

BAB II

LANDASAN TEORI

2. 1 Tantangan Pembelajaran IPA

Pendidikan IPA memainkan peran strategis dalam mengembangkan keterampilan berpikir ilmiah dan sikap kritis siswa. Penguasaan *Nature of Science* (NoS) merupakan kompetensi kunci untuk mempersiapkan generasi yang melek sains, mampu melakukan penalaran logis, dan memiliki kesadaran ilmiah terhadap fenomena alam.¹⁸ Sifat ilmu pengetahuan mencakup pemahaman tentang apa itu sains, bagaimana sains bekerja, dan bagaimana sains berinteraksi dengan masyarakat. Dengan demikian, sains tidak hanya dipahami sebagai kumpulan konsep, tetapi juga sebagai proses berpikir, metodologi ilmiah, dan nilai-nilai yang mendasari pembentukan pengetahuan ilmiah.

Namun, pendidikan IPA di sekolah masih menghadapi tantangan dalam memahami konsep-konsep abstrak, terutama yang berkaitan dengan suhu, panas, dan pemuatan.¹⁹ Konsep-konsep ini seringkali sulit dipahami oleh siswa karena tidak dapat diamati secara langsung dalam kehidupan sehari-hari. Situasi ini menyebabkan kesalahpahaman dan menyulitkan siswa untuk menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan fenomena dunia nyata di lingkungan sekitar mereka.

Selain itu, pendidikan IPA masih didominasi oleh pendekatan yang berpusat pada guru. Hal ini mengakibatkan kurangnya keterlibatan aktif

¹⁸ Siti Nurkamilah and others, 'Potret Pemahaman Guru Dan Siswa Terhadap Hakikat Ilmu Pengetahuan Alam Di Era Pembelajaran Abad Ke-21', 42–50.

¹⁹ Nurkamilah and others.

siswa dalam proses pembelajaran. Penerapan pembelajaran yang berpusat pada siswa juga menghadapi berbagai tantangan, seperti jumlah siswa per kelas yang besar, yang menyulitkan guru untuk memberikan perhatian individual kepada setiap siswa. Selain itu, perbedaan gaya belajar siswa menuntut strategi pengajaran yang lebih bervariasi agar semua siswa dapat berpartisipasi dalam proses pembelajaran secara maksimal.²⁰

Tantangan lainnya adalah rendahnya motivasi siswa untuk belajar IPA yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kesulitan memahami konsep-konsep ilmiah yang abstrak, kurangnya rasa percaya diri siswa, dan rendahnya rasa ingin tahu terhadap materi pelajaran. Selain itu, metode pengajaran yang cenderung monoton dan fasilitas pembelajaran yang terbatas juga berkontribusi terhadap rendahnya minat siswa terhadap sains.

21

Kondisi ini menunjukkan bahwa pendidikan sains belum sepenuhnya bermakna dan kontekstual bagi siswa. Siswa sering kali hanya menghafal konsep tanpa memahami relevansinya dengan kehidupan sehari-hari. Padahal, pembelajaran yang menghubungkan konsep dengan pengalaman dunia nyata dapat secara signifikan meningkatkan pemahaman dan motivasi siswa.²² Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang lebih kontekstual dan berakar pada lingkungan sekitar siswa. Salah

²⁰ Ani Khoirotun Nisa and others, 'Transisi Pembelajaran Teacher Centered Menuju Student Centered: Penguatan Literasi Teknologi Siswa Sekolah Dasar', *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 9.3 SE-Research Articles (2024), 1453–60 <<https://doi.org/10.51169/ideguru.v9i3.920>>.

²¹ Gloria Azhari, Tugiyono Aminoto, and Suharli AJ, 'Analisis Kebutuhan E-Modul Fisika Berbasis Kontekstual Pada Materi Suhu Dan Kalor Bagi Siswa Smp', *Vektor: Jurnal Pendidikan IPA*, 6.2 SE-Article (2025), 21–28 <<https://doi.org/10.35719/vektor.v6i2.200>>.

²² Ultari Amanda Sari, Widia Nadiroha, and Adrias Adrias, 'PELAJARAN IPA DI SEKOLAH DASAR', 8.1 (2025), 111–16.

satu pendekatan yang dapat dimanfaatkan adalah STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) yang diintegrasikan dengan etnosains. Pendekatan ini relevan untuk mengembangkan modul pembelajaran sains yang menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan potensi lokal, seperti Tahu Takwa dari Kediri, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna, dapat diterapkan, dan erat kaitannya dengan kehidupan siswa.

2. 2 Pendekatan STEM dalam Pembelajaran

Dalam pembelajaran pada abad ke-21 ini siswa dituntut agar bisa memiliki kemampuan 4C yang meliputi *critical thinking*, *creativity*, *collaboration*, dan *communication*. Salah satu cara mengembangkannya yaitu dengan menerapkan STEM (*science, technology, engineering, mathematics*) pada pembelajaran karena dapat memfasilitasi siswa untuk menelaah konsep fundamental di kehidupan faktual dalam mendorong keterampilan-keterampilan abad 21.²³

Pembelajaran berbasis STEM bertujuan untuk membentuk proses pembelajaran dapat merangsang siswa untuk berpartisipasi aktif dan mampu mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam menyelesaikan berbagai permasalahan menantang yang dihadapinya.²⁴ Siswa dilatih untuk menjadi pribadi yang mampu menangani permasalahan dan belajar akan hal baru, mampu menghasilkan solusi-solusi kreatif, menjadi seseorang yang mampu mengatur dirinya sendiri (*self-reliant*), mampu berpikir logis dan menjadi

²³ Mariam Hoerunnisa, Shinta Purnamasari, and Andinisa Rahmaniar, 'Jurnal Pendidikan MIPA', 14 (2024).

²⁴ Arief Muttaqiin, 'Pendekatan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Pada Pembelajaran IPA Untuk Melatih Keterampilan Abad 21[STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) Approach to Science Learning to Practice 21st Century Skills]', *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13.1 (2023), 34–45.

seseorang yang literat terhadap teknologi (*technologically literate*). Sehingga STEM memberikan peluang untuk siswa dalam menggabungkan teori dengan praktik melalui praktik desain teknik dan penerapan teknologi ilmiah.

Adapun karakteristik pembelajaran STEM meliputi integratif, *problem solving*, dan berbasis masalah nyata.

- a. Integratif atau lintas disiplin ilmu menggunakan gabungan antara multi disiplin dan interdisiplin dalam pembelajaran, dimana multidisiplin menekankan keterkaitan antar mata pelajaran yang diajarkan secara terpisah sehingga memerlukan kolaborasi antarguru agar siswa memahami hubungan antar konsep, sedangkan interdisiplin berfokus pada penyelesaian masalah nyata dengan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah siswa.
- b. *Problem solving* atau berorientasi pada pemecahan masalah dilakukan dengan mengarahkan siswa sebagai peserta aktif yang harus menyelesaikan masalah yang diberikan dalam proses pembelajaran, dimana siswa harus berpikir secara kritis dengan menggunakan langkah yang terstruktur.²⁵
- c. Berbasis masalah nyata, STEM selalu menggunakan masalah yang relevan dengan kehidupan siswa sehingga tidak hanya memiliki satu jawaban yang benar, namun dapat menghasilkan berbagai jawaban

²⁵ Ratna Farwati and others, 'Integrasi Problem Based Learning Dalam STEM Education Berorientasi Pada Aktualisasi Literasi Lingkungan Dan Kreativitas', 2015, 198–206.

sehingga memicu siswa untuk bereksplorasi dan berinovasi secara mandiri.²⁶

Dalam konteks pembelajaran IPA di sekolah, pendekatan STEM sangat relevan untuk mengatasi permasalahan pembelajaran yang masih bersifat abstrak dan kurang kontekstual. Dengan STEM, konsep IPA seperti suhu, kalor, dan pemuaian dapat dikaitkan dengan fenomena nyata yang terjadi di lingkungan siswa. Salah satu bentuk penerapan yang sesuai adalah mengaitkan konsep tersebut dengan proses produksi pangan lokal seperti Tahu Takwa Kediri. Selain itu, dalam implementasinya pembelajaran STEM dapat dipadukan dengan model pembelajaran 5E (*Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate*). Tahapan *Engage* digunakan untuk membangkitkan minat siswa terhadap fenomena yang diamati, *Explore* untuk melakukan penyelidikan, *Explain* untuk menjelaskan konsep ilmiah, *Elaborate* untuk menerapkan konsep pada konteks lain, dan *Evaluate* untuk menilai pemahaman siswa. Integrasi STEM dan 5E ini memberikan pengalaman belajar yang lebih aktif, terstruktur, dan bermakna bagi siswa.

Dengan demikian, pendekatan STEM tidak hanya berfungsi sebagai strategi pembelajaran, tetapi juga sebagai sarana untuk menghubungkan konsep IPA dengan kehidupan nyata. Dalam penelitian ini, pendekatan STEM digunakan sebagai dasar dalam pengembangan modul pembelajaran IPA berbasis etnosains dengan konteks potensi lokal Kediri yaitu Tahu Takwa, sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan dan dekat dengan pengalaman siswa.

²⁶ Faridah Shahwatul and Satrio Ardiansyah, 'Telaah Bahan Ajar Berbasis Challenge Based Learning Bernuansa STEM Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa', 6 (2023), 52–59.

2. 3 Etnosains

Etnosains berasal dari dua kata bahasa Yunani, yaitu *ethnos* yang berarti 'bangsa' atau 'suku bangsa', dan *scientia* yang berarti 'pengetahuan'. Secara etimologis, etnosains dapat dimaknai sebagai pengetahuan yang dimiliki oleh suatu kelompok etnis atau suku bangsa tertentu yang berkembang melalui interaksi mereka dengan lingkungan alam dan budayanya. Dalam perkembangannya, konsep ini mulai mendapat perhatian serius dari para ilmuwan sejak tahun 1960-an sebagai bagian dari upaya untuk mengakui keberadaan dan nilai pengetahuan tradisional di luar sistem sains Barat. Secara konseptual, etnosains dipahami sebagai sistem pengetahuan masyarakat yang merupakan sains asli (*indigenous science*) hasil bentukan budaya. Sistem pengetahuan ini terwujud dalam tiga bentuk utama, yakni sistem budaya, aktivitas, dan artefak. Pengetahuan semacam ini diperoleh melalui proses interaksi yang intensif antara masyarakat dengan alam di sekitarnya, sehingga menjadikannya sebagai bagian yang tak terpisahkan dari kebudayaan setempat. Dengan kata lain, etnosains tidak dapat direduksi sekadar sebagai kumpulan mitos atau kepercayaan turun-temurun. Lebih dari itu, ia merupakan sistem pengetahuan yang terstruktur secara rapi, memiliki logika berpikir tersendiri, serta dibentuk oleh akumulasi pengalaman kolektif suatu komunitas yang terpelihara selama berabad-abad.²⁷

²⁷Mukti, H., Suastra, I. W., & Aryana, I. B. P. (2022). Integrasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 7(4), 356–362.
<https://doi.org/10.29210/022525jpgi0005>

Etnosains merupakan upaya belajar secara kontekstual dan berbasis lingkungan yang memanfaatkan pengetahuan lokal sebagai pijakan dalam memahami fenomena alam. Pengetahuan lokal tersebut, yang juga dikenal sebagai *indigenous knowledge*, mencerminkan cara pandang suatu masyarakat dalam memahami, menafsirkan, dan berinteraksi dengan alam yang diwariskan secara turun-temurun.²⁸ Syazali, dalam kajian literatur mereka tentang peran kebudayaan dalam pembelajaran IPA di Indonesia mendefinisikan etnosains sebagai pengetahuan masyarakat yang merupakan konstruksi sosial budaya yang diperoleh melalui beragam cara, baik ilmiah maupun non-ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa etnosains memiliki epistemologi yang berbeda dari sains Barat, namun bukan berarti inferior, keduanya memiliki cara tersendiri dalam memperoleh, menguji, dan mewariskan pengetahuan.²⁹ Emda menambahkan bahwa etnosains merupakan strategi pembelajaran yang berakar pada budaya dan kearifan lokal, di mana pengetahuan asli masyarakat dijadikan sebagai konteks untuk membangun pemahaman ilmiah. Dalam perspektif ini, etnosains tidak hanya dipandang sebagai objek kajian ilmiah, tetapi juga sebagai strategi pedagogis yang kaya nilai. Praktik-praktik budaya seperti pembuatan garam tradisional, pembuatan batik, atau ritual pertanian mengandung konsep-konsep sains yang dapat dieksplor dan dihubungkan dengan materi

²⁸Fahrozy, F. P. N., Irianto, D. M., & Kurniawan, D. T. (2022). Etnosains sebagai Upaya Belajar secara Kontekstual dan Lingkungan pada Peserta Didik di Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 4337–4345. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i3.2843>

²⁹Syazali, M., & Umar, U. (2022). Peran Kebudayaan Dalam Pembelajaran IPA Di Indonesia: Studi Literatur Etnosains. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(1), 344–354. <https://doi.org/10.31949/educatio.v8i1.2099>

pembelajaran formal.³⁰ Berdasarkan berbagai definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa etnosains adalah sistem pengetahuan suatu masyarakat atau kelompok etnis tertentu yang diperoleh melalui interaksi mereka dengan alam dan budaya, yang termanifestasi dalam praktik, tradisi, serta artefak budaya, dan memiliki potensi untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran sains modern sebagai konteks yang bermakna dan relevan bagi peserta didik.

