, atau bekerja sama dalam tim untuk mencapai tujuan ilmiah.

Dampak negatif dari pendekatan ini adalah menurunnya motivasi siswa dan keterlibatan aktif dalam proses ilmiah.¹² Ketika IPA dipersepsikan hanya sebagai materi hafalan yang menjemukan, minat siswa terhadap disiplin ilmu ini akan merosot. Kondisi ini berdampak luas pada rendahnya kualitas lulusan yang siap bersaing, terutama dalam menghadapi tantangan yang menuntut solusi interdisipliner dan inovatif.

d. Solusi Inovatif dalam Pembelajaran IPA

Untuk mengatasi tantangan-tantangan fundamental tersebut, diperlukan solusi inovatif berupa pergeseran model pembelajaran.

¹² Ria Septika Anggraeni et al., "Pengaruh Model Pembelajaran (Project Based Learning) Dalam Mengembangkan Kreativitas PKN di SD," *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar* 2, no. 4 (2025): 7, <https://doi.org/10.47134/pgsd.v2i4.1698>.

Inovasi harus berfokus pada pendekatan yang interdisipliner dan kontekstual.¹³

Solusi yang paling efektif saat ini adalah integrasi pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) yang secara holistik melatih siswa dalam pemecahan masalah melalui siklus rekayasa (*Engineering Design Process*). Selain itu, untuk meningkatkan relevansi dan keterkaitan budaya, diperlukan integrasi Etnosains, yang memanfaatkan kearifan lokal sebagai sumber dan konteks otentik pembelajaran.¹⁴ Kombinasi STEM dan Etnosains menyediakan kerangka kerja yang kuat untuk mengatasi kelemahan IPA konvensional, menghasilkan pembelajaran yang lebih bermakna, aplikatif, dan berakar pada realitas budaya siswa.

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

a. Konsep Dasar STEM

STEM adalah akronim yang mewakili empat disiplin ilmu yang saling terintegrasi: *Science* (Sains), *Technology* (Teknologi), *Engineering* (Rekayasa), dan *Mathematics* (Matematika). Pendekatan ini muncul sebagai respons terhadap kebutuhan global akan tenaga kerja yang memiliki keterampilan abad ke-21 yang mampu bersaing dan berinovasi.¹⁵ Latar belakang munculnya STEM dalam pendidikan

¹³ Dita Ardwiyaniti, Zuhdan Kun Prasetyo, Insih Wilujeng, *STEM Research Trends in Indonesia: A Systematic Literature Review*, 2021.

¹⁴ Fazrul Prasetya Nur Fahrozy et al., "Etnosains sebagai Upaya Belajar secara Kontekstual dan Lingkungan pada Peserta Didik di Sekolah Dasar," *EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN* 4, no. 3 (2022): 4337–45, <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i3.2843>.

¹⁵ Suwito Singgih and Nuryunita Dewantari, *STEM DALAM PEMBELAJARAN IPA DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0*, 3 (n.d.).

didasarkan pada kesadaran bahwa solusi untuk masalah dunia nyata seperti perubahan iklim, energi, dan kesehatan jarang dapat diselesaikan hanya dengan satu disiplin ilmu saja.

Penekanan utama dari STEM adalah pada integrasi disiplin ilmu dan pemecahan masalah dunia nyata (*problem based learning*). Pembelajaran STEM berupaya mengeliminasi silo (kotak-kotak) disiplin ilmu yang terpisah di kelas, melatih siswa untuk melihat bagaimana sains dan matematika diaplikasikan melalui teknologi dan diwujudkan melalui proses rekayasa. Dengan demikian, STEM memandang setiap disiplin bukan sebagai tujuan akhir, melainkan sebagai alat untuk mencapai solusi inovatif.

Pendidikan STEM apabila dikaitkan dengan lingkungan akan berkembang. Berkembangnya pendidikan STEM ini akan menghasilkan pengalaman dalam kehidupan peserta didik. Berikut empat aspek dalam pendekatan STEM:

- 1) *Science*, kemampuan yang dimiliki peserta didik dalam mengeksplor berbagai informasi berdasarkan kemampuannya dalam pengetahuan serta kemampuan untuk berpartisipasi dalam mengambil keputusan untuk mempengaruhinya.
- 2) *Technology*, kemampuan yang dimiliki peserta didik untuk menentukan software untuk membantu menyelesaikan permasalahan, kemampuan memahami teknologi baru dan kemampuan untuk menganalisis bagaimana teknologi baru mempengaruhi individu, masyarakat, bangsa dan negara.

- 3) *Engineering*, kemampuan yang dimiliki peserta didik dalam mengoperasikan software untuk membantu menyelesaikan permasalahan dan kemampuan untuk memahami tentang bagaimana teknologi dapat dikembangkan melalui proses rekayasa/ desain menggunakan tema proyek.
- 4) *Mathematics*, kemampuan yang dimiliki peserta didik dalam analisis, memberikan ide/gagasan untuk memperoleh serta mengamati kesimpulan kembali.

b. *Engineering Design Process* dalam STEM

Dalam kerangka STEM, *Engineering* (Rekayasa) memegang peranan kunci sebagai pilar integratif.¹⁶ Rekayasa adalah proses sistematis dan berulang (iterative) di mana siswa menggunakan pengetahuan Sains dan Matematika serta alat Teknologi untuk merancang, membangun, dan menguji solusi terhadap masalah yang menantang. Proses ini disebut *Engineering Design Process* (EDP), yang meliputi tahapan seperti mengidentifikasi masalah, mengembangkan solusi, membuat prototipe, menguji, dan mengevaluasi.

Hubungan proses rekayasa ini dengan pengembangan keterampilan penting sangatlah erat. EDP secara alami mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis (saat menganalisis kegagalan desain dan merumuskan perbaikan) dan

¹⁶ Konstantinos Asimakopoulos et al., "Integrating Engineering Design Process in STEM Education: A Project Case Study of Design, Creation, and Programming a Crane's Control Circuit Unit," *European Journal of Engineering and Technology Research*, December 30, 2024, 1–7, <https://doi.org/10.24018/ejeng.2024.1.CIE.3234>.

keaktivitas (saat menghasilkan berbagai ide solusi).¹⁷ Melalui EDP, siswa belajar bahwa kegagalan adalah bagian dari proses belajar dan bahwa siswa harus terus merevisi dan menyempurnakan solusi hingga mencapai desain yang optimal.

