**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi**
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
*Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2294-2302*
*Email: biocasterjournal@gmail.com*

# PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BERBASIS ISU SOSIOSAINTIFIK UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH PADA MATERI PENCEMARAN LINGKUNGAN SISWA KELAS X SMAN 1 HULU GURUNG

**Abel Lestari[1]*, Handi Darmawan[2], & Eka Trisianawati[3]**
[1,2,&3]Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA dan Teknologi, Universitas PGRI Pontianak, Jalan Ampera Nomor 88, Pontianak, Kalimantan Barat 78116, Indonesia
**Email: abellestaryy@gmail.com*
*Submit: 28-06-2026; Accepted: 08-07-2026; Published: 30-10-2026*

**ABSTRAK:** Penelitian ini bertujuan menghasilkan perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik pada materi pencemaran lingkungan serta mendeskripsikan kevalidan dan keefektifannya dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa kelas X SMAN 1 Hulu Gurung. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE. Subjek penelitian terdiri atas validator ahli media dan ahli materi serta siswa kelas X yang dipilih menggunakan teknik *cluster random sampling*. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli dan tes esai kemampuan pemecahan masalah, kemudian dianalisis secara deskriptif persentase dan uji *independent samples t-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran dinyatakan sangat valid dengan rata-rata skor 89,92% dan efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa, dibuktikan dengan nilai signifikansi uji-t sebesar 0,000 (< 0,05) serta rerata *posttest* kelas eksperimen (86,26) yang lebih tinggi daripada kelas kontrol (51,45). Berdasarkan temuan tersebut, perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik layak digunakan sebagai alternatif sumber belajar pada materi pencemaran lingkungan.

**Kata Kunci:** ADDIE, Isu Sosiosaintifik, Kemampuan Pemecahan Masalah, Pencemaran Lingkungan, Perangkat Pembelajaran.

***ABSTRACT:*** *This study aims to produce a socioscientific issue-based learning tool for environmental pollution and to describe its validity and effectiveness in improving the problem-solving skills of tenth-grade students at SMAN 1 Hulu Gurung. The method used was Research and Development (R&D) with the ADDIE model. The research subjects consisted of validators, media experts, material experts, and tenth-grade students selected using a cluster random sampling technique. Data were collected through expert validation sheets and problem-solving essay tests, then analyzed descriptively using percentages and independent samples t-tests. The results showed that the learning tool was declared very valid with an average score of 89.92% and effective in improving students' problem-solving skills, evidenced by a t-test significance value of 0.000 (<0.05) and a higher posttest average for the experimental class (86.26) than the control class (51.45). Based on these findings, the socioscientific issue-based learning tool is suitable for use as an alternative learning resource for environmental pollution.*

***Keywords:*** *ADDIE, Socioscientific Issues, Problem Solving Skills, Environmental Pollution, Learning Tools.*

***How to Cite:*** Lestari, A., Darmawan, H., & Trisianawati, E. (2026). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis Isu Sosiosaintifik untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah pada Materi Pencemaran Lingkungan Siswa Kelas X SMAN 1 Hulu Gurung. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi, 6*(4), 2294-2302. https://doi.org/10.36312/biocaster.v6i4.1765

**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi** *is Licensed Under a CC BY-SA Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.*

**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi**
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
*Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2294-2302*
*Email: biocasterjournal@gmail.com*

## PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi, salah satunya kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan ini penting dikembangkan dalam pembelajaran biologi karena peserta didik tidak hanya dituntut memahami konsep, tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan ilmiah untuk menganalisis dan menemukan solusi terhadap permasalahan lingkungan dalam kehidupan sehari-hari (Mualimin & Pamungkas, 2024). Salah satu permasalahan lingkungan yang relevan untuk dikaji adalah pencemaran lingkungan, yang melibatkan berbagai faktor ilmiah, sosial, dan kehidupan masyarakat. Oleh karena itu, pembelajaran biologi perlu memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan, menganalisis penyebab dan dampaknya, serta merumuskan alternatif solusi berdasarkan bukti ilmiah. Dengan demikian, kemampuan pemecahan masalah menjadi salah satu kompetensi penting yang perlu dikembangkan melalui pembelajaran biologi.