Pembelajaran IPA yang selama ini cenderung bersifat abstrak dan terpisah dari kehidupan sehari-hari peserta didik membutuhkan suatu pendekatan yang mampu menjadikannya lebih bermakna dan kontekstual. Etnosains hadir sebagai salah satu jawaban atas tantangan tersebut. Pembelajaran IPA berbasis etnosains mampu menghubungkan antara pengetahuan yang dimiliki peserta didik dari lingkungan budayanya dengan konsep-konsep sains ilmiah yang dipelajari di sekolah.³¹ Integrasi ini menjadikan proses belajar tidak sekadar transfer informasi, melainkan konstruksi pengetahuan yang berangkat dari pengalaman nyata peserta didik. Berikut peran dari etnosains dalam pembelajaran IPA:

a. Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis

Salah satu peran penting etnosains dalam pembelajaran IPA adalah kemampuannya dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Pembelajaran IPA berbasis etnosains secara signifikan

³⁰Emda, A. (2023). Etnosains Strategi Pembelajaran Berbasis Budaya dan Kearifan Lokal. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 1(1), 106–116.

³¹Ningsih, N. K., Nurwahidin, M., & Sudjarwo, S. (2022). Pembelajaran IPA Berbasis Etnosains dalam Tinjauan Filsafat. *Jurnal Pendidikan Dasar dan Sosial Humaniora*, 2(1), 35–48. <https://doi.org/10.53625/jpdsh.v2i1.4097>

dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa sekolah dasar, karena peserta didik diajak untuk membandingkan, menganalisis, dan menyintesis pengetahuan lokal dengan konsep sains ilmiah. Proses ini menuntut peserta didik untuk tidak menerima pengetahuan secara pasif, melainkan aktif mempertanyakan dan mengevaluasi informasi dari berbagai sumber.³²

b. Meningkatkan Literasi Sains

Gumilar dkk. dalam penelitiannya tentang pembelajaran IPA berbasis etnosains pada materi struktur tumbuhan di sekolah dasar menemukan bahwa pendekatan etnosains efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik.³³ Ketika peserta didik mempelajari tanaman obat tradisional yang digunakan dalam budayanya dan kemudian menghubungkannya dengan kandungan senyawa aktif secara ilmiah, mereka tidak hanya memperoleh pengetahuan faktual tetapi juga mengembangkan kemampuan untuk membaca, memahami, dan mengaplikasikan konsep sains dalam konteks kehidupan nyata yang merupakan inti dari literasi sains.

c. Mendukung Implementasi Merdeka Belajar

Dalam kerangka Kurikulum Merdeka, etnosains memiliki posisi strategis. Lidi dkk. menyimpulkan bahwa implementasi etnosains dalam pembelajaran IPA merupakan salah satu wujud nyata dari

³²Sari, S. P., Mapuah, S., & Sunaryo, I. (2021). Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Berbasis Etnosains untuk Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. *EduBase: Journal of Basic Education*, 2(1), 9–18.

³³Gumilar, G., Hidayati, F. R. N., Mindaryani, Y., Desstya, A., & Hidayati, Y. M. (2024). Pembelajaran IPA Berbasis Etnosains pada Materi Struktur Tumbuhan dan Fungsinya di Sekolah Dasar. *EDUPROXIMA: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 6(2). <https://doi.org/10.29100/v6i2.5083>

semangat Merdeka Belajar, karena pendekatan ini memberikan kebebasan kepada guru dan peserta didik untuk mengeksplorasi pengetahuan yang kontekstual dan relevan dengan lingkungan lokal mereka.³⁴ Hal ini sejalan dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, bermakna, dan mengakar pada konteks budaya setempat.

d. Memperkaya Bahan Ajar

Etnosains juga berperan dalam memperkaya bahan ajar IPA dengan konten-konten yang relevan dan autentik. Risamasu, mengembangkan bahan ajar IPA SMP bertemakan perpindahan kalor yang berkonteks etnosains Jayapura, Papua, dan menemukan bahwa bahan ajar tersebut valid dan dapat diterima oleh peserta didik karena mengangkat konteks yang dekat dengan kehidupan mereka.³⁵ Hal ini menunjukkan bahwa etnosains bukan sekadar pendekatan pembelajaran, tetapi juga sumber yang kaya untuk pengembangan materi ajar yang inovatif dan kontekstual.

e. Pembentukan Karakter Peserta Didik

Selain aspek kognitif, etnosains juga berperan dalam pembentukan karakter. Andayani, dalam penelitiannya tentang pendekatan etnosains dalam pelajaran kimia di NTB menemukan bahwa guru-guru menyambut positif penggunaan etnosains untuk pembentukan karakter

³⁴Lidi, M. W., Mbia Wae, V. P. S., & Umbu Kaleka, M. B. (2022). Implementasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA untuk Mewujudkan Merdeka Belajar di Kabupaten Ende. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 206–216. <https://doi.org/10.37478/optika.v6i2.2218>

³⁵Risamasu, P. V. M., Pieter, J., & Gunada, I. W. (2023). Pengembangan Bahan Ajar IPA SMP Tema Perpindahan Kalor Berkonteks Etnosains Jayapura Papua. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(1b). <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i1b.132>

siswa, karena pendekatan ini menanamkan rasa bangga terhadap budaya lokal sekaligus menumbuhkan sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, kritis, dan terbuka. Dengan demikian, pembelajaran berbasis etnosains berkontribusi pada pengembangan peserta didik secara holistik, tidak hanya dari segi pengetahuan tetapi juga sikap dan nilai-nilai karakter.³⁶

Salah satu aspek paling krusial dari etnosains adalah fungsinya sebagai jembatan antara sains ilmiah (*western science*) dan pengetahuan asli masyarakat. Dikotomi antara sains modern dan kearifan lokal kerap menimbulkan kesan bahwa keduanya bertentangan dan tidak dapat dipertemukan. Etnosains hadir untuk meruntuhkan dikotomi ini dengan menunjukkan bahwa keduanya dapat saling melengkapi dan memperkaya satu sama lain. Arrumi dkk. dalam kajian etnosains pada makanan tradisional Melayu Siak mendemonstrasikan bagaimana pengetahuan lokal tentang pengolahan pangan tradisional dapat dianalisis melalui kacamata sains ilmiah untuk mengungkap prinsip-prinsip biokimia, mikrobiologi, dan fisika yang terkandung di dalamnya.³⁷ Proses ini tidak merendahkan pengetahuan lokal, melainkan justru memvalidasi dan memperkuat posisinya dengan memberikan landasan ilmiah. Sebaliknya, sains ilmiah pun diperkaya dengan perspektif baru yang berasal dari kearifan yang telah teruji secara empiris selama generasi. Festiyed dkk. dalam penelitiannya

³⁶ Andayani, Y., Anwar, Y. A. S., & Hadisaputra, S. (2021). Pendekatan Etnosains dalam Pelajaran Kimia untuk Pembentukan Karakter Siswa: Tanggapan Guru Kimia di NTB. *Jurnal Pijar MIPA*, 16(1), 39–43. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i1.2269>

³⁷ Arrumi, K., Syarif, M. I., Harahap, F. D. S., & Atika, R. N. (2024). Kajian Etnosains Asam Buaye Makanan Khas Melayu Siak sebagai Sumber Belajar IPA. *Jurnal Basicedu*, 8(3), 2178–2186. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i3.7597>

tentang pemahaman guru biologi SMA terhadap pendekatan etnosains pada Kurikulum Merdeka menemukan bahwa guru-guru di sekolah penggerak DKI Jakarta menyadari pentingnya etnosains sebagai penghubung antara sains ilmiah dan konteks budaya lokal, meskipun masih menghadapi tantangan dalam mengimplementasikannya.³⁸ Hal ini menunjukkan bahwa kesadaran akan pentingnya fungsi penghubung etnosains telah diakui oleh praktisi pendidikan, dan tantangan yang ada lebih bersifat teknis-pedagogis daripada konseptual.

Dalam konteks Indonesia yang memiliki lebih dari 300 kelompok etnis dengan kearifan lokal yang beragam, fungsi penghubung etnosains ini memiliki nilai strategis yang tinggi. Setiap daerah memiliki praktik-praktik budaya yang mengandung konsep-konsep sains: sistem irigasi subak di Bali mengandung prinsip-prinsip fisika dan ekologi, proses fermentasi dalam pembuatan tempe mengandung konsep mikrobiologi, pembuatan garam tradisional mengandung prinsip fisika dan kimia. Melalui etnosains, kekayaan pengetahuan lokal ini tidak dibiarkan tergerus oleh modernisasi, melainkan direvitalisasi dan diintegrasikan ke dalam sistem pendidikan formal. Pendekatan etnosains secara konsisten terbukti efektif dalam mengoptimalkan pembelajaran sains sekaligus melestarikan kearifan lokal, dengan catatan bahwa implementasinya perlu didukung oleh desain pembelajaran yang terstruktur dan kompetensi guru yang memadai.³⁹

³⁸Festiyed, F., Elvianasti, M., Diliarosta, S., & Anggana, P. (2022). Pemahaman Guru Biologi SMA di Sekolah Penggerak DKI Jakarta terhadap Pendekatan Etnosains pada Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 7(2), 152–163.

³⁹Maria, E., Rosa, F. O., Pratiwi, D., & Suseno, N. (2025). Interactive Ethnoscience-Based E-Modules for Optimizing Science Learning in Indonesia: A Systematic Literature Review. *Juwara: Jurnal Wawasan dan Aksara*, 5(2), 414–426. <https://doi.org/10.58740/juwara.v5i2.673>

Temuan ini menegaskan bahwa fungsi etnosains sebagai penghubung sains dan budaya lokal bukan sekadar gagasan teoretis, melainkan pendekatan yang telah terbukti secara empiris memberikan dampak positif pada kualitas pembelajaran IPA. Dengan demikian, etnosains dalam posisinya sebagai penghubung antara sains ilmiah dan budaya lokal menjalankan setidaknya tiga fungsi utama, yaitu pertama, fungsi epistemologis, yakni menunjukkan bahwa terdapat berbagai cara untuk memperoleh dan memvalidasi pengetahuan tentang alam, kedua, fungsi pedagogis, yakni menjadikan pembelajaran sains lebih bermakna, kontekstual, dan relevan bagi peserta didik, dan ketiga, fungsi kultural, yakni berkontribusi pada pelestarian dan revitalisasi kearifan lokal sebagai bagian dari identitas budaya bangsa.

2. 4 Pendekatan STEM-Etnosains

STEM merupakan singkatan dari *Science, Technology, Engineering*, dan *Mathematics* yang merupakan pendekatan pembelajaran interdisipliner yang mengintegrasikan keempat bidang tersebut secara terpadu dan holistik. Pendekatan STEM dirancang untuk membekali peserta didik dengan keterampilan abad ke-21 yang meliputi kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, kreatif, dan komunikatif dalam menghadapi tantangan era revolusi industri.⁴⁰ Etnosains (ethnoscience) secara etimologis berasal dari kata Yunani *ethnos* yang berarti bangsa dan *scientia* yang berarti pengetahuan. Etnosains merupakan pengetahuan asli yang dimiliki oleh suatu komunitas atau masyarakat yang bersumber dari kearifan lokal,

⁴⁰Nurhasnah, Minda Azhar, Yohandri, & Fitri Arsih. (2022). Etno-STEM dalam Pembelajaran IPA: A Systematic Literature Review. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 10(2), 147–163. <https://doi.org/10.31800/jtp.kw.v10n2.p147--163>

budaya, tradisi, dan praktik kehidupan sehari-hari yang diwariskan secara turun-temurun. Dalam konteks pendidikan sains, etnosains berperan sebagai jembatan yang menghubungkan pengetahuan ilmiah (sains ilmiah) dengan pengetahuan asli masyarakat (sains asli), sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan kontekstual bagi peserta didik.⁴¹ STEM-Etnosains yang juga dikenal sebagai Etno-STEM adalah sebuah pendekatan pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan kerangka STEM dengan muatan kearifan lokal dan budaya masyarakat setempat. Pendekatan ini lahir dari kesadaran bahwa pembelajaran sains tidak dapat dilepaskan dari konteks sosial-budaya di mana peserta didik hidup dan berkembang. Dengan kata lain, STEM-Etnosains merupakan upaya rekonstruksi pengetahuan asli masyarakat (indigenous knowledge) ke dalam kerangka ilmu pengetahuan formal melalui sudut pandang sains, teknologi, teknik, dan matematika.⁴²

STEM-Etnosains memiliki sejumlah karakteristik yang membedakannya dari pendekatan pembelajaran konvensional. Karakteristik tersebut mencerminkan kekhasan pendekatan ini dalam mengintegrasikan budaya lokal ke dalam kerangka pembelajaran STEM yang komprehensif.⁴³ Berikut karakteristik dari STEM-Etnosains:

⁴¹Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-STEM Project-Based Learning: Its Impact to Critical and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11–21. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21754>

⁴²Al Idrus, S. W., dkk. (2022). Implementasi STEM Terintegrasi Etnosains (Etno-STEM) di Indonesia: Tinjauan Meta Analisis. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(4), 2370–2376.