3. Model Siklus Belajar 5E

a. Definisi

Untuk mengimplementasikan pembelajaran STEM yang berbasis inkuiri dan desain secara efektif, diperlukan kerangka instruksional yang terstruktur. Model Siklus Belajar 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*) adalah salah satu model yang paling sering digunakan dan dianggap sangat sesuai.¹⁸ Definisi Model 5E adalah kerangka pembelajaran konstruktivistik yang memandu siswa melalui serangkaian tahapan yang memungkinkan siswa membangun pemahaman baru dari pengalaman dan refleksi.

Kesesuaian 5E dalam mengimplementasikan pembelajaran STEM secara terstruktur terletak pada sifatnya yang siklis dan berbasis inkuiri. Setiap fase dalam 5E mendukung langkah-langkah dalam *Engineering Design Process* dan memastikan bahwa siswa tidak hanya belajar apa (konsep Sains) tetapi juga bagaimana (proses *Engineering*). Model ini membantu guru untuk mengelola kegiatan

¹⁷ Wulan Safitri et al., "The Influence of the STEM-Based Engineering Design Process Model on High School Students' Creative and Critical Thinking Abilities," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 10, no. 2 (2024): 662–73, <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i2.4765>.

¹⁸ Lena Ballone Duran and Emilio Duran, *The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching*, n.d.

STEM yang kompleks, mulai dari membangkitkan rasa ingin tahu hingga mengevaluasi hasil akhir proyek.

b. Implementasi Fase 5E dalam STEM

Penerapan Model 5E dalam konteks pembelajaran STEM memastikan aktivitas berlangsung secara bertahap dan bermakna:

- 1) *Engage* (Keterlibatan): Ini adalah fase awal yang bertujuan membangkitkan minat siswa terhadap topik. Dalam STEM, fase ini diisi dengan pengenalan masalah dunia nyata atau tantangan desain yang harus dipecahkan, menghubungkan materi dengan pengalaman atau konteks siswa.¹⁹
- 2) *Explore* (Eksplorasi): Siswa diberi kesempatan untuk menyelidiki masalah secara langsung. Dalam STEM, fase ini melibatkan pengumpulan data, eksperimen awal (Sains/Matematika), dan identifikasi kendala/sumber daya yang akan digunakan dalam desain. Fase ini memfasilitasi penyelidikan awal dan *hands-on activities*.
- 3) *Explain* (Penjelasan): Siswa menyusun pemahamannya berdasarkan temuan eksplorasi, dan guru membantu memperjelas konsep ilmiah atau matematika yang mendasari masalah. Fase ini adalah proses konstruksi pengetahuan di mana istilah dan definisi ilmiah formal diperkenalkan.
- 4) *Elaborate* (Elaborasi): Siswa menerapkan konsep yang baru dipelajari dalam konteks yang baru atau lebih kompleks. Dalam

¹⁹ Hidayat, M., & Sari, I. P. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran 5E terhadap Keterlibatan Siswa dalam Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 22-30.

STEM, ini adalah fase puncak di mana siswa secara aktif melakukan desain, pembuatan prototipe, dan pengujian solusi rekayasanya. Fase ini menguatkan aplikasi pengetahuan.

- 5) *Evaluate* (Evaluasi): Fase akhir yang mencakup penilaian pengetahuan dan keterampilan siswa. Evaluasi tidak hanya mencakup asesmen formal, tetapi juga penilaian terhadap proses, produk (*prototipe*), dan refleksi siswa terhadap hasil desainnya.²⁰

4. Etnosains

a. Pengertian Etnosains

Etnosains (*Ethnoscience*) didefinisikan sebagai sistem pengetahuan, praktik, dan kepercayaan yang dikembangkan serta diwariskan oleh suatu kelompok masyarakat lokal untuk memahami, mengorganisir, dan berinteraksi dengan alam semesta.²¹ Etnosains mencakup cara pandang masyarakat adat terhadap fenomena alam, klasifikasi fauna/flora, praktik pengobatan tradisional, hingga sistem pengolahan pangan. Ia merupakan produk budaya yang lahir dari pengalaman empiris jangka panjang.

Etnosains sering dikategorikan sebagai Pengetahuan Lokal (*Local Knowledge*) atau Sains Pribumi, yang memiliki perbedaan fundamental namun juga hubungan komplementer dengan Sains Modern (Sains Barat).²² Sains Modern bersifat universal, formal, dan

²⁰ Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Integrasi Model 5E dalam Pembelajaran STEM untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 401-410.

²¹ Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Etnosains dan Relevansinya dalam Pembelajaran IPA Kontekstual. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 401-410.

²² Mutia, R. (2021). Integrasi Etnosains dan Sains Modern dalam Pengembangan Bahan Ajar IPA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(1), 10-18.

metodologis, sedangkan Etnosains bersifat partikular, kontekstual, dan seringkali diwariskan secara lisan. Namun, banyak prinsip Etnosains yang dapat dijelaskan secara ilmiah, menunjukkan bahwa kearifan lokal adalah sumber pengetahuan yang valid dan relevan.

b. Kedudukan Etnosains dalam Pendidikan Sains

Integrasi Etnosains dalam kurikulum sains memiliki kedudukan yang strategis dan mendesak. Salah satu fungsi terpentingnya adalah menjembatani Sains Formal dengan kearifan lokal untuk mengatasi alienasi budaya dalam pendidikan.²³ Ketika siswa belajar sains yang sepenuhnya didominasi konteks Barat, siswa sering merasa asing dengan materi pelajaran karena terputus dari lingkungan dan identitas budayanya. Etnosains mengembalikan relevansi materi sains dengan pengalaman hidup siswa.

Dengan memasukkan Etnosains, pembelajaran menjadi konteks yang bermakna dan relevan bagi siswa.²⁴ Misalnya, konsep biologi yang abstrak dapat dijelaskan melalui praktik pertanian tradisional lokal, atau konsep kimia dijelaskan melalui proses pembuatan makanan khas daerah. Pendekatan ini secara efektif menjamin bahwa pengetahuan baru yang didapatkan siswa dapat dihubungkan dengan skema pengetahuan lama yang berbasis budaya.

c. Fungsi dan Manfaat Etnosains

²³ Rahayu, S. (2020). Integrasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA sebagai Upaya Mewujudkan Pembelajaran Bermakna. *Jurnal Pendidikan Sains*, 7(3), 223-231.

²⁴ Setya, P., & Arifin, S. (2022). Penerapan Etnosains untuk Meningkatkan Relevansi Materi IPA dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 11(2), 150-160.