Kemampuan pemecahan masalah siswa Indonesia hingga kini masih tergolong rendah. Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa literasi siswa Indonesia masih rendah, khususnya pada aspek penalaran dan penerapan pengetahuan dalam konteks kehidupan nyata (OECD, 2026), sehingga kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) belum berkembang secara optimal (Hidayati *et al.*, 2026). Kemampuan pemecahan masalah dapat diartikan sebagai proses mengatasi kesulitan dan hambatan untuk mencapai tujuan yang diharapkan (Putri *et al.*, 2024), yang melibatkan pengumpulan data dan pengorganisasian informasi guna menciptakan solusi (Azizah *et al.*, 2017).

Beberapa penelitian terdahulu memperkuat kondisi tersebut. Kemampuan pemecahan masalah siswa SMA kelas X di Lampung dilaporkan masih rendah pada seluruh indikator (Chaerunisa & Pitorini, 2020), dan temuan serupa dilaporkan pula pada siswa SMA lain dengan rata-rata capaian indikator hanya sebesar 23,43% (Marsel & Fadilah, 2025). Kondisi yang sejalan ditemukan pula di SMAN 1 Hulu Gurung, hasil wawancara dengan guru biologi dan angket *self-assessment* menunjukkan bahwa siswa kesulitan mengidentifikasi masalah, menyusun langkah penyelesaian, serta mengaitkan konsep biologi dengan konteks nyata pada materi pencemaran lingkungan. Rata-rata kemampuan pemecahan masalah siswa hanya sebesar 42,25%, dengan capaian terendah pada indikator mengevaluasi pengaruh strategi (41%) dan mengajukan pertanyaan serta menjelaskan strategi (44%). Kondisi ini berbanding terbalik dengan tuntutan kurikulum yang menghendaki sumber daya manusia dengan pemikiran kreatif dan kemampuan pemecahan masalah yang baik (Redhana, 2019).

Permasalahan tersebut mendorong perlunya solusi berupa pengembangan perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik (*Socio-Scientific Issues*/SSI). SSI merupakan pendekatan yang mengangkat isu sains bersifat kontroversial dan tidak terstruktur agar siswa terlibat dalam dialog, diskusi, dan pengambilan keputusan (Dania, 2022). Pendekatan ini melibatkan pengambilan keputusan berbasis sains dan pertimbangan sosial (Dauer *et al.*, 2025) sehingga mendorong siswa mengidentifikasi masalah sebagai tahap awal pemecahan masalah, sekaligus mengembangkan aspek intelektual, moral, dan etika serta kesadaran akan

**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi**
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
*Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2294-2302*
*Email: biocasterjournal@gmail.com*

keterkaitan sains dengan kehidupan nyata (Nurhalimah *et al.*, 2024). Dengan demikian, penerapan SSI dalam perangkat pembelajaran dapat menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual dan bermakna serta meningkatkan kemampuan siswa dalam menganalisis permasalahan dan merumuskan solusi berdasarkan bukti ilmiah.

Keterampilan pemecahan masalah diperlukan dalam berbagai profesi, termasuk guru, agar mampu merespons permasalahan siswa secara tepat (Isna, 2023), dan secara positif dapat meningkatkan prestasi, keterampilan, serta kepercayaan diri siswa (Barnhart *et al.*, 2025). Oleh karena itu, penyediaan perangkat pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik siswa menjadi salah satu solusi atas permasalahan pembelajaran di kelas (Mariyaningsih & Hidayati, 2018), mengingat perangkat pembelajaran berfungsi sebagai pedoman guru dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran secara sistematis (Hidayah & Sunhaji, 2022).