⁴³Fahrozy, F. P. N., Irianto, D. M., & Kurniawan, D. T. (2022). Etnosains sebagai Upaya Belajar secara Kontekstual dan Lingkungan pada Peserta Didik di Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 4337–4345. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i3.2843>

a. Bersifat konstektual dan berbasis budaya lokal

Pembelajaran STEM-Etnosains selalu berangkat dari fenomena, tradisi, atau artefak budaya yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Konteks budaya lokal dijadikan sebagai titik masuk (*entry point*) untuk mempelajari konsep-konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika secara terintegrasi. Hal ini menjadikan pembelajaran lebih relevan dan bermakna karena peserta didik dapat melihat hubungan langsung antara apa yang mereka pelajari dengan kehidupan nyata di sekitar mereka.⁴⁴

b. Bersifat interdisipliner dan terpadu

STEM-Etnosains mengintegrasikan minimal empat disiplin ilmu (sains, teknologi, teknik, dan matematika) dalam satu kerangka pembelajaran yang utuh. Tidak ada pemisahan yang kaku antardisiplin ilmu tersebut, melainkan semuanya saling menopang dan berkaitan dalam konteks kajian budaya lokal yang dipilih. Keterpaduan ini memungkinkan peserta didik untuk berpikir secara holistik dan sistemik.⁴⁵

c. Berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi

Melalui proses rekonstruksi pengetahuan lokal ke dalam kerangka sains ilmiah, peserta didik dilatih untuk menganalisis, mengevaluasi, dan menciptakan pengetahuan baru. Proses ini secara alami mendorong kemampuan berpikir kritis dan kreatif yang merupakan fondasi

⁴⁴Sudarmin, Sumarni, W., & Susilogati, S. (2022). Ethno-STEM and Scientific Literacy: Reconstructing Local Wisdom in Science Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 8(3), 1123–1132. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/download/6422/4288>

⁴⁵Rahman, A., Suharyat, Y., Ilwandri, I., dkk. (2023). Meta-Analisis: Pengaruh Pendekatan STEM Berbasis Etnosains terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Berpikir Kreatif Siswa. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 3(2), 2111–2125.

keterampilan abad ke-21. Sumarni membuktikan bahwa penerapan Etno-STEM berbasis proyek (Etno-STEM PjBL) secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta didik.⁴⁶

- d. Mengedepankan nilai-nilai karakter dan kecintaan terhadap budaya bangsa

Dengan menjadikan kearifan lokal sebagai sumber belajar, STEM-Etnosains secara inheren menumbuhkan rasa bangga dan apresiasi peserta didik terhadap warisan budaya leluhur mereka. Nilai-nilai karakter seperti gotong royong, kearifan ekologis, dan kebijaksanaan lokal terinternalisasi secara alami dalam proses pembelajaran.⁴⁷

Adapun keunggulan STEM-Etnosains dibandingkan pendekatan konvensional antara lain:

- a. Meningkatkan motivasi dan minat belajar peserta didik karena konten pembelajaran dekat dengan pengalaman nyata mereka
- b. Memperkuat literasi sains melalui rekonstruksi pengetahuan lokal ke dalam sains ilmiah
- c. Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan berpikir kreatif secara signifikan
- d. Melestarikan kearifan lokal sekaligus mengembangkan kompetensi sains peserta didik, serta

⁴⁶Sumarni, W., & Kadarwati, S. (2020). Ethno-STEM Project-Based Learning: Its Impact to Critical and Creative Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 11–21.

⁴⁷Mukti, H., Suastra, I. W., & Aryana, I. B. P. (2022). Integrasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA. *JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)*, 7(4), 356–362.
<https://doi.org/10.29210/022525jpgi0005>

- e. Mendukung terwujudnya pendidikan yang berkarakter dan berpijak pada jati diri bangsa.⁴⁸

Implementasi STEM-Etnosains dalam pembelajaran IPA dapat dilakukan melalui berbagai moda dan strategi yang disesuaikan dengan konteks budaya lokal, tingkat pendidikan, serta tujuan pembelajaran yang hendak dicapai. Secara umum, terdapat beberapa langkah pokok yang perlu ditempuh dalam mengintegrasikan etnosains ke dalam kerangka STEM pada pembelajaran IPA.⁴⁹

Langkah pertama adalah identifikasi dan analisis kearifan lokal. Guru atau peneliti mengidentifikasi praktik budaya, tradisi, atau artefak lokal yang relevan dengan materi IPA yang akan diajarkan. Proses identifikasi ini dapat dilakukan melalui kajian pustaka, observasi lapangan, atau wawancara dengan tokoh masyarakat dan pemangku adat. Pada tahap ini, praktik budaya lokal dianalisis untuk menemukan konsep-konsep sains yang terkandung di dalamnya, misalnya proses pembuatan batik yang mengandung konsep kimia, fisika, dan biologi sekaligus.⁵⁰ Langkah kedua adalah rekonstruksi pengetahuan lokal ke dalam sains ilmiah. Pengetahuan lokal yang telah diidentifikasi kemudian direkonstruksi, yakni dikaji dan dijelaskan menggunakan konsep dan teori sains ilmiah yang relevan.

⁴⁸Rahman, A., Suharyat, Y., Ilwandri, I., Santosa, T. A., Sofianora, A., Gunawan, R. G., & Putra, R. (2023). Meta-Analisis: Pengaruh Pendekatan STEM Berbasis Etnosains terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Berpikir Kreatif Siswa. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 3(2), 2111–2125.

⁴⁹Lidi, M. W., Mbia Wae, V. P. S., & Umbu Kaleka, M. B. (2022). Implementasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA untuk Mewujudkan Merdeka Belajar di Kabupaten Ende. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 206–216. <https://doi.org/10.37478/optika.v6i2.2218>

⁵⁰Syazali, M., & Umar, U. (2022). Peran Kebudayaan dalam Pembelajaran IPA di Indonesia: Studi Literatur Etnosains. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, 8(1), 344–354.

Rekonstruksi ini bukan berarti menggantikan atau merendahkan pengetahuan lokal, melainkan membangun jembatan konseptual antara pengetahuan lokal dan pengetahuan ilmiah sehingga keduanya saling melengkapi dan memperkaya pemahaman peserta didik.⁵¹

Langkah ketiga adalah perancangan perangkat dan bahan ajar berbasis STEM-Etnosains. Setelah konsep-konsep IPA yang tersimpan dalam kearifan lokal berhasil diidentifikasi dan direkonstruksi, langkah selanjutnya adalah mengembangkan perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan muatan etnosains tersebut ke dalam kerangka STEM. Nurhasnah dkk. dalam tinjauan literatur sistematis mereka menemukan bahwa trend penelitian Etno-STEM di Indonesia didominasi oleh pengembangan bahan ajar berbasis Etno-STEM, yang meliputi modul, e-modul, buku ajar, LKPD, dan media pembelajaran berbasis budaya lokal.⁵² Langkah keempat adalah implementasi model pembelajaran yang sesuai. STEM-Etnosains dalam pembelajaran IPA paling sering diimplementasikan melalui model *Project-Based Learning* (PjBL) dan *Problem-Based Learning* (PBL). Model PjBL-Etno-STEM memungkinkan peserta didik untuk mengerjakan proyek nyata yang berakar pada budaya lokal, seperti merancang dan membuat produk berbasis teknologi tradisional,

⁵¹Sudarmin, Sumarni, W., & Susilogati, S. (2022). Ethno-STEM and Scientific Literacy: Reconstructing Local Wisdom in Science Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 8(3), 1123–1132.

⁵²Nurhasnah, Azhar, M., Yohandri, & Arsih, F. (2022). Etno-STEM dalam Pembelajaran IPA: A Systematic Literature Review. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 10(2),

menganalisis kandungan gizi makanan khas daerah, atau mengeksplorasi konsep fisika dalam permainan tradisional.⁵³

Dalam konteks Kurikulum Merdeka, implementasi STEM-Etnosains sangat relevan dan sejalan dengan semangat kurikulum tersebut yang mendorong pembelajaran berbasis proyek, kontekstual, dan berorientasi pada Profil Pelajar Pancasila. Lidi dkk. menunjukkan bahwa implementasi etnosains dalam pembelajaran IPA di Kabupaten Ende berhasil mewujudkan semangat merdeka belajar, di mana peserta didik diberi kebebasan untuk mengeksplorasi pengetahuan sains melalui lensa budaya lokal mereka sendiri.⁵⁴ Selain itu, implementasi STEM-Etnosains juga dapat dilakukan melalui pendekatan inkuiri berbasis etnosains, di mana peserta didik diajak untuk melakukan penyelidikan ilmiah terhadap fenomena atau praktik budaya lokal. Peserta didik merumuskan pertanyaan, merancang dan melaksanakan percobaan, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan bukti-bukti ilmiah yang diperoleh dari konteks budaya lokal. Fahrozyd dkk. menegaskan bahwa pembelajaran berbasis etnosains yang bersifat kontekstual terbukti lebih efektif dalam membangun pemahaman konsep yang mendalam dibandingkan dengan pembelajaran konvensional yang bersifat abstrak.⁵⁵

⁵³Al Idrus, S. W., Savalas, L. R. T., Fahrurrozi, Hadisaputra, S., & Suharta, I. G. P. (2022). Implementasi STEM Terintegrasi Etnosains (Etno-STEM) di Indonesia: Tinjauan Meta Analisis. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 7(4), 2370–2376..

⁵⁴Lidi, M. W., Mbia Wae, V. P. S., & Uumbu Kaleka, M. B. (2022). Implementasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA untuk Mewujudkan Merdeka Belajar di Kabupaten Ende. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 206–216.

Fahrozy, F. P. N., Irianto, D. M., & Kurniawan, D. T. (2022). Etnosains sebagai Upaya Belajar secara Kontekstual dan Lingkungan pada Peserta Didik di Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(3), 4337–4345.

Dengan demikian, implementasi STEM-Etnosains dalam pembelajaran IPA memberikan peluang bagi pendidik untuk menciptakan pengalaman belajar yang autentik, bermakna, dan berpihak pada kekayaan budaya Indonesia. Melalui pendekatan ini, pembelajaran IPA tidak hanya mentransfer pengetahuan ilmiah semata, tetapi juga sekaligus memperkuat identitas kultural peserta didik dan menumbuhkan kesadaran akan nilai luhur kearifan lokal yang telah teruji dalam kehidupan masyarakat selama berabad-abad.

2. 5 Pengembangan Modul Pembelajaran

Modul pembelajaran merupakan salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas secara utuh dan sistematis, di dalamnya memuat seperangkat pengalaman belajar yang terencana dan dirancang untuk membantu peserta didik menguasai tujuan belajar yang spesifik.⁵⁶ Secara sederhana, modul didefinisikan sebagai alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.⁵⁷ Menurut Nasution, modul dapat dirumuskan sebagai suatu unit yang lengkap yang berdiri sendiri dan terdiri atas suatu rangkaian kegiatan belajar yang disusun untuk membantu siswa mencapai sejumlah tujuan yang dirumuskan secara khusus dan jelas.⁵⁸ Sejalan dengan itu, Daryanto dan Dwicahyono mengartikan modul sebagai

⁵⁶Andi Prastowo, *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Yogyakarta: DIVA Press, 2021, hlm. 104.

⁵⁷Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, *Pedoman Pengembangan Modul Pembelajaran*. Jakarta: Kemendikbudristek, 2021, hlm. 3.

⁵⁸Nasution, *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar Mengajar*. Jakarta: Bumi Aksara, 2021, hlm. 205.

salah satu bentuk bahan ajar yang dikemas secara utuh dan sistematis, di dalamnya memuat seperangkat pengalaman belajar yang terencana dan didesain untuk membantu peserta didik menguasai tujuan belajar yang spesifik.⁵⁹

Lebih lanjut, Vembriarto mengemukakan bahwa modul adalah suatu paket pengajaran yang memuat satu unit konsep daripada bahan pelajaran. Pengajaran modul merupakan usaha penyelenggaraan pengajaran individual yang memungkinkan siswa menguasai satu unit bahan pelajaran sebelum dia beralih ke unit berikutnya.⁶⁰ Berdasarkan berbagai pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa modul pembelajaran adalah bahan ajar yang disusun secara sistematis dan terencana sehingga penggunaannya dapat dilakukan secara mandiri oleh peserta didik dengan atau tanpa bimbingan guru, untuk mencapai kompetensi tertentu.