Etnosains memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai alat pelestarian budaya dan sebagai sumber daya pedagogis. Dalam konteks budaya, Etnosains memainkan peran dalam melestarikan budaya lokal dan menumbuhkan rasa bangga terhadap identitas daerah.²⁵ Ketika pengetahuan tradisional siswa dihargai di ruang kelas, siswa merasa identitasnya diakui.

Sebagai sumber daya pedagogis, Etnosains sangat efektif untuk memfasilitasi konstruksi konsep ilmiah.²⁶ Pengetahuan lokal berfungsi sebagai jembatan kognitif. Guru dapat memulai pembelajaran dari praktik kearifan lokal yang sudah dikenal siswa, kemudian mengarahkannya pada konsep ilmiah universal yang mendasarinya (misalnya, dari cara pengawetan makanan tradisional menuju konsep reaksi kimia dan mikrobiologi). Ini mengubah pembelajaran dari sekadar transfer informasi menjadi proses inkuiri berbasis budaya.

d. Prinsip Pembelajaran Berbasis Etnosains

Untuk mengintegrasikan Etnosains secara efektif, dibutuhkan prinsip pembelajaran yang terfokus. Prinsip utama yang digunakan adalah pendekatan kontekstual dan dialogis.²⁷

- 1) Pendekatan Kontekstual: Pembelajaran harus didasarkan pada lingkungan, budaya, dan masalah nyata di sekitar siswa.

²⁵ Wulandari, S., & Sari, I. P. (2023). Etnosains Sebagai Upaya Pelestarian Kearifan Lokal dan Penanaman Karakter Siswa. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(1), 55-68.

²⁶ Hidayat, M., & Sari, I. P. (2022). Peran Etnosains dalam Konstruksi Konsep Kimia di Sekolah Menengah. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 7(2), 110-121.

²⁷ Muttaqin, S., & Rosana, D. (2021). Prinsip-prinsip Pembelajaran Berbasis Etnosains dalam Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 9(3), 200-210.

Pengetahuan lokal (Etnosains) digunakan sebagai titik awal dan bingkai utama dalam kegiatan inkuiri.

- 2) Pendekatan Dialogis: Proses pembelajaran harus memfasilitasi dialog atau diskusi yang setara antara Pengetahuan Lokal (apa yang dipercaya dan dipraktikkan masyarakat) dengan Sains Modern (penjelasan dan validasi ilmiah). Melalui dialog ini, siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis untuk membandingkan, menganalisis, dan mensintesis kedua jenis pengetahuan tersebut.²⁸ Prinsip ini memastikan bahwa Etnosains tidak hanya dijadikan tempelan materi, melainkan sumber inkuiri ilmiah yang valid.

5. STEM-Etnosains

a. Konsep Integrasi STEM-Etnosains

STEM-Etnosains didefinisikan sebagai pendekatan hibrida yang secara sistematis mengintegrasikan kerangka disipliner STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) dengan Etnosains (kearifan lokal atau pengetahuan pribumi). Pendekatan ini mengakui bahwa pembelajaran akan lebih efektif dan bermakna jika disajikan dalam konteks budaya yang akrab bagi siswa.²⁹ Dengan demikian, Etnosains berfungsi sebagai konteks otentik dan sumber masalah awal untuk memicu proses desain STEM (*Engineering Design Process*).

²⁸ Sari, S., Setiawan, D., & Haryati, S. (2022). Model Pembelajaran Dialogis Berbasis Etnosains untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 221-230.

²⁹ Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Integrasi STEM-Etnosains sebagai Pendekatan Hibrida dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 401-410.

Landasan filosofis integrasi ini terletak pada pandangan bahwa sains adalah aktivitas yang berbasis budaya (*culturally based activity*).³⁰ Artinya, sains universal dapat dipelajari dan dipraktikkan melalui lensa budaya lokal, tidak hanya melalui lensa budaya Barat. Integrasi ini bertujuan untuk mencapai literasi sains kontekstual, di mana siswa mampu mengaplikasikan prinsip ilmiah (STEM) untuk memahami dan memecahkan masalah yang bersumber dari tradisi dan praktik budaya siswa sendiri (Etnosains).

b. Sinergi Komponen Pembelajaran

Pendekatan STEM-Etnosains menciptakan sinergi yang kuat antara sains dan budaya. Etnosains menyediakan masalah dan konteks budaya, menyajikan kearifan lokal (misalnya, teknik pengawetan makanan tradisional, sistem irigasi kuno, atau penggunaan tanaman herbal) sebagai fenomena yang perlu dianalisis atau ditingkatkan.³¹ Misalnya, cara tradisional mengawetkan Mangga Podang dapat dijadikan masalah awal.

Sebaliknya, STEM menyediakan kerangka kerja dan proses (terutama *Engineering dan Technology*) untuk menganalisis, menguji, dan mengembangkan solusi inovatif terhadap masalah yang

³⁰ Sari, S., Setiawan, D., & Haryati, S. (2022). Landasan Filosofis Integrasi STEM dan Etnosains dalam Pendidikan Sains Berbasis Budaya. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 221-230.

³¹ Muttaqin, S., & Rosana, D. (2021). Etnosains Sebagai Sumber Masalah Otentik dalam Engineering Design Process STEM. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 1-10.

disediakan Etnosains tersebut.³² Dalam konteks ini, integrasi empat disiplin ilmu STEM diimplementasikan:

- 1) *Science* digunakan untuk menjelaskan prinsip di balik praktik lokal.
- 2) *Mathematics* digunakan untuk pengukuran atau perhitungan efisiensi.
- 3) *Technology* digunakan untuk alat bantu analisis atau pembuatan prototipe.
- 4) *Engineering* digunakan untuk merancang produk atau proses baru berdasarkan kearifan lokal.

Dengan demikian, Etnosains bertindak sebagai wadah naratif, sementara STEM bertindak sebagai metodologi untuk inkuiri dan inovasi.

c. Keunggulan Pedagogis STEM-Etnosains

Integrasi STEM dan Etnosains menghasilkan sejumlah keunggulan pedagogis yang signifikan:

- 1) Pertama, pendekatan ini secara langsung meningkatkan motivasi dan relevansi pembelajaran IPA.³³ Ketika siswa mempelajari konsep ilmiah melalui produk atau praktik budaya yang siswa kenal, materi tersebut menjadi hidup dan penting bagi identitas

³² Suryawati, E., & Osman, K. (2020). The Role of STEM-Etnosains in Developing Students' Scientific Thinking and Innovation Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(4), 675-695.

³³ Hidayat, M., & Sari, I. P. (2022). Pengaruh Pendekatan STEM-Etnosains terhadap Motivasi Belajar dan Relevansi Materi IPA. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 22-30.

siswa. Hal ini secara efektif mengatasi alienasi budaya yang sering terjadi dalam pembelajaran sains konvensional.