Beberapa penelitian yang relevan menunjukkan bahwa pendekatan SSI efektif dan layak diterapkan pada berbagai materi biologi, misalnya pada pengembangan e-modul biologi kelas XI (Pratiwi & Peniati, 2022), e-modul sistem ekskresi manusia (Itsmidatuzzarqo, 2024), *handout* materi virus (Asmah, 2022), dan buku saku digital bioteknologi (Hutasoit *et al.*, 2025), yang seluruhnya memperoleh kategori valid dan praktis. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum menyasar secara khusus materi pencemaran lingkungan maupun kemampuan pemecahan masalah siswa kelas X, sehingga penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik pada materi pencemaran lingkungan serta mendeskripsikan kevalidan dan keefektifannya dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa kelas X SMAN 1 Hulu Gurung.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi lima tahap, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Model ADDIE dipilih karena memiliki tahapan pengembangan yang rinci, sistematis, dan mudah diterapkan (Sugiyono, 2022). Proses evaluasi dilakukan secara formatif pada setiap tahap pengembangan untuk mengidentifikasi kekurangan dan melakukan perbaikan terhadap produk secara berkelanjutan.

Pada tahap *Analysis*, evaluasi dilakukan melalui penelaahan kebutuhan pembelajaran, karakteristik siswa, permasalahan pembelajaran, serta kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran. Pada tahap *Design*, evaluasi dilakukan dengan meninjau kesesuaian rancangan perangkat pembelajaran, sistematika penyajian, tujuan pembelajaran, dan instrumen penilaian. Pada tahap *Development*, evaluasi dilakukan melalui validasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menilai kelayakan isi, penyajian, bahasa, dan desain produk, kemudian dilakukan revisi berdasarkan saran validator. Pada tahap *Implementation*, evaluasi dilakukan melalui uji coba produk dalam proses pembelajaran untuk mengetahui

**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi**
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
*Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2294-2302*
*Email: biocasterjournal@gmail.com*

keterlaksanaan dan kepraktisan perangkat pembelajaran serta peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa. Selanjutnya, tahap *Evaluation* dilakukan untuk menganalisis keseluruhan hasil pengembangan, mengevaluasi efektivitas produk, dan melakukan penyempurnaan akhir berdasarkan hasil uji coba.

Produk yang dikembangkan berupa perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik (*Socioscientific Issues*/SSI) pada materi pencemaran lingkungan untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. Seluruh komponen tersebut dirancang secara terpadu dengan mengintegrasikan isu-isu sosiosaintifik yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan sebagai konteks pembelajaran untuk mendorong siswa menganalisis permasalahan, mempertimbangkan berbagai sudut pandang, menentukan alternatif solusi, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah.

Subjek penelitian terdiri atas subjek pengembangan dan subjek uji coba produk. Subjek pengembangan meliputi tiga ahli media dan tiga ahli materi yang bertindak sebagai validator, terdiri atas dosen dan guru mata pelajaran terkait. Subjek uji coba produk adalah siswa kelas X SMAN 1 Hulu Gurung yang dipilih menggunakan teknik *cluster random sampling* (Sugiyono, 2019), yaitu kelas X Merdeka 3 untuk uji coba produk skala kecil, kelas X Merdeka 4 sebagai kelas eksperimen (n = 33), dan kelas X Merdeka 2 sebagai kelas kontrol (n = 32).

Prosedur penelitian mengikuti lima tahap model ADDIE. Tahap *analysis* dilakukan melalui analisis tujuan pembelajaran berdasarkan Capaian Pembelajaran Fase E serta analisis kebutuhan siswa melalui wawancara dan angket kemampuan pemecahan masalah. Tahap *design* meliputi perancangan produk berupa modul ajar, bahan ajar, dan LKPD berukuran A5 menggunakan aplikasi *Canva*. Tahap *development* mencakup validasi produk oleh ahli media dan ahli materi beserta revisi berdasarkan saran validator. Tahap *implementation* meliputi uji coba instrumen tes serta penerapan perangkat pembelajaran pada kelas eksperimen dan kelas kontrol. Tahap *evaluation* dilakukan untuk menilai ketercapaian kriteria kevalidan dan keefektifan perangkat pembelajaran yang dikembangkan.