Terkait dengan karakteristik modul pembelajaran, Depdiknas menyatakan bahwa modul yang baik harus memiliki karakteristik-karakteristik sebagai berikut:⁶¹

- a. *Self Instruction*, yaitu melalui modul tersebut seseorang atau peserta belajar mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain. Untuk memenuhi karakter *self instruction*, modul harus memuat tujuan pembelajaran yang jelas, memuat materi pembelajaran yang dikemas dalam unit-unit kegiatan yang kecil/spesifik sehingga

⁵⁹Daryanto dan Dwicahyono, Pengembangan Perangkat Pembelajaran. Yogyakarta: Gava Media, 2022, hlm. 9.

⁶⁰Vembriarto, Pengantar Pengajaran Modul. Yogyakarta: Yayasan Pendidikan Paramita, 2021, hlm. 20.

⁶¹Depdiknas, Teknik Belajar dengan Modul. Jakarta: Dirjen Pendidikan Dasar dan Menengah, 2022, hlm. 5.

memudahkan belajar secara tuntas, tersedia contoh dan ilustrasi yang mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran, terdapat soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan pengguna memberikan respons dan mengukur tingkat penguasaannya.

- b. *Self Contained*, yaitu seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau sub kompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh. Tujuan dari konsep ini adalah memberikan kesempatan peserta didik mempelajari materi pembelajaran yang tuntas, karena materi dikemas ke dalam satu kesatuan yang utuh.
- c. *Stand Alone* (berdiri sendiri), yaitu modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain. Peserta didik tidak tergantung dan harus menggunakan media yang lain untuk mempelajari dan atau mengerjakan tugas pada modul tersebut.
- d. Adaptif, yaitu modul hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Modul dikatakan adaptif jika modul tersebut dapat menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta fleksibel digunakan.
- e. *User Friendly* (bersahabat/akrab), yaitu modul hendaknya bersahabat dengan pemakainya. Setiap instruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon, mengakses sesuai dengan keinginan.

Selain karakteristik di atas, Purwanto dkk. menambahkan bahwa modul yang baik juga harus memiliki komponen-komponen yang lengkap, yaitu, lembar kegiatan siswa, lembar kerja, kunci lembar kerja, lembar soal, lembar jawaban, dan kunci jawaban.⁶²

Penggunaan modul sebagai bahan ajar memberikan berbagai keuntungan bagi proses pembelajaran, baik bagi peserta didik maupun bagi pendidik. Mulyasa mengemukakan bahwa pengajaran modul dapat memberikan beberapa keuntungan antara lain:

- a. Motivasi siswa dipertinggi karena setiap kali mengerjakan tugas pelajaran dibatasi dengan jelas dan yang sesuai dengan kemampuannya
- b. Sesudah pelajaran selesai, guru dan siswa mengetahui benar siswa yang berhasil dengan baik dan mana yang kurang berhasil
- c. Siswa mencapai hasil yang sesuai dengan kemampuannya
- d. Beban belajar terbagi lebih merata sepanjang semester
- e. Pendidikan lebih berdaya guna.⁶³

Sementara itu, Surya Dharma merinci keuntungan penggunaan modul dalam pembelajaran, yaitu:⁶⁴

- a. Meningkatkan motivasi belajar, karena setiap kali mengerjakan tugas pelajaran dibatasi dengan jelas dan sesuai dengan kemampuan.

⁶²Purwanto dkk., Pengembangan Modul. Jakarta: Pusat Teknologi Komunikasi dan Informasi Pendidikan, 2021, hlm. 9.

⁶³Mulyasa, E., Kurikulum Berbasis Kompetensi. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2022, hlm. 43.

⁶⁴Surya Dharma, Penulisan Modul. Jakarta: Direktorat Tenaga Kependidikan Depdiknas, 2021, hlm. 3-4.

- b. Setelah dilakukan evaluasi, guru dan peserta didik mengetahui benar, pada modul yang mana peserta didik telah berhasil dan pada bagian modul yang mana mereka belum berhasil.
- c. Bahan pelajaran terbagi lebih merata dalam satu semester.
- d. Pendidikan lebih berdaya guna, karena bahan pelajaran disusun menurut jenjang akademik.

Wena menambahkan bahwa manfaat penggunaan modul dalam pembelajaran adalah sebagai berikut, meningkatkan efektivitas pembelajaran, menentukan dan menetapkan waktu belajar yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan belajar peserta didik, secara tegas mengetahui pencapaian kompetensi peserta didik secara bertahap melalui kriteria yang telah ditetapkan dalam modul, dan mengetahui kelemahan atau kompetensi yang belum dicapai peserta didik berdasarkan kriteria yang ditetapkan dalam modul.⁶⁵

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa modul sebagai bahan ajar memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan ajar konvensional lainnya. Kelebihan-kelebihan tersebut antara lain, yaitu meningkatkan motivasi dan kemandirian belajar peserta didik, memungkinkan peserta didik belajar sesuai dengan kecepatan masing-masing, memberikan umpan balik yang jelas terhadap pencapaian kompetensi, dan memberi kemudahan bagi guru dalam melakukan evaluasi pembelajaran.

⁶⁵Wena, Made, Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer. Jakarta: Bumi Aksara, 2021, hlm. 230.

Model pengembangan 4D (*Four-D Model*) merupakan model pengembangan perangkat pembelajaran yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan Semmel. Model ini terdiri dari empat tahap pengembangan, yaitu *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develop* (Pengembangan), dan *Disseminate* (Penyebaran).⁶⁶ Trianto menyatakan bahwa model 4D dipilih karena memiliki struktur yang jelas dan sistematis sehingga dapat memudahkan pengembang dalam menyusun perangkat pembelajaran. Selain itu, model ini sangat cocok digunakan dalam mengembangkan perangkat pembelajaran seperti modul, karena setiap tahapan dianalisis secara mendalam.⁶⁷ Rochmad mengemukakan bahwa kelebihan model 4D adalah memiliki desain yang sistematis mulai dari analisis kebutuhan hingga penyebaran produk yang dikembangkan. Model ini juga memberikan tahapan yang jelas pada setiap fase pengembangan sehingga peneliti dapat dengan mudah mengidentifikasi dan melakukan perbaikan.⁶⁸

Adapun tahapan model pengembangan 4D dijelaskan sebagai berikut:

a. Tahap *Define* (Pendefinisian)

Tahap *define* bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran. Tahap ini meliputi lima langkah pokok, yaitu, analisis ujung depan (*front-end analysis*), analisis peserta didik (*learner analysis*), analisis tugas (*task analysis*), analisis konsep

⁶⁶Thiagarajan, S., Semmel, D.S., & Semmel, M.I., *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minneapolis: Indiana University, 2021, hlm. 5.

⁶⁷Trianto, *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif*. Jakarta: Kencana, 2022, hlm. 189.

⁶⁸Rochmad, "Desain Model Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika," *Kreano: Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, Vol. 3, No. 1, 2022, hlm. 61.

(*concept analysis*), dan perumusan tujuan pembelajaran (*specifying instructional objectives*).

b. Tahap *Design* (Perancangan)

Tahap design bertujuan untuk merancang prototype perangkat pembelajaran. Tahap ini terdiri atas empat langkah, yaitu, penyusunan standar tes (*criterion-test construction*), pemilihan media (*media selection*) yang sesuai dengan karakteristik materi dan tujuan pembelajaran, pemilihan format (*format selection*), yakni mengkaji format-format bahan ajar yang ada dan menetapkan format bahan ajar yang akan dikembangkan, dan membuat rancangan awal (*initial design*) sesuai format yang dipilih.

c. Tahap *Develop* (Pengembangan)

Tahap develop bertujuan untuk menghasilkan produk pengembangan yang sudah direvisi berdasarkan masukan para ahli. Tahap ini meliputi validasi perangkat oleh para ahli, yang diikuti dengan revisi, simulasi yaitu kegiatan mengoperasionalkan rencana pengajaran dan uji coba terbatas dengan peserta didik yang sesungguhnya.

d. Tahap *Disseminate* (Penyebaran)

Tahap disseminate merupakan suatu tahap akhir pengembangan. Tahap ini dilakukan untuk mempromosikan produk pengembangan agar bisa diterima pengguna, baik individu, suatu kelompok, maupun

sistem. Penyebaran dapat dilakukan di kelas lain, di sekolah lain, atau oleh guru lain.⁶⁹

Berdasarkan penjelasan di atas, model pengembangan 4D sangat sesuai digunakan dalam pengembangan modul pembelajaran karena prosedur pengembangannya yang sistematis, mudah dipahami, dan dapat menghasilkan produk yang valid, praktis, serta efektif. Setiap tahapan yang ada dalam model 4D saling berkaitan dan mendukung satu sama lain untuk menghasilkan modul pembelajaran yang berkualitas.

Validasi merupakan proses untuk menilai apakah suatu produk yang dikembangkan, dalam hal ini modul pembelajaran, sudah sesuai dengan kebutuhan dan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Akbar mendefinisikan validasi sebagai proses penilaian rancangan produk yang dilakukan dengan memberikan penilaian berdasarkan pemikiran rasional, tanpa uji coba di lapangan.⁷⁰ Nieven menyatakan bahwa suatu produk dikatakan valid apabila produk tersebut didasarkan pada *state-of-the-art knowledge* (validitas isi) dan semua komponen produk pengembangan harus konsisten satu sama lain (validitas konstruk).⁷¹ Sugiyono menjelaskan bahwa validasi perangkat pembelajaran dilakukan dengan cara menghadirkan beberapa pakar atau tenaga ahli yang sudah berpengalaman untuk menilai produk yang telah dirancang tersebut. Setiap pakar diminta

⁶⁹Fajri, M.N. & Wulandari, "Pengembangan Modul Berbasis 4D pada Mata Pelajaran IPA," Jurnal Pendidikan Sains, Vol. 10, No. 2, 2023, hlm. 88.

⁷⁰Akbar, Sa'dun, Instrumen Perangkat Pembelajaran. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2022, hlm. 36.

⁷¹Nieven, N., "Prototyping to Reach Product Quality," dalam van den Akker, J. et al. (Eds.), Design Approaches and Tools in Education and Training. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2021, hlm. 127.

untuk menilai desain tersebut, sehingga dapat diketahui kelemahan dan kekuatannya.⁷²

Validasi modul pembelajaran mencakup beberapa aspek. Arikunto menyatakan bahwa aspek-aspek yang perlu divalidasi dalam sebuah modul pembelajaran meliputi aspek kelayakan isi, yang mencakup kesesuaian materi dengan kompetensi inti dan kompetensi dasar, keakuratan materi, kemutakhiran materi, dan mendorong keingintahuan, aspek kelayakan penyajian, yang mencakup teknik penyajian, pendukung penyajian materi, penyajian pembelajaran, dan kelengkapan penyajian, aspek kelayakan kebahasaan, yang mencakup kesesuaian dengan perkembangan peserta didik, keterbacaan, kemampuan memotivasi, kelugasan, koherensi dan keruntutan alur pikir, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia, dan penggunaan istilah dan simbol/lambang, serta aspek kelayakan kegrafikan, yang mencakup ukuran modul, desain sampul modul, dan desain isi modul.⁷³

Dalam pelaksanaan validasi modul pembelajaran, terdapat beberapa langkah yang perlu ditempuh, yaitu menyiapkan instrumen validasi yang telah disetujui oleh pembimbing, menyerahkan modul yang telah dirancang beserta instrumen validasinya kepada validator, meminta validator untuk mengisi lembar validasi sesuai dengan aspek yang dinilai, menganalisis data hasil validasi, dan) melakukan revisi modul berdasarkan masukan dan saran dari validator.

⁷²Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2023, hlm. 407.

⁷³Arikunto, Suharsimi, *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara, 2022, hlm. 211.

Hasil validasi modul selanjutnya dianalisis untuk menentukan tingkat kevalidan modul tersebut. Secara umum, suatu modul dikatakan valid apabila persentase nilai kevalidan yang diperoleh berada pada kategori valid atau sangat valid berdasarkan kriteria validitas yang telah ditetapkan. Modul yang telah divalidasi kemudian direvisi sesuai dengan saran dan masukan dari validator sebelum dilakukan uji coba di lapangan. Berdasarkan uraian di atas, dapat dipahami bahwa validasi modul pembelajaran merupakan tahap yang sangat penting dalam proses pengembangan modul. Melalui proses validasi, modul yang dikembangkan dapat dipastikan telah memenuhi standar kualitas yang diperlukan sebelum digunakan dalam proses pembelajaran yang sesungguhnya.