- 2) Kedua, terdapat dampak positif terhadap pengembangan karakter berbasis nilai-nilai lokal.³⁴ Pembelajaran yang menghargai warisan lokal akan menumbuhkan rasa bangga, tanggung jawab, dan sikap kritis terhadap pelestarian budaya.
 - 3) Ketiga, yang paling penting adalah peningkatan keterampilan berpikir kritis-kontekstual.³⁵ Siswa dilatih untuk tidak hanya menerima praktik tradisional tetapi juga menganalisisnya menggunakan lensa ilmiah (STEM). Siswa harus membandingkan kelebihan dan kekurangan pengetahuan lokal dengan solusi modern, merumuskan argumen yang rasional, dan merancang perbaikan yang menghormati konteks budaya.
- d. Kelemahan Pedagogis STEM-Etnosains
- 1) Tantangan Kompetensi dan Kesiapan Guru
 - a) Kurangnya Pemahaman Pedagogis: Guru sulit menjembatani pengetahuan budaya (Etnosains) dengan prinsip STEM formal dan kerangka inkuiri yang terstruktur.
 - b) Minimnya Pelatihan Khusus: Tidak adanya pelatihan profesional yang sistematis membuat guru merasa tidak siap merancang dan melaksanakan pembelajaran Ethno-STEM secara mandiri.

³⁴ Wulandari, S., & Sari, I. P. (2023). Pengembangan Karakter Siswa Melalui Pembelajaran Berbasis Etnosains pada Materi Sains. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(1), 55-68.

³⁵ Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis-Kontekstual Siswa Melalui Pendekatan STEM-Etnosains. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 411-420.

2) Keterbatasan Sumber Daya dan Dukungan Infrastruktur

- a) Kekurangan Bahan Ajar Valid: Ketersediaan modul, buku ajar, atau LKPD yang mengintegrasikan STEM dan Etnosains dengan validitas ilmiah dan budaya sangat terbatas.
- b) Kendala Akses Sumber Belajar Hidup: Sulitnya akses ke tokoh adat, situs budaya, atau artefak sebagai objek penelitian, yang membatasi kedalaman penghayatan nilai lokal siswa.

3) Kendala Waktu dan Kesulitan Pengukuran

- a) Hambatan Waktu Kurikulum: Model berbasis proyek (PjBL) atau inkuiri dalam Ethno-STEM membutuhkan waktu lebih lama, yang sering bertentangan dengan target kurikulum yang padat, menghambat analisis kritis-kontekstual yang mendalam.
- b) Kesulitan Pengukuran Hasil Belajar Holistik: Belum tersedianya instrumen evaluasi yang valid untuk mengukur capaian ganda (konsep STEM modern dan peningkatan sikap/keterampilan berbasis nilai lokal).

6. Pengembangan Modul Pembelajaran (Prosedur Pengembangan Modul dan Hakikat Modul)

a. Hakikat dan Fungsi Modul Pembelajaran

Modul Pembelajaran didefinisikan sebagai paket bahan ajar yang terstruktur dan sistematis, dirancang agar siswa dapat belajar

secara mandiri (*self-instructional*) untuk mencapai tujuan pembelajaran spesifik.³⁶ Modul berbeda dari buku teks konvensional karena modul memiliki tujuan instruksional yang jelas dan memandu siswa melalui serangkaian aktivitas belajar. Instansi pendidikan, seperti yang tercermin dalam panduan kurikulum, menegaskan modul sebagai alat penting untuk mendukung pembelajaran yang fleksibel dan berorientasi pada proyek.³⁷

Modul pembelajaran yang dirancang berbasis etnosains tidak hanya menekankan pada pemahaman konsep-konsep ilmiah, tetapi juga bagaimana konsep tersebut telah lama diterapkan dalam kehidupan masyarakat lokal. Pendekatan ini dapat membantu siswa menghubungkan ilmu sains dengan pengalaman sehari-hari siswa, sehingga meningkatkan relevansi dan makna pembelajaran.³⁸

Fungsi utama modul adalah sebagai bahan ajar yang bersifat mandiri. Fungsi ini memungkinkan siswa untuk mengatur kecepatan belajar siswa sendiri (*self-paced learning*), memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengulang materi yang sulit atau mempercepat materi yang sudah dikuasai.³⁹ Selain itu, modul berfungsi sebagai alat bantu bagi guru untuk memfasilitasi pembelajaran kontekstual dan

³⁶ Rusman, R. (2020). Model-Model Pembelajaran: Mengembangkan Profesionalisme Guru. Rajawali Pers, 72.

³⁷ Hanafiah, N., & Rusman, R. (2023). Peran Pengembangan Modul Ajar dalam Implementasi Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(2), 120-135.

³⁸ Aziza Anggi et al., "Efektivitas Modul Pembelajaran IPA Berbasis Etnosains Dalam Meningkatkan Aspek Sikap Sains," *Jurnal pendidikan Indonesia: Teori, Penelitian, dan Inovasi*, n.d.

³⁹ Muttaqin, S., & Rosana, D. (2021). Modul Pembelajaran dalam Konteks Diferensiasi Kelas dan Pembelajaran Mandiri. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 1-10.

berbasis aktivitas, memastikan bahwa setiap siswa menerima pengalaman belajar yang terarah dan lengkap.

b. Karakteristik Modul yang Efektif

Adapun karakteristik modul yang efektif adalah sebagai berikut:

- 1) Tujuan Jelas: Memiliki tujuan pembelajaran spesifik dan terukur (*SMART*) di awal.
- 2) Materi Relevan: Konten harus akurat dan langsung berhubungan dengan tujuan belajar.
- 3) Struktur Terpandu: Disusun secara logis, memandu pelajar langkah demi langkah.
- 4) Umpan Balik Segera: Menyediakan kunci jawaban atau penjelasan yang memungkinkan koreksi diri segera.
- 5) Variasi Aktivitas: Mencakup berbagai bentuk latihan (aplikasi, analisis, praktik) yang menarik.
- 6) Evaluasi Valid: Alat penilaian (tes/kuis) benar-benar mengukur pencapaian tujuan.
- 7) Bahasa Pembaca: Menggunakan bahasa yang sesuai dengan tingkat pemahaman target pelajar.
- 8) Rancangan Visual: Tata letak dan visualisasi yang rapi, mudah dibaca, dan tidak membosankan.