Pengumpulan data dilakukan melalui teknik pengukuran dan penyebaran angket. Instrumen yang digunakan terdiri atas dua alat utama, yaitu: 1) lembar validasi ahli media dan ahli materi dengan skala *Likert* 1-5 yang diberikan kepada validator untuk menilai kelayakan produk; dan 2) tes esai kemampuan pemecahan masalah sebanyak sepuluh soal yang diberikan kepada siswa. Instrumen tes tersebut telah melalui uji validitas, tingkat kesukaran, daya pembeda, dan reliabilitas menggunakan SPSS 25. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tujuh soal dinyatakan valid dengan koefisien reliabilitas sebesar 0,90 (kategori sangat tinggi), sehingga tujuh soal tersebut digunakan sebagai instrumen *posttest*.

Data kevalidan dianalisis secara deskriptif persentase. Data keefektifan dianalisis melalui uji normalitas *Shapiro-Wilk*, uji homogenitas *Levene*, dan uji *independent samples t-test* berbantuan SPSS 25 untuk mengetahui perbedaan kemampuan pemecahan masalah antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Data hasil analisis kemudian digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kevalidan produk serta mengukur efektivitas perangkat pembelajaran dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa.

**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi**
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
*Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2294-2302*
*Email: biocasterjournal@gmail.com*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil validasi menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik memperoleh rata-rata skor ahli media sebesar 88,14% dan ahli materi sebesar 91,71%, dengan rata-rata keseluruhan 89,92% pada kategori sangat valid, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Validasi Ahli Media dan Ahli Materi.**

| Aspek Validasi | Validator I | Validator II | Validator III | Rata-rata | Kriteria |
|---|---|---|---|---|---|
| Ahli Media | 90,37% | 85,18% | 88,88% | 88,14% | Sangat Valid |
| Ahli Materi | 86,48% | 89,18% | 99,45% | 91,71% | Sangat Valid |
| Rata-rata | – | – | – | 89,92% | Sangat Valid |

Perolehan skor tersebut menunjukkan bahwa perangkat pembelajaran memiliki kualitas kegrafikan serta kelayakan isi, penyajian, dan bahasa yang baik. Validasi oleh ahli merupakan tahapan penting dalam penelitian pengembangan untuk memastikan produk memenuhi standar kelayakan sebelum digunakan dalam pembelajaran (Branch, 2023; Safnowandi, 2024). Penyajian materi yang kontekstual, sistematis, dan didukung ilustrasi yang sesuai dapat meningkatkan atensi serta keterlibatan siswa dalam pembelajaran (Syafei, 2025), sejalan dengan pendapat bahwa kualitas visual dan kemudahan penggunaan media dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran (Smaldino *et al.*, 2022). Hasil validasi ahli juga menjadi indikator utama dalam menentukan kelayakan suatu perangkat pembelajaran sebelum diimplementasikan (Alfiani, 2025).

Keefektifan perangkat pembelajaran diuji melalui desain *posttest-only control group* antara kelas eksperimen (n = 33) dan kelas kontrol (n = 32). Uji normalitas *Shapiro-Wilk* menunjukkan data kedua kelas berdistribusi normal (Sig. kontrol = 0,157; Sig. eksperimen = 0,063; keduanya > 0,05), sedangkan uji homogenitas *Levene* menunjukkan *varians* kedua kelas tidak homogen (F = 12,858; Sig. = 0,001 < 0,05). Hasil uji *independent samples t-test* pada baris *equal variances not assumed* menunjukkan sig. (*2-tailed*) = 0,000 (< 0,05), sehingga $H_0$ ditolak dan Ha diterima, seperti disajikan pada Tabel 2. Rerata *posttest* kelas eksperimen (86,26) secara signifikan lebih tinggi daripada kelas kontrol (51,45), dengan ketuntasan klasikal mencapai 96,97%.