2. 6 Potensi Lokal Kediri “Tahu Takwa”

Potensi lokal merupakan segala sumber daya, kekayaan alam, budaya, dan kearifan yang dimiliki oleh suatu daerah dan dapat dimanfaatkan sebagai modal pembangunan serta sumber belajar yang kontekstual bagi masyarakatnya. Dalam konteks pendidikan, pemanfaatan potensi lokal memberikan nilai strategis karena memungkinkan peserta didik belajar dari pengalaman nyata di lingkungan sekitarnya. Kota Kediri, sebagai salah satu kota bersejarah di Jawa Timur, memiliki beragam potensi lokal yang khas, salah satunya adalah Tahu Takwa produk olahan berbasis kedelai yang telah menjadi ikon budaya dan ekonomi masyarakat Kediri selama lebih dari satu abad. Tahu Takwa bukan sekadar produk pangan, melainkan representasi dari persilangan budaya, kearifan teknologi pengolahan pangan, dan identitas komunitas lokal yang kaya nilai edukatif. Mengintegrasikan potensi lokal seperti Tahu Takwa ke dalam pembelajaran

Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) merupakan strategi inovatif untuk meningkatkan relevansi sains dengan kehidupan nyata siswa sekaligus melestarikan kearifan lokal daerah.⁷⁴

Tahu Takwa yang juga dikenal dengan sebutan tahu kuning merupakan salah satu produk pangan olahan khas Kota Kediri yang paling dikenal dan menjadi oleh-oleh unggulan daerah tersebut. Secara historis, keberadaan tahu di Kediri tidak dapat dipisahkan dari gelombang migrasi warga Tionghoa ke Indonesia pada sekitar tahun 1900-an. Tokoh sentral dalam sejarah ini adalah Lauw Soen Hoek, atau yang akrab disapa 'Bah Kacung', bersama dengan Liem Ga Moy dan Kaou Loung, yang dikenal sebagai pelopor pembuatan tahu kuning di Kediri.⁷⁵ Para pendiri ini memilih Kota Kediri karena kualitas dan karakteristik air di kota tersebut dinilai serupa dengan air di daerah asal mereka di Tiongkok, yang diyakini berpengaruh besar terhadap kualitas tahu yang dihasilkan. Pada awalnya, tahu yang diproduksi berwarna putih sesuai tradisi Tionghoa. Namun, sebagai bentuk adaptasi budaya dan simbol harmoni antara komunitas Tionghoa dan masyarakat Kediri yang identik dengan warna kuning dalam arsitektur kotanya, tahu kemudian dimodifikasi menggunakan kunyit hingga menghasilkan warna kuning khas yang disebut Tahu Takwa.

Industri tahu di Kediri berkembang pesat terutama di kawasan Pocanan, Pakelan, Jagalan, Bawang, dan Tinalan. Kelurahan Tinalan

⁷⁴Hadi, W. P., Sari, F. P., Sugiarto, A., Mawaddah, W., & Arifin, S. (2019). Terasi Madura: Kajian Etnosains dalam Pembelajaran IPA untuk Menumbuhkan Nilai Kearifan Lokal dan Karakter Siswa. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 10(1), 45. <https://doi.org/10.20527/quantum.v10i1.5877>

⁷⁵Puspitosari, I., & Firmansyah, R. (2020). Peran Etnis dan Kultural Pada Persaingan Industri Tahu Takwa di Kota Kediri. *Jurnal Sosial Ekonomi Humaniora (JSEH)*, 6(2), 129-142.

bahkan diresmikan oleh Pemerintah Kota Kediri sebagai 'Kampung Tahu' pada tahun 2019, di mana terdapat sekitar 34 pengrajin tahu yang berjajar sepanjang lebih dari dua kilometer dan merupakan generasi ketiga dari para perintis usaha tahu sejak tahun 1954. Saat ini, merek-merek Tahu Takwa yang dikenal luas di antaranya adalah Bah Kacung, Panglima, Sari Lezat Poo, Mimikos, Soponyono, LYM, LKK, dan berbagai merek lainnya. Ciri khas utama Tahu Takwa terletak pada warna kuningnya yang diperoleh dari kunyit, teksturnya yang kenyal dan padat, serta aroma khasnya yang dihasilkan dari proses perebusan menggunakan kayu bakar dan bumbu rempah. Selain dijual dalam bentuk mentah, kini Tahu Takwa juga diolah menjadi berbagai produk turunan, seperti stik tahu, tahu walik, keripik tahu, dan tahu coklat menunjukkan daya adaptasi produk lokal ini terhadap dinamika pasar modern.

Proses pembuatan Tahu Takwa melibatkan serangkaian tahapan yang secara ilmiah dapat dikaitkan dengan berbagai konsep kimia, biologi, dan fisika. Secara umum, proses produksi tahu takwa berlangsung sebagai berikut:⁷⁶

1. Pertama, tahap persiapan bahan baku. Kedelai pilihan dicuci bersih kemudian direndam dalam air selama minimal tiga jam (beberapa produsen merendamnya semalaman) untuk melunakkan biji dan mengaktifkan enzim-enzim alami di dalamnya. Proses perendaman ini

⁷⁶Iswadi, D. (2021). Modifikasi Pembuatan Tahu Dengan Penggunaan Lama Perendaman, Lama Penggilingan dan Penggunaan Suhu dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Tahu. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 5(1), 20-30. <https://doi.org/10.32493/jitk.v5i1.7008>

bertujuan memudahkan penggilingan sekaligus meningkatkan rendemen susu kedelai yang akan dihasilkan.

2. Kedua, tahap penggilingan. Setelah direndam, kedelai digiling menggunakan mesin penggiling (yang dahulu menggunakan batu giling) hingga menjadi bubur kedelai yang halus. Bubur kedelai ini kemudian dicampur dengan air dan direbus menggunakan kayu bakar pada suhu tinggi. Penggunaan kayu bakar dipercaya memberikan aroma khas dan tingkat kematangan sempurna yang sulit ditiru oleh bahan bakar lain.
3. Ketiga, tahap pemisahan. Bubur kedelai yang telah direbus disaring menggunakan kain muslin untuk memisahkan sari kedelai (filtrat) dari ampas (okara). Sari kedelai inilah yang selanjutnya akan menjadi bahan dasar tahu.
4. Keempat, tahap koagulasi atau penggumpalan. Ke dalam sari kedelai yang masih panas ditambahkan bahan koagulan berupa cuka (asam asetat), air asam, atau garam bittern. Penambahan koagulan menyebabkan protein kedelai menggumpal membentuk dadih (curd) yang terpisah dari cairan (whey). Proses ini merupakan reaksi kimia yang melibatkan denaturasi dan koagulasi protein.⁷⁷
5. Kelima, tahap pencetakan dan pengepresan. Dadih protein yang terbentuk dimasukkan ke dalam cetakan berlapis kain, kemudian

⁷⁷Marfira, N., Giga, G. G., & Puspa, J. P. (2018). Pengendapan, Koagulasi dan Denaturasi pada Protein. Departemen Biokimia, Fakultas MIPA, Institut Pertanian Bogor.

dipress untuk mengeluarkan kelebihan air hingga tahu menjadi padat dan kompak dengan tekstur kenyal yang khas.

6. Keenam, tahap perebusan dengan bumbu. Hasil cetakan dipotong-potong sesuai ukuran yang diinginkan, lalu direbus kembali bersama kunyit, garam, dan bunga pekak (star anise) kering. Kunyit berfungsi sebagai pewarna alami sekaligus pengawet alami yang memberikan warna kuning khas Tahu Takwa, sementara bunga pekak memberikan cita rasa dan aroma yang khas.

Proses pembuatan Tahu Takwa menggunakan lebih banyak kedelai dibandingkan tahu biasa untuk menghasilkan tekstur yang lebih padat. Hal inilah yang menjadikan Tahu Takwa memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dan kualitas gizi yang lebih baik dibandingkan tahu pada umumnya.⁷⁸ Tahu Takwa merupakan warisan budaya berwujud (tangible cultural heritage) yang merepresentasikan perpaduan dua budaya Tionghoa dan Jawa yang berlangsung secara organik selama lebih dari satu abad. Keberadaan Tahu Takwa mencerminkan nilai-nilai gotong royong, toleransi antar etnis, dan adaptasi budaya yang menjadi landasan kehidupan masyarakat Kediri. Penelitian tentang nilai-nilai kearifan lokal Kediri menunjukkan bahwa kearifan lokal masyarakat Kediri termasuk produk budayanya seperti Tahu Takwa mengandung nilai-nilai gotong royong, kekeluargaan, toleransi, dan cinta terhadap budaya daerah yang perlu dilestarikan sebagai identitas bangsa.

⁷⁸Sundari, D., Almayhuri, & Lamid, A. (2015). Pengaruh Proses Pemasakan Terhadap Komposisi Zat Gizi Bahan Pangan Sumber Protein. *Jurnal Media Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Litbangkes)*, 25(4), 235-242.

Tahu Takwa juga memiliki nilai ekonomi yang signifikan sebagai penggerak ekonomi lokal. Industri tahu takwa di Kediri melibatkan ribuan pelaku usaha mulai dari pengrajin skala rumah tangga hingga produsen besar, yang semuanya saling terhubung dalam ekosistem ekonomi budaya yang unik. Studi mengenai persaingan industri Tahu Takwa Kediri menunjukkan bahwa peran etnis dan kultural dalam industri ini membentuk ekonomi budaya aktivitas ekonomi yang menggabungkan artikulasi regeneratif budaya dengan kegiatan produktif yang menjadi daya saing dan identitas unik produk lokal Kediri di pasar regional maupun nasional.⁷⁹ Dalam perspektif budaya yang lebih luas, Kampung Tahu di Kelurahan Tinalan telah menjadi destinasi wisata edukasi yang memungkinkan pengunjung termasuk pelajar dan mahasiswa untuk menyaksikan langsung proses produksi tahu secara tradisional. Wisata edukasi berbasis produk lokal semacam ini merupakan bentuk nyata dari pemanfaatan kearifan lokal sebagai daya tarik pariwisata budaya yang berkelanjutan.

Potensi edukatif Tahu Takwa sangat besar, terutama dalam konteks pembelajaran berbasis potensi lokal dan etnosains. Etnosains adalah pendekatan pembelajaran IPA yang mengimplementasikan kearifan lokal (budaya daerah) menggunakan produk budaya tertentu sebagai jembatan antara pengetahuan asli masyarakat (*indigenous knowledge*) dan konsep-konsep ilmiah modern. Kearifan lokal berbasis makanan tradisional, termasuk Tahu Takwa, merupakan salah satu media etnosains yang paling

⁷⁹ Anisa, A. (2017). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui pembelajaran IPA berbasis potensi lokal Jepara. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.21831/jipi.v3i1.8607>

mudah diakses dan paling dekat dengan kehidupan sehari-hari peserta didik. Pembelajaran IPA berbasis potensi lokal terbukti mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik karena konteks yang dipelajari relevan dan bermakna bagi kehidupan mereka. Pengintegrasian potensi lokal dalam pembelajaran IPA merupakan alternatif peningkatan daya saing global sekaligus upaya pelestarian kearifan lokal daerah.⁸⁰

Pengembangan media pembelajaran IPA yang terintegrasi dengan potensi lokal terbukti secara signifikan meningkatkan keterampilan proses sains dan sikap ilmiah peserta didik dibandingkan pembelajaran konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa Tahu Takwa sebagai produk lokal yang sarat dengan proses ilmiah memiliki potensi besar untuk dijadikan sebagai sumber belajar IPA yang autentik dan kontekstual di lingkungan sekolah Kediri.⁸¹ Kajian etnosains pada berbagai produk makanan tradisional Indonesia juga menunjukkan pola yang serupa: makanan tradisional menyimpan kekayaan konsep-konsep IPA yang belum sepenuhnya terdokumentasikan dalam literatur pendidikan formal. Oleh karena itu, mendokumentasikan dan mengintegrasikan konsep-konsep IPA dalam proses pembuatan Tahu Takwa ke dalam pembelajaran merupakan

⁸⁰Anisa, A. (2017). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui pembelajaran IPA berbasis potensi lokal Jepara. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.21831/jipi.v3i1.8607>

⁸¹Dwianto, A., Wilujeng, I., Prasetyo, Z. K., & Suryadarma, I. G. P. (2017). The development of science domain based learning media which is integrated with local potentation to improve science process skill and scientific attitude. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(1). <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i1.7205>

langkah strategis yang perlu ditempuh oleh guru dan pengembang kurikulum di Kediri.⁸²

Proses pembuatan Tahu Takwa sarat dengan konsep-konsep ilmiah yang tercakup dalam pembelajaran IPA, mulai dari tingkat dasar hingga menengah. Berikut ini disajikan keterkaitan antara tahapan pembuatan Tahu Takwa dengan konsep-konsep IPA yang relevan.

a. Kimia Protein: Koagulasi dan Denaturasi

Proses inti pembuatan tahu adalah koagulasi protein kedelai. Koagulasi didefinisikan sebagai interaksi antar molekul-molekul protein yang menyebabkan pembentukan agregat protein, baik yang bersifat larut maupun tidak larut. Dalam pembuatan tahu, penambahan koagulan asam (seperti cuka atau air asam) ke dalam sari kedelai yang panas menyebabkan protein terutama glisin dan konglisinin mengalami denaturasi terlebih dahulu, kemudian bergabung membentuk jaringan tiga dimensi yang memerangkap air dan membentuk massa padat (dadih/curd).⁸³ Konsep ini berkaitan langsung dengan materi IPA tentang protein, ikatan kimia, dan perubahan struktur molekul. Tahu mengandung protein sebesar 8-12% dengan komposisi karbohidrat sekitar 1,6% dan lemak 4,8%, menjadikannya sumber protein nabati yang sangat bergizi dan setara dengan kandungan protein hewani. Penggumpalan protein ini merupakan contoh nyata dari reaksi kimia