c. Komponen Struktur Modul

Struktur baku modul harus dirancang sedemikian rupa sehingga siswa dapat menggunakannya secara mandiri dan

sistematis.⁴⁰ Komponen esensial yang harus dimuat dalam modul, disajikan secara urut dan logis, meliputi:

- 1) Petunjuk Penggunaan: Panduan eksplisit bagi siswa dan guru tentang langkah-langkah penggunaan modul secara efektif.
- 2) Capaian Pembelajaran dan Tujuan Pembelajaran: Pernyataan yang jelas mengenai pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang harus dicapai siswa.
- 3) Kegiatan Belajar: Inti dari modul yang memuat materi, petunjuk langkah demi langkah untuk aktivitas, diskusi, dan kegiatan proyek/inkuiri.
- 4) Lembar Kerja/Proyek: Bagian yang berisi tugas-tugas praktis atau panduan pelaksanaan proyek rekayasa yang terintegrasi.
- 5) Rangkuman: Ringkasan konsep-konsep utama yang dipelajari dalam setiap kegiatan.
- 6) Evaluasi: Instrumen penilaian (tes formatif, soal-soal, atau rubrik penilaian proyek) untuk mengukur pemahaman dan penguasaan kompetensi siswa.

d. Kelebihan Modul

Kelebihan modul dalam pembelajaran menurut Harta, Tenggara, & Kartasura (2014) diantaranya yaitu:

- 1) Modul dapat memberikan umpan balik sehingga peserta didik mengetahui kekurangannya dan segera melakukan perbaikan.

⁴⁰ Hidayat, M., & Sari, I. P. (2022). Struktur Modul Pembelajaran IPA Berbasis Kontekstual. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 22-30.

- 2) Sebuah modul mempunyai tujuan pembelajaran yang jelas sehingga kinerja peserta didik terarah dalam mencapai tujuan pembelajaran.
 - 3) Modul yang didesain menarik, mudah untuk dipelajari, dan dapat menjawab kebutuhan tentu akan menimbulkan motivasi siswa untuk belajar.
 - 4) Modul bersifat fleksibel karena materi modul dapat dipelajari oleh siswa dengan cara dan kecepatan yang berbeda.
 - 5) Kerjasama dapat terjalin karena dengan modul persaingan dapat diminimalisir dan antara peserta didik.
 - 6) Remidi dapat dilakukan karena modul memberikan kesempatan yang cukup bagi peserta didik untuk dapat menemukan sendiri kelemahannya berdasarkan evaluasi yang diberikan.
- e. Kelemahan Modul

Menurut Morrison, Ross, & Kemp (dalam Harta, Tenggara, & Kartasura, 2014), modul memiliki kelemahan pada saat penggunaannya di pembelajaran, yaitu:

- 1) Interaksi antar peserta didik berkurang sehingga perlu jadwal tatap muka atau kegiatan kelompok.
- 2) Pendekatan tunggal menyebabkan monoton dan membosankan karena itu perlu permasalahan yang menantang, terbuka dan bervariasi.

- 3) Kemandirian yang bebas menyebabkan peserta didik tidak disiplin dan menunda mengerjakan tugas karena itu perlu membangun budaya belajar dan batasan waktu.
- 4) Perencanaan harus matang, memerlukan kerjasama tim, memerlukan dukungan fasilitas, media, sumber dan lainnya.
- 5) Persiapan materi memerlukan biaya yang lebih mahal bila dibandingkan dengan metode ceramah.

7. Studi Potensi Lokal Kediri “Mangga Podang”

a. Gambaran Umum Kediri dan Potensi Unggulan

Kota dan Kabupaten Kediri merupakan wilayah yang kaya akan komoditas pertanian unggulan, di mana Mangga Podang telah ditetapkan sebagai ikon dan komoditas hortikultura utama.⁴¹ Mangga Podang dikenal karena aromanya yang khas dan cita rasanya yang manis, menjadikannya produk unggulan yang memiliki signifikansi ekonomi yang tinggi bagi masyarakat setempat. Secara geografis, kondisi tanah dan iklim di Kediri sangat mendukung pertumbuhan Mangga Podang, sehingga kawasan ini menjadi sentra produksi yang memasok pasar regional maupun nasional.

Studi potensi lokal ini penting karena Mangga Podang tidak hanya sekadar produk pertanian, tetapi juga merepresentasikan aset daerah yang dapat diintegrasikan ke dalam kurikulum pendidikan. Keberadaan Mangga Podang memengaruhi sistem ekonomi, sosial,

⁴¹ Haryati, S., Setiawan, D., & Sari, S. (2022). Integrasi Potensi Lokal Mangga Podang Kediri dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 221-230.

dan budaya masyarakat Kediri, menjadikannya konteks yang kaya dan otentik untuk pembelajaran.

b. Aspek Etnosains “Mangga Podang”

Dalam konteks Etnosains, Mangga Podang kaya akan kearifan lokal yang diwariskan secara turun-temurun. Kearifan ini mencakup sistem penanaman (misalnya, pemilihan waktu tanam dan pemupukan alami), teknik pemanenan tradisional untuk memastikan kualitas buah, hingga pemanfaatan dalam kuliner lokal (misalnya, pembuatan manisan atau sambal mangga muda).⁴²

Selain praktik, Mangga Podang juga terkait dengan cerita atau nilai-nilai budaya. Misalnya, proses pematangan buah secara alami atau praktik berbagi hasil panen diyakini membawa nilai-nilai ketekunan, kesabaran, dan kebersamaan.

c. Analisis Konsep IPA dalam Proses Mangga Podang

Mangga Podang menyediakan berbagai konsep IPA yang relevan dan dapat dikaji secara mendalam.⁴³

- 1) Biologi: Konsep fotosintesis (proses produksi makanan pada pohon mangga), pertumbuhan dan perkembangan tanaman (tahapan dari bunga menjadi buah), serta ekosistem (hubungan pohon mangga dengan organisme lain) dapat dipelajari secara langsung dari Mangga Podang.

⁴² Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Etnosains Mangga Podang: Kearifan Lokal sebagai Sumber Belajar Kontekstual. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 401-410.

⁴³ Mutia, R. (2021). Analisis Kandungan Kimia dan Nutrisi Mangga Podang sebagai Sumber Belajar IPA. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 1-10.

- 2) Kimia: Buah mangga merupakan objek ideal untuk mempelajari konsep zat kimia alami dan kandungan nutrisi (misalnya, kandungan vitamin C, karbohidrat, dan antioksidan). Selain itu, proses pematangan atau fermentasi buah melibatkan perubahan kimia yang kompleks, di mana pati diubah menjadi gula, dan dapat dikaitkan dengan materi Zat Aditif Alami (gula buah).