**Tabel 2. Hasil Uji Prasyarat dan Uji Hipotesis.**

| Jenis Uji | Statistik | Nilai | Keterangan |
|---|---|---|---|
| Normalitas (*Shapiro-Wilk*) | Sig. Kontrol | 0,157 | Normal (> 0,05) |
| Normalitas (*Shapiro-Wilk*) | Sig. Eksperimen | 0,063 | Normal (> 0,05) |
| Homogenitas (*Levene*) | F/ Sig. | 12,858/ 0,001 | Tidak Homogen |
| *Independent Samples t-test* | Sig. (*2-tailed*) | 0,000 | Signifikan (< 0,05) |

Hasil tersebut membuktikan bahwa perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa. Tahap kontekstualisasi mendorong siswa mengaitkan konsep dengan permasalahan nyata di lingkungannya (Anisyah *et al.*, 2025); tahap investigasi melatih siswa mencari informasi dan menyusun argumen berbasis bukti ilmiah sehingga meningkatkan kemampuan berpikir kritis (Devi & Hariyono, 2024); tahap pengambilan keputusan melatih siswa mengevaluasi alternatif solusi serta

**Biocaster : Jurnal Kajian Biologi**
E-ISSN 2808-277X; P-ISSN 2808-3598
*Volume 6, Issue 4, October 2026; Page, 2294-2302*
*Email: biocasterjournal@gmail.com*

mempertanggungjawabkan keputusan secara logis (Ridho, 2024); dan tahap refleksi melatih kemampuan metakognitif siswa dalam menilai kembali strategi penyelesaian masalah yang telah digunakan (Merkebu *et al.*, 2024). Temuan ini sejalan dengan pendapat bahwa perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah karena siswa terlibat aktif dalam menganalisis masalah nyata dan mencari solusi berdasarkan konsep sains (Irwandani, 2025), serta pandangan bahwa kemampuan pemecahan masalah berperan penting dalam melatih cara berpikir kritis, analitis, dan kreatif siswa (Natacya *et al.*, 2026; Ridho, 2024).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa perangkat pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik pada materi pencemaran lingkungan dinyatakan sangat valid dengan rata-rata skor ahli media dan ahli materi sebesar 89,91%, serta efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah siswa kelas X SMAN 1 Hulu Gurung, yang dibuktikan melalui hasil uji *independent samples t-test* (sig. = 0,000 < 0,05) dan rerata *posttest* kelas eksperimen yang lebih tinggi daripada kelas kontrol.

## SARAN

Penelitian ini masih terbatas pada implementasi di satu sekolah dengan jumlah sampel yang relatif kecil serta waktu pembelajaran yang terbatas untuk mengoptimalkan seluruh tahapan pembelajaran berbasis isu sosiosaintifik. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih luas, menerapkan perangkat dalam jangka waktu yang lebih panjang, serta mengkaji pengaruhnya terhadap kemampuan abad ke-21 lainnya, seperti berpikir kritis, argumentasi ilmiah, dan literasi sains.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Rektor Universitas PGRI Pontianak, Dekan Fakultas MIPA dan Teknologi, serta Ketua Program Studi Pendidikan Biologi, atas motivasi dan kesempatan yang diberikan. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan saran perbaikan selama penelitian ini berlangsung, serta kepada pihak SMAN 1 Hulu Gurung atas izin dan dukungan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada seluruh validator ahli media dan ahli materi atas masukan yang diberikan untuk penyempurnaan produk, serta kepada keluarga dan rekan sejawat atas dukungan yang diberikan hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## DAFTAR RUJUKAN

Alfiani, P. (2025). Pengembangan E-Modul Berbasis CTL (*Contextual Teaching and Learning*) Menggunakan *Liveworksheets* untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Disertasi*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Angga, A., & Muhtar, T. (2022). Relevansi Pedagogik Kritis dalam Pendidikan di

Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Basicedu, 6*(4), 5685-5691. https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3112

Anisyah, A., Aini, I. Q., Jannah, L., & El Fajariyah, N. (2025). Implementasi Pembelajaran Kontekstual Berbasis Media Daun dalam Pembelajaran IPA. *Solusi: Jurnal Pengabdian Pendidikan, 1*(2), 61-71. https://doi.org/10.59829/1grzhm24

Asmah, D. W. (2022). Pengembangan *Handout* Berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI) pada Materi Virus untuk Siswa Kelas X IPA di MA Ma'arif Ambulu Jember. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember.