⁸² Arrumi, K., Syarif, M. I., Harahap, F. D. S., & Atika, R. N. (2024). Kajian Etnosains Asam Buaye Makanan Khas Melayu Siak sebagai Sumber Belajar IPA. *Jurnal Basicedu*, 8(3), 2178-2186. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i3.7597>

⁸³ Arrumi, K., Syarif, M. I., Harahap, F. D. S., & Atika, R. N. (2024). Kajian Etnosains Asam Buaye Makanan Khas Melayu Siak sebagai Sumber Belajar IPA. *Jurnal Basicedu*, 8(3), 2178-2186. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i3.7597>

yang dapat diamati secara langsung dalam kehidupan sehari-hari, sehingga menjadi media pembelajaran kimia yang sangat konkret bagi peserta didik.

b. Biologi: Kandungan Gizi Kedelai dan Uji Bahan Makanan

Kedelai (*Glycine max*) sebagai bahan baku utama Tahu Takwa merupakan salah satu tanaman legum dengan kandungan gizi paling lengkap. Kandungan protein kedelai yang tinggi (sekitar 35-40% dari berat kering biji) menjadikannya sebagai sumber protein nabati utama bagi masyarakat Asia, termasuk Indonesia. Konsep ini relevan dengan materi biologi tentang kandungan zat makanan, sistem pencernaan, dan kebutuhan gizi tubuh.⁸⁴ Dalam pembelajaran IPA, Tahu Takwa dapat digunakan sebagai objek praktikum uji zat makanan menggunakan reagen biuret (untuk uji protein), lugol (untuk uji karbohidrat), benedikt (untuk uji glukosa), dan kertas minyak (untuk uji lemak). Kegiatan praktikum menggunakan bahan makanan yang dikenal peserta didik seperti tahu terbukti meningkatkan motivasi belajar dan keterampilan ilmiah karena konteksnya yang nyata dan bermakna. Kedelai juga mengandung isoflavon, fitoestrogen, dan berbagai senyawa bioaktif lainnya yang memiliki manfaat kesehatan yang dapat dikaitkan dengan materi biologi tentang senyawa organik dan fungsinya bagi tubuh manusia. Kandungan gizi kedelai yang berubah selama proses pemasakan termasuk perebusan dan pengepresan dalam pembuatan

⁸⁴ Anggraeni, N., & Ganeshy, D. (2024). Analisis Kadar Protein Kedelai Metode Perebusan dan Pengukusan dalam Pengolahan Keripik Tempe. SEHAT: Jurnal Kesehatan Terpadu, 3(1), 120-125. <https://doi.org/10.31004/sjkt.v3i1.25058>

Tahu Takwa juga menjadi topik yang menarik untuk dikaji dalam konteks pengaruh pengolahan pangan terhadap nilai gizi.⁸⁵

c. Kimia: Reaksi Asam-Basa dan Pewarnaan Alami

Penggunaan koagulan asam (cuka/asam asetat) dalam proses pembuatan Tahu Takwa merupakan contoh aplikasi nyata dari konsep asam-basa dalam kehidupan sehari-hari. Penambahan larutan asam mengubah pH sari kedelai dari kondisi netral/sedikit basa menjadi asam, yang menyebabkan protein kedelai kehilangan muatan listriknya dan mengalami pengendapan. Konsep ini sangat relevan dengan materi kimia atau IPA tentang larutan asam-basa, pH, dan indikator alami. Selain itu, penggunaan kunyit (*Curcuma longa*) sebagai pewarna alami dalam pembuatan Tahu Takwa merupakan contoh penerapan kimia pigmen alami. Kunyit mengandung senyawa kurkumin yang memberikan warna kuning intens dan bersifat sebagai antioksidan alami sekaligus berfungsi sebagai pengawet alami. Konsep ini dapat dikaitkan dengan materi IPA tentang senyawa kimia alami, pigmen, dan teknologi pengawetan pangan tradisional. Kajian etnosains dalam pembelajaran IPA menegaskan bahwa produk-produk makanan tradisional seperti Tahu Takwa menyimpan konsep-konsep kimia yang autentik dan relevan untuk dipelajari, seperti perubahan fisika (penggilingan, pengepresan), perubahan kimia (koagulasi protein, reaksi Maillard saat perebusan), dan perubahan biologi (aktivitas enzim

⁸⁵ Rikizaputra, R., Firda, A., & Elvianasti, M. (2022). Kajian Etnosains Tapai Ketan Hijau Makanan Khas Indragiri Hilir sebagai Sumber Belajar Biologi. *Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(2), 238-247.

saat perendaman kedelai). Mengkaji fenomena-fenomena ini dalam konteks produksi Tahu Takwa tidak hanya memperkaya pemahaman konseptual peserta didik, tetapi juga menumbuhkan rasa bangga terhadap produk dan budaya lokal daerahnya.⁸⁶

d. Fisika: Perubahan Wujud dan Perpindahan Kalor

Proses pembuatan Tahu Takwa juga mencakup berbagai fenomena fisika yang dapat menjadi sumber belajar yang kaya. Perebusan sari kedelai menggunakan kayu bakar merupakan contoh perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi. Perubahan wujud air menjadi uap selama perebusan merupakan contoh penguapan yang terkait dengan konsep kalor laten. Proses pengepresan tahu merupakan aplikasi dari konsep tekanan (gaya per satuan luas) yang dapat diukur dan dikaji secara kuantitatif. Selain itu, fenomena filtrasi (penyaringan) pada tahap pemisahan sari kedelai dari ampasnya merupakan contoh nyata dari metode pemisahan campuran yang menjadi salah satu materi penting dalam kurikulum IPA. Dengan demikian, proses pembuatan Tahu Takwa secara komprehensif mencakup konsep-konsep fisika yang terstruktur dan dapat dipelajari secara sistematis dalam kerangka pembelajaran berbasis konteks.⁸⁷ Secara keseluruhan, integrasi Tahu Takwa sebagai sumber belajar IPA memiliki landasan teoritis yang kuat dari perspektif etnosains, pedagogi berbasis konteks, dan

⁸⁶Kantina, S., Suryanti, S., & Suprpto, N. (2022). Mengkaji Pembuatan Garam Gunung Krayan dalam Etnosains Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 6763-6773. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3360>

⁸⁷Fuadati, M., & Wilujeng, I. (2019). Web-Lembar Kerja Peserta Didik IPA terintegrasi potensi lokal pabrik gula untuk meningkatkan rasa ingin tahu peserta didik. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 5(1), 98-108. <https://doi.org/10.21831/jipi.v5i1.24543>

pengembangan kearifan lokal. Pendekatan ini sejalan dengan tujuan kurikulum nasional yang menekankan pembelajaran kontekstual, autentik, dan berbasis kearifan lokal sebagai bagian dari penguatan identitas budaya bangsa dalam pendidikan abad ke-21.

2. 7 Kajian Materi IPA

1. Suhu

Suhu merupakan besaran fisika yang menyatakan derajat atau tingkat panas suatu benda. Berbeda dari kebanyakan besaran fisika lain, suhu pada mulanya hanya dapat dipersepsikan secara kualitatif melalui indra peraba berupa rasa panas atau dingin. Ketika kulit terpapar rangsangan termal misalnya sengatan sinar matahari atau sentuhan dengan benda dingin otak menerima dan menerjemahkan rangsangan tersebut sebagai sensasi panas atau dingin. Meskipun demikian, indra peraba tidak dapat dijadikan alat ukur suhu yang akurat dan dapat diandalkan, karena persepsi panas dingin bersifat relatif dan sangat dipengaruhi oleh kondisi awal bagian tubuh yang merasakannya. Dengan kata lain, benda dengan suhu yang sama dapat dirasakan berbeda oleh bagian tubuh yang berlainan. Oleh karena itu, diperlukan instrumen pengukur suhu yang bersifat objektif, konsisten, dan memiliki skala baku.

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu secara objektif disebut termometer. Prinsip kerja termometer didasarkan pada konsep kesetimbangan termal, yaitu kecenderungan kalor mengalir secara alami dari benda yang bersuhu lebih tinggi menuju benda yang bersuhu lebih rendah hingga tercapai kesetimbangan prinsip yang juga dikenal

sebagai Asas Black atau Hukum I Termodinamika. Termometer dirancang dalam berbagai jenis dan rentang ukur sesuai kebutuhan penggunaannya. Termometer klinis untuk mengukur suhu tubuh manusia umumnya memiliki rentang skala sekitar 30–50 °C, karena suhu tubuh manusia secara alamiah berada pada kisaran tersebut. Termometer industri dapat dirancang untuk mengukur suhu ekstrem, misalnya pada tanur peleburan logam yang dapat mencapai sekitar 1.000 °C, sementara termometer untuk ruang pendingin dirancang mampu mengukur suhu rendah hingga sekitar –10 °C.

Secara historis, gagasan pengukuran suhu secara terukur dirintis oleh Galileo Galilei pada akhir abad ke-16, dengan memanfaatkan hubungan antara perubahan suhu dan perubahan volume gas atau zat cair di dalam tabung kaca. Hingga kini, sebagian besar termometer cair menggunakan alkohol atau air raksa (merkuri) sebagai zat pengisi, sedangkan teknologi termometer non-kontak (termometer inframerah) bekerja dengan mendeteksi radiasi panas yang dipancarkan tubuh dan mengonversinya menjadi nilai suhu.

Penetapan suatu skala suhu memerlukan dua peristiwa acuan yang dapat direproduksi secara konsisten di tempat dan waktu yang berbeda. Dua peristiwa yang lazim digunakan sebagai acuan adalah suhu peleburan es murni (titik tetap bawah) dan suhu air murni yang mendidih (titik tetap atas), keduanya diukur pada tekanan satu atmosfer. Berdasarkan dua titik acuan tersebut, beberapa ilmuwan mengajukan

skala suhu yang berbeda-beda, sebagaimana dirangkum pada Tabel berikut:

Tabel 2. 1 Perbandingan Skala Suhu

Skala Suhu	Titik Tetap Bawah	Titik Tetap Atas	Rentang
Celsius (°C)	0	100	100
Reamur (°R)	0	80	80
Fahrenheit (°F)	32	212	180
Kelvin (K)	273	373	100

Skala Celsius dan Reamur menetapkan titik leleh es murni sebagai 0°, namun berbeda pada titik didih air (100° untuk Celsius dan 80° untuk Reamur). Skala Fahrenheit menetapkan titik leleh es pada 32°F dan titik didih air pada 212°F, sehingga rentang antara kedua titik tetap tersebut adalah 180 derajat Fahrenheit. Skala Kelvin berbeda dari ketiga skala lainnya karena menggunakan acuan nol mutlak, yaitu keadaan ketika seluruh partikel penyusun zat berhenti bergetar, yang secara empiris bersesuaian dengan suhu -273 °C. Pada suhu nol mutlak, suatu benda tidak lagi memiliki energi panas. Karena sifatnya yang absolut, skala Kelvin ditetapkan sebagai satuan suhu dalam Sistem Internasional (SI), dengan hubungan terhadap skala Celsius dinyatakan sebagai berikut.

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273$$

Karena keempat skala suhu memiliki titik acuan dan rentang yang berbeda, diperlukan suatu perbandingan untuk mengonversi nilai suhu dari satu skala ke skala lainnya. Berdasarkan rentang masing-masing skala (Celsius : Fahrenheit : Reamur: Kelvin= 100:180:80:100),

perbandingan tersebut dapat disederhanakan menjadi 5 : 9 : 4 : 5. Dengan memperhitungkan titik nol yang berbeda khususnya pada skala Fahrenheit yang dimulai dari 32, bukan 0 perbandingan suhu pada suatu benda dapat dituliskan sebagai berikut, dengan t menyatakan nilai suhu dalam derajat Celsius dan Reamur.

$$t : (t - 32) : t : (t - 273) = 5 : 9 : 4 : 5$$

Persamaan perbandingan tersebut menjadi dasar perhitungan konversi nilai suhu antarskala, misalnya untuk menentukan nilai suatu suhu dalam skala Fahrenheit apabila diketahui nilainya dalam skala Celsius, ataupun sebaliknya.

2. Kalor

Kalor dan suhu merupakan dua besaran yang berbeda meskipun saling berkaitan erat. Kalor adalah bentuk energi yang berpindah secara alami dari benda bersuhu lebih tinggi menuju benda bersuhu lebih rendah akibat adanya perbedaan suhu di antara keduanya. Sementara itu, suhu adalah besaran yang menyatakan derajat panas suatu benda sebagai akibat dari energi kalor yang diterima atau dilepaskannya. Dengan demikian, perubahan suhu pada suatu benda merupakan indikator dari adanya perpindahan kalor, tetapi kalor itu sendiri bukanlah suhu. Satuan kalor dalam Sistem Internasional adalah joule (J). Satuan konvensional kalori juga masih lazim digunakan, dengan satu kalori didefinisikan sebagai jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 gram air murni sebesar 1 °C. Satu kalori setara

dengan 4,184 joule, yang dalam praktiknya sering dibulatkan menjadi 4,2 joule.