Dengan demikian, Mangga Podang berfungsi sebagai laboratorium alami untuk materi Biologi (Pertumbuhan) dan Kimia (Senyawa Kimia dalam Makanan/Zat Aditif).

d. Analisis Aspek Teknologi dan Rekayasa Mangga Podang

Selain sains dasar, Mangga Podang juga relevan untuk mengkaji aspek Teknologi dan Rekayasa. Teknologi berperan dalam pengemasan, pengawetan, atau pengolahan hasil Mangga Podang di tingkat industri, seperti pembuatan puree, sirup, atau dodol.⁴⁴ Analisis teknologi ini memungkinkan siswa melihat aplikasi ilmu pengetahuan dalam skala besar.

Dari sisi Rekayasa (*Engineering*), terdapat potensi inovasi yang besar. Masalah seperti kerusakan pasca panen (Mangga Podang mudah busuk) dan kebutuhan untuk menjaga kualitas buah selama distribusi dapat dijadikan tantangan rekayasa. Siswa dapat dilibatkan dalam merancang sistem penyimpanan yang lebih efisien, mengembangkan kemasan yang ramah lingkungan, atau mendesain

⁴⁴ Muttaqin, S., & Rosana, D. (2021). Penerapan Konsep Teknologi dan Rekayasa dalam Pengolahan Produk Hortikultura Lokal. *Jurnal Pendidikan Sains dan Teknologi*, 10(3), 150-160.

alat pengering/pengolah buah sederhana untuk meningkatkan daya simpan dan efisiensi pasca panen.⁴⁵

e. Relevansi “Mangga Podang” sebagai Sumber Belajar

Relevansi Mangga Podang sebagai sumber belajar sangat kuat karena menyediakan konteks otentik dan multi-disiplin.⁴⁶ Pembelajaran IPA yang menggunakan konteks Mangga Podang tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep Biologi dan Kimia, tetapi juga secara bersamaan mengasah keterampilan berpikir kritis dan memecahkan masalah. Justifikasi utama adalah:

- 1) Kontekstualisasi Kurikulum: Mangga Podang berfungsi sebagai media konkret yang menjembatani materi kurikulum (misalnya, Zat Aditif, Pertumbuhan) dengan kehidupan siswa.
- 2) Stimulasi Inkuiri: Masalah-masalah yang terkait dengan Mangga Podang (misalnya, bagaimana mencegah pembusukan) secara otomatis memicu pertanyaan ilmiah dan tantangan rekayasa yang sesuai dengan pendekatan STEM-Etnosains.

8. Modul Pembelajaran IPA berbasis STEM-Etnosains Potensi Lokal Kediri “Mangga Podang”

a. Definisi dan Tujuan Modul Inovatif

Modul Pembelajaran IPA berbasis STEM-Etnosains konteks “Mangga Podang” didefinisikan sebagai produk akhir penelitian pengembangan ini. Modul ini merupakan paket bahan ajar mandiri

⁴⁵ Wulandari, S., & Sari, I. P. (2023). Perancangan Alat Pengering Sederhana untuk Mangga Podang dengan Pendekatan Engineering Design. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(1), 55-68.

⁴⁶ Hidayat, M., & Sari, I. P. (2022). Relevansi Sumber Belajar Lokal untuk Pembelajaran IPA yang Berpusat pada Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 22-30.

yang secara eksplisit mengintegrasikan pendekatan interdisipliner STEM dengan kearifan lokal Mangga Podang (Etnosains) untuk mengajarkan konsep IPA yang relevan (misalnya, Zat Aditif atau Biologi Tanaman).⁴⁷ Inovasi ini dirancang untuk mengatasi masalah disonansi budaya dan pembelajaran yang tidak kontekstual.

Tujuan utama dari modul ini adalah meningkatkan pemahaman konsep IPA siswa, yang didukung oleh peningkatan keterampilan kritis-kolaboratif (4C).⁴⁸ Melalui pemanfaatan Mangga Podang sebagai konteks utama, modul ini bertujuan agar siswa tidak hanya menghafal konsep, tetapi mampu menganalisis masalah pasca panen Mangga Podang, merumuskan solusi rekayasa, dan bekerja sama dalam tim semua berdasarkan pada praktik lokal yang ada.

b. Integrasi Konteks Mangga Podang dalam STEM-Etnosains

Mangga Podang berfungsi sebagai jembatan integrasi antara Etnosains dan STEM. Pola integrasi ini menciptakan hubungan sebab-akibat yang logis:⁴⁹

- 1) Etnosains sebagai Titik Awal Penyelidikan: Kearifan lokal Mangga Podang (misalnya, cara tradisional pemanenan, teknik pengawetan alami, atau masalah pembusukan pasca panen) berfungsi sebagai titik awal penyelidikan ilmiah (*engage*).

⁴⁷ Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Integrasi STEM-Etnosains sebagai Pendekatan Hibrida dalam Pengembangan Modul IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 401-410.

⁴⁸ Hidayat, M., & Sari, I. P. (2022). Peran Modul STEM Berbasis Kontekstual dalam Peningkatan Keterampilan Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(1), 22-30.

⁴⁹ Muttaqin, S., & Rosana, D. (2021). Etnosains Mangga Podang sebagai Sumber Masalah Otentik dalam Engineering Design Process. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 1-10.

Praktik tradisional ini diangkat menjadi masalah yang menantang siswa untuk dianalisis validitas ilmiahnya.

- 2) Mangga Podang Menyediakan Masalah Rekayasa: Masalah nyata yang melekat pada Mangga Podang (misalnya, waktu panen yang tidak tepat atau daya simpan yang rendah) diubah menjadi masalah rekayasa yang diselesaikan dengan proses STEM. Contohnya, siswa dapat ditantang untuk merancang alat pendeteksi kematangan mangga yang lebih akurat (*Engineering*) atau membuat kemasan yang efektif (*Technology*) untuk memperpanjang umur simpan Mangga Podang.⁵⁰

Sinergi ini memastikan bahwa konsep IPA dan keterampilan rekayasa dipelajari secara aplikatif, bukan hanya teoritis.

c. Penerapan Model 5E dalam Modul

Modul ini menggunakan Model Siklus Belajar 5E sebagai alur instruksional utamanya, dengan Mangga Podang sebagai tema sentral di setiap fase. Penerapan spesifik 5E dalam konteks Mangga Podang meliputi:⁵¹

- 1) *Engage* (Keterlibatan): Guru menyajikan masalah autentik, seperti tingginya tingkat pembusukan Mangga Podang setelah panen atau praktik penggunaan zat aditif berbahaya dalam produk olahan mangga di pasar.