Azizah, A., Aeni, A. N., & Maulana, M. (2017). Pengaruh Pendekatan *Problem-Centered Learning* terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah dan Disposisi Matematis Siswa. *Jurnal Pena Ilmiah, 2*(1), 861-870. https://doi.org/10.17509/jpi.v2i1.11222

Bariyyah, K. (2021). Problem Solving Skills: Essential Skills Challenges for the 21st Century Graduates. *Jurnal EDUCATIO: Jurnal Pendidikan Indonesia, 7*(1), 71-80. https://doi.org/10.29210/120212843

Barnhart, T., Johnson, H. J., & Tekkumru-Kisa, M. (2025). Pre-Service Teachers Notice Student Thinking: Then What? *Journal of Teacher Education, 76*(1), 57-70. https://doi.org/10.1177/00224871231220604

Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Berlin: Springer.

Chaerunisa, Z. F., & Pitorini, D. E. (2020). Profil Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMA Mata Pelajaran Biologi. *Bio-Pedagogi : Jurnal Pembelajaran Biologi, 11*(1), 45-53. https://doi.org/10.20961/bio-pedagogi.v11i1.51644

Dania, E. P. (2022). Pengembangan E-Modul Biologi Berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI) untuk Meningkatkan Literasi Sains pada Materi Perubahan Lingkungan Kelas X SMAN 16 Bandar Lampung. *Disertasi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

Dauer, J., Kirby, C. & Sorensen, A. (2025). Defining Students' Socioscientific Issues Classroom Decision-Making Components and Practice Proficiencies. *Discip Interdscip Sci Educ Res., 7*, 1-24. https://doi.org/10.1186/s43031-025-00132-0

Devi, F. D., & Hariyono, E. (2024). Pembelajaran Materi Perubahan Iklim dengan Model *Guided Inquiry* Menggunakan Pendekatan *Socio Scientific Issues* (SSI) untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran, 3*(1), 16-24. https://doi.org/10.58706/jipp.v3n1.p16-24

Hidayah, N., & Sunhaji, S. (2022). Efikasi Guru dalam Menyusun Perangkat Pembelajaran melalui *Workshop* di SMP Negeri 2 Banyumas. *Jurnal Kependidikan, 10*(1), 45-60. https://doi.org/10.24090/jk.v10i1.7695

Hidayati, N., Ferazona, S., Rahmayulis, P. A., Chairunnisa, S., & Aprilia, M. (2026). Belajar Biologi dari Isu Nyata: Kelas Inspiratif Berbasis *Socio-Scientific Issues* sebagai Strategi Penguatan *Higher-Order Thinking Skills* (HOTS). *Community Education Engagement Journal, 8*(1), 10-20.

https://doi.org/10.25299/ceej.v8i1.27287

Hutasoit, D. P., Gultom, E. S., & Hafzari, R. (2025). Pengembangan Bahan Ajar Buku Saku Digital Berbasis *Socio-Scientific Issues* (SSI) pada Materi Bioteknologi Kelas IX SMP. *JB&P : Jurnal Biologi dan Pembelajarannya, 12*(2), 216-228. https://doi.org/10.29407/jbp.v12i2.25813

Irwandani, I. (2025). Model Pembelajaran Kritis-Kolaboratif untuk Membangun Keterampilan Abad 21 Calon Guru IPA dalam Konteks Isu Sosiosaintifik. *Disertasi*. Universitas Lampung.

Isna, D. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran *Problem Solving* Berpendekatan Multipel Representasi terhadap Keterampilan Proses Sains. *Disertasi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.