Setiap jenis bahan memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap atau melepaskan kalor untuk mengalami perubahan suhu yang sama. Sifat ini dikenal sebagai kalor jenis (c), yaitu jumlah energi panas yang diperlukan oleh 1 kilogram suatu bahan untuk menaikkan suhunya sebesar 1 Kelvin (setara dengan 1 °C, karena selisih satu Kelvin sama besar dengan selisih satu derajat Celsius). Satuan kalor jenis dinyatakan dalam $J/(kg \cdot K)$ atau setara dengan $J/(kg \cdot ^\circ C)$. Bahan dengan kalor jenis tinggi, seperti air, mampu menyerap energi panas dalam jumlah besar dengan kenaikan suhu yang relatif kecil. Sifat inilah yang menjelaskan mengapa pada siang hari yang terik, permukaan air di kolam atau sungai terasa lebih sejuk dibandingkan permukaan aspal jalan raya, meskipun keduanya menerima intensitas panas matahari yang sama. Nilai kalor jenis beberapa bahan disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 2. 2 Nilai Kalor Jenis Beberapa Bahan

Bahan	Kalor Jenis $J/(kg \cdot K)$
Air	4.184
Alkohol	2.450
Aluminium	920
Karbon	710
Pasir (Grafit)	664
Besi	450
Tembaga	380
Perak	235

Besarnya energi kalor yang diserap atau dilepaskan suatu benda ketika mengalami perubahan suhu dapat dihitung melalui persamaan berikut.

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Q = Kalor (Joule)

m = massa benda (kg)

c = kalor jenis bahan (J/(kg·K))

ΔT = perubahan suhu, yaitu selisih antara suhu akhir dan suhu awal, yang dihitung dengan rumus:

$$\Delta T = T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}}$$

ΔT = perubahan suhu

T_{akhir} = Suhu akhir

T_{awal} = Suhu awal

Kalor dapat berpindah dari satu benda atau tempat ke benda atau tempat lain melalui tiga mekanisme, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

a. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui suatu bahan tanpa disertai perpindahan partikel-partikel penyusun bahan tersebut. Energi panas berpindah melalui getaran dan tumbukan antarpartikel yang berdekatan: ketika suhu suatu bagian bahan meningkat, partikel pada bagian tersebut bergetar lebih cepat dan menumbuk partikel di sekitarnya, sehingga partikel yang tertumbuk turut bergetar lebih cepat dan suhunya meningkat. Bahan yang mampu menghantarkan panas

dengan baik disebut konduktor (umumnya logam), sedangkan bahan yang menghantarkan panas dengan buruk disebut isolator (misalnya kayu dan plastik).

b. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor dari satu bagian zat ke bagian lain yang disertai dengan perpindahan fisik partikel-partikel zat tersebut, umumnya terjadi pada fluida (zat cair dan gas). Ketika bagian bawah suatu fluida menerima kalor, partikel pada bagian tersebut memuai dan menjadi lebih ringan sehingga bergerak naik, kemudian digantikan oleh partikel fluida yang lebih dingin dan lebih berat dari bagian atas. Pola aliran partikel yang terbentuk akibat proses ini disebut arus konveksi.

c. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan kalor yang tidak memerlukan zat perantara atau medium. Mekanisme inilah yang menjelaskan bagaimana energi panas matahari dapat sampai ke permukaan bumi meskipun melalui ruang hampa udara yang tidak memiliki materi untuk menghantarkan kalor secara konduksi maupun konveksi.

3. Pemuaian

Pemuaian adalah peristiwa bertambahnya ukuran suatu benda baik panjang, luas, maupun volume sebagai akibat dari penerimaan kalor. Sebaliknya, pelepasan kalor yang menyebabkan penurunan suhu akan mengakibatkan terjadinya penyusutan. Pada tingkat partikel, kenaikan suhu menyebabkan atom atau molekul penyusun benda bergetar lebih

cepat dan menempati jarak rata-rata antarpartikel yang lebih besar, sehingga volume benda bertambah dan kerapatannya (massa jenis) berkurang. Pemuaian dapat terjadi pada zat padat, zat cair, maupun zat gas, dengan besar pemuaian yang berbeda-beda pada setiap jenis zat. Pemahaman mengenai sifat pemuaian benda memiliki penerapan penting dalam berbagai bidang rekayasa dan teknologi. Pada konstruksi rel kereta api dan jembatan, misalnya, batang-batang logam tidak dipasang terlalu rapat melainkan diberi celah atau rongga, dengan tujuan agar logam tidak melengkung akibat pemuaian saat suhu lingkungan meningkat sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan. Sifat pemuaian zat padat yang berbeda-beda antarjenis logam juga dimanfaatkan dalam pembuatan bimetal, yaitu lempengan yang terdiri atas dua jenis logam dengan koefisien muai berbeda yang direkatkan menjadi satu. Ketika dipanaskan, bimetal akan melengkung ke arah logam dengan koefisien muai yang lebih kecil, sifat inilah yang dimanfaatkan dalam sistem termostat dan sekering pemutus arus listrik otomatis.

a. Pemuaian Zat Padat

Pada zat padat, pemuaian dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan dimensi benda yang diperhitungkan, yaitu pemuaian panjang, pemuaian luas, dan pemuaian volume (ruang).

Pemuaian panjang, terjadi pada satu dimensi benda, misalnya penambahan panjang sebatang logam akibat pemanasan. Besarnya pemuaian panjang suatu bahan dinyatakan dengan koefisien muai

panjang (α), yang nilainya berbeda-beda untuk setiap jenis bahan, sebagaimana disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 2. 3 Koefisien Muai Panjang Untuk Beberapa Jenis Logam

Jenis Logam	Koefisien Muai Panjang (α) per °C
Kaca Biasa	0,000009
Kaca Pyrex	0,000003
Aluminium	0,000026
Kuningan	0,000019
Baja	0,000011
Tembaga	0,000017

Semakin besar nilai koefisien muai panjang suatu bahan, semakin besar pula pertambahan panjangnya untuk kenaikan suhu yang sama. Berdasarkan Tabel tersebut, aluminium memiliki koefisien muai panjang terbesar sehingga paling mudah memuai, sedangkan kaca pyrex memiliki koefisien muai panjang terkecil sehingga paling sulit memuai di antara bahan-bahan yang dibandingkan.

Pemuaian luas, terjadi pada dua dimensi (arah) benda, dengan koefisien muai luas bernilai dua kali koefisien muai panjang bahan yang bersangkutan (2α). Sebagai contoh, baja yang memiliki koefisien muai panjang sebesar $0,000011/^{\circ}\text{C}$ akan memiliki koefisien muai luas sebesar $0,000022/^{\circ}\text{C}$.

Pemuaian volume (ruang), terjadi pada benda berdimensi tiga, dengan koefisien muai volume bernilai tiga kali koefisien muai panjang bahan yang bersangkutan (3α). Sebagai contoh, balok baja yang dipanaskan akan memuai dengan koefisien muai volume sebesar $0,000033/^{\circ}\text{C}$.

b. Pemuaian Zat Cair

Zat cair juga mengalami pemuaian ketika menerima kalor, dan perubahan volumenya relatif lebih mudah diamati dibandingkan pemuaian pada zat padat. Sifat pemuaian zat cair inilah yang menjadi dasar prinsip kerja termometer cairan-dalam-kaca, yang menggunakan alkohol atau air raksa sebagai zat pengisi pipa kapiler. Ketika suhu naik, zat cair tersebut akan memuai dan permukaannya naik di sepanjang pipa kapiler yang telah diberi skala, sehingga nilai suhu dapat dibaca.

c. Pemuaian Zat Gas

Sebagaimana zat cair, gas juga mengalami pemuaian apabila menerima kalor dalam jumlah tertentu. Sifat pemuaian gas dimanfaatkan dalam berbagai keperluan praktis, salah satunya adalah prinsip kerja balon udara: udara di dalam balon yang dipanaskan akan memuai sehingga massa jenisnya berkurang dan menjadi lebih ringan daripada udara di sekitarnya, sehingga balon dapat terangkat dan terbang.⁸⁸

4. Keterkaitan Materi dengan Proses Pembuatan Tahu Takwa

Proses pembuatan tahu takwa yang melibatkan tahapan perendaman, perebusan, koagulasi, dan pengepresan kedelai menyediakan konteks nyata bagi penerapan konsep suhu, kalor, dan pemuaian dalam pembelajaran IPA. Pendekatan etnosains memandang aktivitas produksi pangan tradisional semacam ini sebagai sains asli (*indigenous science*) yang dapat dijembatani dengan konsep sains

⁸⁸ Victoriani Inabuy dkk., *Ilmu Pengetahuan Alam untuk SMP Kelas VII* (Jakarta: Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Badan Penelitian dan Pengembangan dan Perbukuan, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, (2021)

ilmiah formal di sekolah, sebagaimana ditunjukkan oleh berbagai kajian etnosains terhadap makanan tradisional, mulai dari rempeyek kacang, bubur sumsum, jenang, hingga garam tradisional.⁸⁹

a. Konsep Suhu dalam Pembuatan Tahu Takwa

Konsep suhu dapat diamati pada tahapan perebusan kedelai dan tahu menggunakan kayu bakar tradisional. Pengrajin tahu takwa secara empiris memahami bahwa suhu air rebusan harus mencapai titik tertentu agar bubur kedelai matang sempurna dan protein dapat terkoagulasi dengan baik, meskipun pengetahuan ini diperoleh melalui pengalaman dan bukan melalui pengukuran termometer secara formal. Konteks ini relevan dengan tujuan pembelajaran suhu pada Fase D, yaitu kemampuan peserta didik membedakan suhu benda dan menghitung konversi suhu pada termometer, sehingga proses perebusan kedelai dapat dijadikan ilustrasi nyata untuk membandingkan suhu sains asli (perkiraan pengrajin) dengan suhu sains ilmiah (pengukuran kuantitatif).⁹⁰

b. Konsep Kalor dalam Pembuatan Tahu Takwa

Konsep kalor tampak jelas pada keseluruhan rangkaian proses pembuatan tahu takwa, mulai dari perebusan kedelai hingga pewarnaan dengan air kunyit. Perpindahan kalor secara konduksi terjadi ketika panas dari bara kayu bakar berpindah ke wajan atau panci pemasak,

⁸⁹Lihat kerangka umum etnosains pada pangan tradisional dalam Risamasu, Pieter, dan Gunada, “Pengembangan Bahan Ajar IPA SMP Tema Perpindahan Kalor Berkonteks Etnosains Jayapura Papua”; dan kajian etnosains rempeyek kacang dalam Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/22096>.

⁹⁰Bandingkan dengan tujuan pembelajaran suhu pada Maulida, “Modul Ajar Suhu, Kalor, dan Pemuaian.”

sedangkan perpindahan kalor secara konveksi terjadi pada air dan bubur kedelai di dalam panci, di mana bagian zat cair yang lebih panas (massa jenis lebih rendah) bergerak ke atas dan digantikan oleh bagian yang lebih dingin (massa jenis lebih tinggi), sehingga terjadi arus konveksi hingga seluruh bagian zat cair mencapai suhu yang relatif merata.⁹¹ Selain itu, kalor yang diserap kedelai selama perebusan juga berperan dalam proses denaturasi protein, yaitu rusaknya struktur protein akibat panas, yang menjadi prasyarat bagi terjadinya koagulasi protein menjadi gumpalan tahu pada tahap berikutnya. Dengan demikian, konsep kalor dalam pembuatan tahu takwa tidak hanya relevan dengan materi perpindahan panas, tetapi juga menjembatani pemahaman peserta didik terhadap keterkaitan antara fisika (kalor) dan kimia (perubahan zat) dalam satu proses produksi pangan yang utuh.

c. Konsep Pemuaian dalam Pembuatan Tahu Takwa

Konsep pemuaian dapat diamati pada perilaku air dan bubur kedelai selama proses perebusan. Ketika dipanaskan hingga mendekati titik didih, volume zat cair di dalam wadah pemasak bertambah akibat pemuaian, sehingga pengrajin perlu memperhitungkan volume awal cairan agar tidak meluap saat mendidih, sebuah fenomena yang secara umum dikenal sebagai pemuaian volume pada zat cair.⁹² Selain pemuaian pada zat cair, uap air yang terbentuk selama perebusan juga

⁹¹Analogi mekanisme konduksi dan konveksi pada proses memasak dapat dilihat pada kajian perpindahan kalor saat merebus air, Kompas.com, <https://www.kompas.com/skola/read/2020/06/07/152429769/perpindahan-kalor-pada-air-yang-dipanaskan-dalam-panci-aluminium>.