⁵⁰ Wulandari, S., & Sari, I. P. (2023). Perancangan Alat Pengukur Kualitas Buah Lokal dengan Pendekatan Engineering Design. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(1), 55-68.

⁵¹ Sari, S., Setiawan, D., & Haryati, S. (2022). Penerapan Model 5E Berbasis Etnosains dalam Pembelajaran Sains. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(2), 221-230.

- 2) *Explore* (Eksplorasi): Siswa melakukan investigasi atau praktikum, seperti menguji kandungan vitamin C atau mengamati perubahan fisik-kimia selama proses pematangan Mangga Podang.
 - 3) *Explain* (Penjelasan): Siswa merumuskan konsep ilmiah (misalnya, peran antioksidan, proses fermentasi) berdasarkan data hasil eksplorasi Mangga Podang.
 - 4) *Elaborate* (Elaborasi): Siswa menerapkan konsep dengan berpartisipasi dalam proyek mendesain produk olahan Mangga Podang baru (misalnya, sirup dengan pengawet alami) dan membangun prototipe.
 - 5) *Evaluate* (Evaluasi): Penilaian dilakukan terhadap pemahaman konsep dan kualitas prototipe yang dihasilkan siswa.
- d. Keunggulan dan Kontribusi ModulModul Pembelajaran IPA berbasis STEM-Etnosains “Mangga Podang” ini memiliki keunggulan komparatif yang signifikan dibandingkan bahan ajar konvensional.⁵² Modul ini tidak hanya relevan secara kontekstual dan interaktif (melalui proyek 5E), tetapi juga terintegrasi secara interdisipliner, mencakup aspek Biologi, Kimia, Teknologi, dan Rekayasa dalam satu unit belajar. Kontribusi kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada:
- 1) Pengembangan bahan ajar yang secara utuh menggabungkan ketiga komponen STEM, Etnosains, dan Modul untuk materi IPA spesifik.

⁵² Hanafiah, N., & Rusman, R. (2023). Keunggulan Modul Pembelajaran Interaktif dalam Implementasi Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(2), 120-135.

- 2) Validasi bahwa potensi lokal Mangga Podang dapat dijadikan sumber belajar yang efektif dan sistematis.
- 3) Menyediakan solusi praktis bagi guru untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 siswa melalui konteks budayanya sendiri.⁵³ Modul ini diharapkan dapat meningkatkan hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, dan apresiasi siswa terhadap kearifan lokal.

9. Zat Aditif dalam Makanan dan Minuman

- a. Zat Aditif dalam Makanan dan Minuman (Aspek Kimia dan Kesehatan)

1) Definisi Zat Aditif



Gambar 2.1 Zat Aditif dalam Makanan dan Minuman

Zat Aditif, atau Bahan Tambahan Pangan (BTP), didefinisikan sebagai bahan yang tidak dikonsumsi sebagai pangan secara langsung, tetapi sengaja ditambahkan ke dalam pangan untuk memengaruhi sifat atau bentuk pangan, termasuk

⁵³ Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Kontribusi Penelitian Pengembangan Modul Etnosains terhadap Inovasi Bahan Ajar. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 411-420.

mutu, daya simpan, dan penampakkannya.⁵⁴ Fungsi utama penambahan Zat Aditif adalah memperpanjang daya simpan, memperbaiki cita rasa, warna, dan tekstur produk pangan, menjadikannya kunci dalam industri modern.

2) Klasifikasi Zat Aditif (Fokus Alami vs Buatan)

Zat Aditif diklasifikasikan berdasarkan sumbernya:

- a) Zat Aditif Alami: Diperoleh dari bahan hayati atau mineral. Contohnya, gula (pemanis/pengawet), kunyit (pewarna), dan asam sitrat dari buah.⁵⁵
- b) Zat Aditif Buatan/Sintetis: Dibuat melalui proses sintesis kimia. Contohnya, aspartam (pemanis), tartrazin (pewarna), dan natrium benzoat (pengawet). Penggunaan zat sintetis harus di bawah batas aman karena potensi risikonya.

Berdasarkan fungsi, zat aditif dikelompokkan menjadi Pewarna, Pemanis (termasuk pemanis berkalori rendah), Pengawet (berfungsi menghambat mikroba), dan fungsi lainnya seperti Penyedap Rasa.

3) Dampak dan Bahaya Zat Aditif

Penggunaan Zat Aditif membawa Dampak Positif berupa peningkatan stabilitas produk, ketersediaan pangan yang lebih lama, dan peningkatan nilai gizi (fortifikasi). Namun, risiko kesehatan muncul dari Dampak Negatif:

⁵⁴ Rorong, J. A., & Wilar, W. F. (2020). Studi Tentang Aplikasi Zat Aditif Pada Makanan yang Beredar di Pasaran Kota Manado. *Techno Science Journal*, 4(1), 1-10.

⁵⁵ Emilia, I., *et al.* (2020). Pengenalan zat aditif pada makanan dan dampaknya terhadap kesehatan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 26(2), 65-68.

- a) Bahaya Zat Aditif Buatan: Konsumsi berlebihan dapat memicu reaksi alergi, gangguan saraf, bahkan potensi bersifat karsinogenik dalam jangka panjang.
 - b) Dampak Penyalahgunaan Zat Aditif yang Dilarang: Penggunaan bahan kimia non-pangan seperti Formalin, Boraks, dan Rhodamin B pada makanan merupakan isu keamanan pangan serius karena bersifat toksik dan dapat menyebabkan kerusakan organ internal.
 - c) Pentingnya Literasi Pangan ditekankan sebagai kemampuan kritis konsumen untuk membaca label nutrisi guna mengidentifikasi dan menghindari zat aditif berbahaya.
- b. Studi Potensi Lokal Kediri "Mangga Podang" (Konteks Zat Aditif)

1) Gambaran Umum Mangga Podang

Di wilayah Kediri, Mangga Podang dikenal sebagai komoditas hortikultura utama serta menjadi simbol khas daerah tersebut. Yang dikenal karena keunggulan rasa dan aromanya. Ketersediaan Mangga Podang dalam jumlah besar menjadikannya bahan baku penting bagi industri pengolahan pangan lokal, mulai dari manisan hingga produk.⁵⁶ Signifikansi ini membuat Mangga Podang sangat relevan sebagai konteks pembelajaran.