Itsmidatuzzarqo, D. (2024). Pengembangan E-Modul Biologi Berbasis *Socio-Scientific-Issue* (SSI) pada Materi Sistem Ekskresi Manusia Kelas XI MA. *Skripsi*. Institut Agama Islam Negeri Syekh Nurjati.

Lase, D. (2019). Pendidikan di Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Sundermann, 12*(2), 28-43. https://doi.org/10.36588/sundermann.v1i1.18

Mariyaningsih, N., & Hidayati, M. (2018). *Bukan Kelas Biasa: Teori dan Praktik Berbagai Model dan Metode Pembelajaran Menerapkan Inovasi Pembelajaran di Kelas-kelas Inspiratif*. Surakarta: CV. Kekata Group.

Marsel, F. O., & Fadilah, M. (2025). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Berdasarkan Kemampuan Awal dalam Pembelajaran Biologi di Kelas X SMA Pembangunan Laboratorium UNP. *Biodik : Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, 17*(1), 1-10. https://doi.org/10.22437/biodik.v11i02.44795

Merkebu, J., Veen, M., Hosseini, S., & Varpio, L. (2024). The Case for Metacognitive Reflection: A Theory Integrative Review with Implications for Medical Education. *Advances in Health Sciences Education, 29*(4), 1481-1500. https://doi.org/10.1007/s10459-023-10310-2

Mualimin, M., & Pamungkas, R. (2024). Holistic Higher-Order Thinking in Solving Environmental Problems: A Profile of Indonesian Undergraduate Students. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia, 10*(3), 804-812. https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.36426

Natacya, T. D., Handoyo, E., Aricindy, A., Armaidi, I. E., & Christina, T. Y. (2026). *Systematic Literature Review*: Media Digital Kearifan Lokal dalam Meningkatkan Hasil Kognitif Siswa SD. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar, 10*(1), 201-228. https://doi.org/10.26811/didaktika.v10i1.2039

Nurhalimah, S., Selfa, S. K., Amanda, U., & Ilmi, D. (2024). Penguatan Pendidikan Peserta Didik melalui Keterampilan 4C dengan Mengimplementasikan Pembelajaran Abad 21 dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam. *Jurnal Ilmu Pendidikan Islam, 2*(1), 239-249. https://doi.org/10.59059/al-tarbiyah.v2i1.799

OECD. (2026). *PISA 2025 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing.

Pratiwi, G. A. A., & Peniati, E. (2022). The Development of E-Module Based on Socio-Scientific Issues Human Reproductive System Material to Improve

Critical Thinking Ability in High School Students. *Journal of Biology Education, 11*(3), 388-396. https://doi.org/10.15294/jbe.v11i3.60891

Putri, A. E., Manurung, E. P. F., Wini, S. I., & Fazriah, Z. A. (2024). Pengaruh Efikasi Diri terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematika. *Jurnal Media Akademik (JMA), 2*(12), 1-16. https://doi.org/10.62281/v2i12.1324

Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan Keterampilan Abad ke-21 dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia, 13*(1), 2239-2253. https://doi.org/10.15294/jipk.v13i1.17824

Ridho, A. (2024). Proses Pengambilan Keputusan dan Solusi dalam Manajemen Pendidikan Islam. *Salam Institute Islamic Studies, 1*(1), 40-49. https://doi.org/10.67716/wtys7n28

Safnowandi, S. (2024). Validitas Petunjuk Praktikum Ekologi: Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Berbasis Lingkungan. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi, 4*(4), 164-170. https://doi.org/10.36312/biocaster.v4i4.324

Smaldino, S. E., Lowther, D. L., & Mims, C. (2022). *Instructional Technology and Media for Learning (12th Ed.)*. London: Pearson.

Sugiyono, S. (2019). *Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D)*. Bandung: CV. Alfabeta.

Sugiyono, S. (2022). *Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D)*. Bandung: CV. Alfabeta.

Syafei, I. (2025). *Media Pembelajaran*. Bandung: CV. Widina Media Utama.