⁹²Lihat ilustrasi pemuaian volume zat cair saat memasak air dalam panci pada bahan ajar Slideshare, "IPA Kelas VII 'Pemuaian'."

merupakan ilustrasi nyata dari pemuain dan perubahan wujud zat cair menjadi gas (penguapan), yang relevan dengan materi perubahan wujud zat dalam kurikulum IPA. Wadah logam yang digunakan untuk merebus, seperti panci atau wajan, juga mengalami pemuain zat padat akibat panas, meskipun perubahannya tidak signifikan secara kasat mata dibandingkan pemuain pada zat cair dan gas. Secara keseluruhan, ketiga konsep tersebut suhu, kalor, dan pemuain saling berkaitan dan dapat diidentifikasi secara utuh dalam satu rangkaian proses pembuatan tahu takwa, sebagaimana kerangka berpikir etnosains yang menekankan bahwa pengetahuan praktis masyarakat dapat dijembatani secara ilmiah ke dalam pembelajaran IPA yang kontekstual. Pemanfaatan proses pembuatan tahu takwa sebagai konteks pembelajaran tidak hanya memperkuat pemahaman konsep suhu, kalor, dan pemuain secara bermakna, tetapi juga menumbuhkan apresiasi peserta didik terhadap kearifan lokal dan potensi daerah Kediri.⁹³

2. 8 Modul Pembelajaran IPA Berbasis STEM-Etnosains Potensi Lokal Kediri “Tahu Takwa”

Modul pembelajaran merupakan bahan ajar cetak maupun digital yang disusun secara sistematis dan disajikan dalam unit pembelajaran terkecil sehingga peserta didik dapat menguasai satu kompetensi tertentu secara mandiri. Modul dirancang sedemikian rupa sehingga peserta didik mampu belajar dengan atau tanpa bimbingan langsung pendidik, dengan batasan-batasan tertentu, sehingga modul berfungsi sebagai pedoman

⁹³Bandingkan dengan simpulan umum mengenai integrasi etnosains dalam pembelajaran IPA pada Mukti, “Integrasi Etnosains dalam Pembelajaran IPA,” JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia) 7, no. 2 (2022): 356–362, <https://jurnal.iicet.org/index.php/jpgi/article/view/2525>.

belajar yang utuh bagi peserta didik.⁹⁴ Dalam konteks pengembangan ini, modul yang dirancang adalah modul pembelajaran IPA berbasis STEM-Etnosains yang mengangkat potensi lokal Kediri, yaitu tahu takwa, sebagai konteks dan sumber belajar utama. Modul semacam ini termasuk dalam kategori modul berbasis kearifan lokal (*local wisdom-based module*), yaitu bahan ajar yang mengintegrasikan pengetahuan dan praktik budaya masyarakat setempat ke dalam materi pembelajaran sains formal. Berbagai penelitian pengembangan modul serupa, misalnya modul berbasis kearifan lokal Suku Sasak pada materi IPAS dan e-modul berbasis kearifan lokal Krèpè' Tèttè pada materi suhu dan kalor, menunjukkan bahwa pendekatan ini secara konsisten terbukti valid dan praktis digunakan dalam pembelajaran IPA di berbagai jenjang pendidikan.⁹⁵

Konsep modul yang dikembangkan dirancang untuk menjembatani dua hal sekaligus, yaitu penguasaan konsep IPA formal (khususnya konsep suhu, kalor, dan pemuaian) dan internalisasi nilai kearifan lokal yang melekat pada proses pembuatan tahu takwa sebagai warisan kuliner khas Kota Kediri. Penelitian pengembangan modul IPA berbasis kearifan lokal pada jenjang sekolah dasar menunjukkan bahwa modul jenis ini efektif digunakan apabila telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif, yang

⁹⁴Konsep dasar pengembangan modul pembelajaran dapat dilihat pada “Konsep Pengembangan Modul Pembelajaran,” ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/386256532_Konsep_Pengembangan_Modul_Pembelajaran.

⁹⁵Lihat “Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Kearifan Lokal Suku Sasak pada Materi IPAS Kelas IV di SDN 27 Cakranegara,” Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/26963>; dan Rahayu, “Pengembangan E-modul Berbasis Kearifan Lokal Krèpè' Tèttè pada Materi Suhu dan Kalor,” Natural Science: Jurnal Penelitian Bidang IPA dan Pendidikan IPA, <https://ejournal.uinib.ac.id/jurnal/index.php/naturalscience/article/view/6873>.

masing-masing diukur melalui lembar validasi ahli, angket respons pengguna, dan instrumen tes hasil belajar.⁹⁶ Dengan demikian, modul yang dikembangkan dalam penelitian ini secara konseptual diposisikan sebagai produk penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) yang memadukan pendekatan STEM, etnosains, dan model pembelajaran 5E (*5E Learning Cycle*) dalam satu kesatuan desain pembelajaran yang kontekstual.

STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat disiplin ilmu tersebut secara terpadu untuk memecahkan permasalahan nyata di kehidupan sehari-hari. Permanasari menjelaskan bahwa pendekatan STEM dalam pembelajaran sains memungkinkan peserta didik tidak hanya memahami konsep secara teoretis, tetapi juga menerapkannya dalam konteks teknologi, rekayasa, dan matematika secara terintegrasi, sehingga pembelajaran menjadi lebih relevan dengan tuntutan abad ke-21.⁹⁷ Etnosains adalah pendekatan yang menjembatani sains asli (pengetahuan tradisional masyarakat) dengan sains ilmiah yang diajarkan secara formal di sekolah. Apabila pendekatan STEM dipadukan dengan etnosains, lahirlah pendekatan yang dikenal sebagai Etno-STEM, yaitu integrasi konteks budaya lokal ke dalam pembelajaran berbasis STEM. Nurhasnah dkk. dalam tinjauan literatur sistematis mengenai Etno-STEM dalam pembelajaran IPA

⁹⁶“Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis Kearifan Lokal Kelas Tinggi di Sekolah Dasar,” ResearchGate, <https://www.researchgate.net/publication/355590068>.

⁹⁷A. Permanasari, “STEM Education: Inovasi dalam Pembelajaran Sains,” *Prosiding SNPS (Seminar Nasional Pendidikan Sains)* 3 (2016): 23–34, sebagaimana dikutip dalam Idrus, “Implementasi STEM Terintegrasi Etnosains (Etno-STEM) di Indonesia: Tinjauan Meta Analisis,” *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, <https://jipp.unram.ac.id/index.php/jipp/article/view/879>.

menyimpulkan bahwa pendekatan ini secara konsisten terbukti meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kreatif, dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik, karena peserta didik belajar melalui konteks budaya yang sudah dikenalnya sehari-hari.⁹⁸

Model pembelajaran 5E (*5E Learning Cycle*) merupakan model pembelajaran inkuiri yang terdiri atas lima tahapan, yaitu *Engagement* (melibatkan peserta didik dan membangkitkan rasa ingin tahu), *Exploration* (eksplorasi konsep melalui pengamatan atau percobaan langsung), *Explanation* (penjelasan konsep yang telah ditemukan), *Elaboration* (penerapan konsep pada situasi baru), dan *Evaluation* (evaluasi pemahaman peserta didik). Maula dkk. dalam kajian penerapan *Learning Cycle 5E* terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik pada mata pelajaran IPA di sekolah dasar menunjukkan bahwa model ini efektif meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik dalam proses belajar.⁹⁹ Penelitian terbaru yang secara khusus menggabungkan pendekatan STEM dengan model *5E Learning Cycle* menunjukkan hasil yang positif terhadap literasi sains dan hasil belajar peserta didik.

Sebuah penelitian kuasi-eksperimen pada mahasiswa pendidikan guru sekolah dasar menemukan bahwa model *5E Learning Cycle* berbasis STEM berpengaruh signifikan terhadap peningkatan literasi sains dan hasil belajar, sehingga model ini dipandang sesuai untuk diadopsi dalam

⁹⁸N. Nurhasnah, M. Azhar, Y. Yohandri, dan F. Arsih, "Etno-STEM dalam Pembelajaran IPA: A Systematic Literature Review," *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan* 10, no. 2 (2022): 147, <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp/article/download/28916/19763>.

⁹⁹Maula dkk., "Implementasi *Learning Cycle 5E* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik pada Mapel IPA di Sekolah Dasar," *Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (JP-IPA)*, <https://jurnal.habi.ac.id/index.php/JP-IPA/article/view/304>.

pengembangan modul pembelajaran IPA yang memadukan STEM dengan konteks etnosains.¹⁰⁰ Dalam modul yang dikembangkan, kelima tahapan model 5E diintegrasikan dengan konteks proses pembuatan tahu takwa sebagai berikut, pada tahap *Engagement*, peserta didik disajikan fenomena atau pertanyaan pemantik terkait proses pembuatan tahu takwa, misalnya mengapa air rebusan kedelai dapat meluap saat mendidih, pada tahap *Exploration*, peserta didik melakukan pengamatan atau simulasi sederhana terkait konsep suhu, kalor, dan pemuaian yang terjadi selama proses produksi tahu, pada tahap *Explanation*, peserta didik dan pendidik bersama-sama merumuskan konsep ilmiah dari hasil eksplorasi yang telah dilakukan, pada tahap *Elaboration*, peserta didik menerapkan konsep yang telah dipahami pada konteks atau permasalahan baru yang relevan, dan pada tahap *Evaluation*, dilakukan penilaian terhadap pemahaman konsep peserta didik melalui instrumen evaluasi yang disusun dalam modul.¹⁰¹ Ketiga komponen tersebut STEM, etnosains, dan model 5E diintegrasikan secara koheren dalam modul, di mana etnosains berperan sebagai sumber konteks pembelajaran (proses pembuatan tahu takwa), STEM berperan sebagai kerangka pengintegrasian disiplin ilmu, dan model 5E berperan sebagai struktur sintaks pembelajaran yang memandu langkah-langkah kegiatan belajar peserta didik dari awal hingga evaluasi akhir.

¹⁰⁰“The Effect of the STEM-Based 5E Learning Cycle Model on Science Literacy and Learning Outcomes of Elementary Teacher Education Students,” Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/view/13617>.

¹⁰¹Tahapan model 5E disusun berdasarkan kerangka umum 5E Learning Cycle yang diuraikan dalam Maula dkk., “Implementasi Learning Cycle 5E.”

Sebuah modul pembelajaran yang baik harus memenuhi sejumlah karakteristik agar dapat digunakan secara optimal oleh peserta didik secara mandiri. Berdasarkan kajian mengenai pengembangan bahan ajar modul, terdapat lima karakteristik utama modul pembelajaran, yaitu *self instructional*, *self contained*, *stand alone* (berdiri sendiri), *adaptive*, dan *user friendly*.¹⁰² Selain kelima karakteristik tersebut, modul yang dikembangkan juga harus memenuhi tiga kriteria kelayakan dalam penelitian pengembangan (R&D), yaitu valid, praktis, dan efektif. Kriteria valid diukur melalui penilaian ahli materi dan ahli media terhadap kesesuaian isi modul dengan kompetensi yang ditargetkan, kriteria praktis diukur melalui angket respons pendidik dan peserta didik terhadap kemudahan penggunaan modul, dan kriteria efektif diukur melalui peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan modul, baik melalui uji ketuntasan klasikal maupun uji statistik perbandingan hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan modul.¹⁰³ Dengan demikian, modul pembelajaran IPA berbasis STEM-Etnosains potensi lokal Kediri “Tahu Takwa” yang dikembangkan dalam penelitian ini secara konseptual diharapkan memenuhi karakteristik modul yang baik (*self instructional*, *self contained*, *stand alone*, *adaptif*, dan *user friendly*), sekaligus memenuhi

¹⁰²Lihat uraian lima karakteristik modul dalam “Pengembangan Bahan Ajar Modul Pembelajaran,” <https://ejournal.aripafi.or.id/index.php/Karakter/article/download/156/221/818>; serta “Pengembangan Modul Praktikum Berorientasi...,” <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/JJEE/article/download/15521/5562>.

¹⁰³Lihat kerangka uji valid, praktis, dan efektif pada “Pengembangan Modul Pembelajaran IPA Berbasis Kearifan Lokal Kelas Tinggi di Sekolah Dasar,” ResearchGate, <https://www.researchgate.net/publication/355590068>; serta hasil serupa pada Rahayu, “Pengembangan E-modul Berbasis Kearifan Lokal Krèpè’ Tètè pada Materi Suhu dan Kalor,” yang melaporkan hasil validitas ahli media sebesar 93,33 persen dengan kriteria sangat layak.

kriteria kelayakan R&D (valid, praktis, dan efektif), sehingga dapat digunakan sebagai bahan ajar yang kontekstual, bermakna, dan relevan dengan kearifan lokal Kota Kediri dalam pembelajaran IPA.¹⁰⁴

¹⁰⁴Bandingkan dengan simpulan umum mengenai modul berbasis kearifan lokal pada Hasibuan, “Peran Modul Berbasis Kearifan Lokal untuk Mendukung Pendidikan Merdeka Belajar,” *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Dasar 1*, no. 1 (2022): 1–10, <https://doi.org/10.34007/ppd.v1i1.201>.