2) Aspek Etnosains Mangga Podang dan Zat Aditif Alami

⁵⁶ Jarul Dina Wahyu Niken et al., *Karakteristik Varian Mangga Podang Asal Kediri dan Potensi Olahannya*, n.d.

Kearifan lokal (Etnosains) masyarakat Kediri terkait Mangga Podang meliputi teknik pengawetan tradisional (misalnya pengeringan dan penggunaan rempah) dan pemanfaatan dalam kuliner. Praktik ini menunjukkan penggunaan Zat Aditif Alami secara turun-temurun. Melalui identifikasi dan analisis, konsep Zat Aditif Alami yang terkandung/digunakan dalam Mangga Podang secara tradisional (misalnya, gula buah sebagai pemanis/pengawet alami) dapat divalidasi secara ilmiah.⁵⁷

3) Analisis Konsep IPA: Zat Aditif dalam Mangga Podang

Mangga Podang menjadi media sempurna untuk mengkaji konsep IPA:

- a) Kajian Kimia: Analisis Mangga Podang mencakup identifikasi Zat Pemanis Alami (sukrosa, fruktosa), Pewarna Alami (karotenoid), dan Pengawet Alami (asam organik) yang ada pada buah dan hasil olahannya.⁵⁸
- b) Kajian Biologi: Proses pematangan buah (misalnya, perubahan dari pati menjadi gula) melibatkan perubahan kimia yang merupakan bagian dari materi IPA.

4) Isu Rekayasa Pangan dalam Industri Mangga Podang

Meskipun Mangga Podang kaya zat aditif alami, muncul isu rekayasa pangan berupa potensi atau praktik penyalahgunaan

⁵⁷ Supriadi, E., & Rahayu, Y. S. (2023). Etnosains Mangga Podang: Kearifan Lokal sebagai Sumber Belajar Kontekstual. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 9(4), 401-410.

⁵⁸ Mutia, R. (2021). Analisis Kandungan Kimia dan Nutrisi Mangga Podang sebagai Sumber Belajar IPA. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 7(1), 1-10.

Zat Aditif Buatan/Dilarang dalam produk olahan Mangga Podang di pasar untuk menekan biaya produksi dan memperpanjang masa simpan.⁵⁹ Isu ini melahirkan Potensi proyek rekayasa (*Engineering*) di mana siswa dapat merancang solusi, seperti prototipe resep pengganti aditif buatan dengan ekstrak alami dari Mangga Podang, guna menghasilkan produk pangan yang aman dan sehat.

c. Pendekatan Pembelajaran Kontekstual (STEM-Etnosains)

1) Konsep STEM

STEM adalah pendekatan yang mengintegrasikan Sains, Teknologi, *Engineering*, dan Matematika, berfokus pada *Engineering Design Process* (EDP) sebagai alat pemecahan masalah. EDP relevan untuk mendesain produk olahan pangan yang aman karena melibatkan langkah analisis masalah (keamanan pangan), perancangan solusi (resep baru), dan pengujian prototipe.⁶⁰

2) Konsep Etnosains

Etnosains adalah sains yang berbasis budaya, yang berkedudukan penting dalam pendidikan karena menjembatani sains formal dengan kearifan lokal. Pendekatan ini menggunakan prinsip dialogis, membandingkan praktik pengolahan tradisional

⁵⁹ Wulandari, S., & Sari, I. P. (2023). Perancangan Alat Pengukur Kualitas Buah Lokal dengan Pendekatan Engineering Design. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 10(1), 55-68.

⁶⁰ Suryawati, E., & Osman, K. (2020). Integrating STEM Education: A Systematic Review of Research Trends. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(4), 675-695.

(Etnosains Mangga Podang) dengan ilmu kimia modern (Sains Modern) untuk membangun pemahaman yang kritis dan relevan.

3) Integrasi STEM-Etnosains (Konteks Zat Aditif)

Integrasi ini menggunakan Etnosains Mangga Podang sebagai konteks otentik untuk masalah rekayasa STEM (misalnya, masalah daya simpan manisan Mangga Podang). Kearifan lokal dijadikan starting point inkuiri, dan EDP digunakan untuk merancang produk olahan tanpa pengawet buatan. Keunggulan pedagogisnya adalah peningkatan relevansi, motivasi, dan penguatan keterampilan berpikir kritis-kontekstual siswa dalam menganalisis keamanan pangan.

d. Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis STEM-Etnosains

1) Hakikat dan Fungsi Modul Pembelajaran

Modul didefinisikan sebagai bahan ajar yang bersifat mandiri (*self instructional*), dirancang secara sistematis agar siswa dapat belajar tanpa harus bergantung penuh pada guru. Modul memiliki peran sentral dalam memfasilitasi pembelajaran diferensiasi dan inkuiri yang berfokus pada proyek STEM.⁶¹

2) Struktur Modul Inovatif

Modul yang efektif harus memiliki struktur yang memadai, meliputi: Petunjuk Penggunaan, Tujuan Pembelajaran, Kegiatan Belajar (yang terstruktur dengan alur 5E), Lembar Kerja

⁶¹ Nirmala Septiantika Putri, "ANALISIS IMPLEMENTASI MODUL AJAR BERBASIS KURIKULUM MERDEKA PADA ELEMEN DESAIN PERMODELAN BANGUNAN DI SMKN 1 SIDOARJO," .. Volume 10 (2024).

Proyek Uji Zat Aditif (menggunakan Mangga Podang sebagai sampel), Rangkuman, dan Evaluasi. Struktur ini mendukung pembelajaran berbasis proyek dan mandiri.⁶²

3) Kontribusi dan Keunggulan Modul STEM-Etnosains (Zat Aditif)

Keunggulan modul ini dibandingkan bahan ajar konvensional adalah sifatnya yang interdisipliner, relevan, interaktif, dan menggunakan konteks lokal Mangga Podang untuk memecahkan masalah Zat Aditif. Kontribusi Kebaruan (*Novelty*) penelitian ini adalah pengembangan bahan ajar yang secara utuh menggabungkan STEM, Etnosains, dan konteks Mangga Podang sebagai solusi terhadap rendahnya literasi sains dan keterampilan kritis siswa pada materi Zat Aditif.

⁶² Merti Triyanti and Sulistiyono Sulistiyono, "PENGEMBANGAN MODUL IPA BERBASIS PROJECT BASED LEARNING (PJBL) UNTUK MENINGKATKAN PENGETAHUAN FAKTUAL DAN KONSEPTUAL SISWA SMP KELAS VIII," *Jurnal Perspektif Pendidikan* 17, no. 2 (2023): 270–80, <https://doi.org/10.31540/jpp.v17i2.2624>.