



## Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan

Volume 6 Nomor 3 Juni 2024 Halaman 2701 - 2722

<https://edukatif.org/index.php/edukatif/index>

### Kajian Pedagogik : Strategi Pembelajaran pada Konsep Ekosistem dan Lingkungan untuk Siswa SMA

Ridwan<sup>1</sup>, Solikhah Isti Fadilah<sup>2</sup>, Adika Muhammad Aziz<sup>3</sup>, Kusnadi<sup>4✉</sup>,

Taufik Rahman<sup>5</sup>, Febrian Virijai<sup>6</sup>

Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia<sup>1,2,3,4,5,6</sup>

e-mail : [ridwantanjung@upi.edu](mailto:ridwantanjung@upi.edu)<sup>1</sup>, [solikhahisti@upi.edu](mailto:solikhahisti@upi.edu)<sup>2</sup>, [adikaaziz@upi.edu](mailto:adikaaziz@upi.edu)<sup>3</sup>, [kusnadi@upi.edu](mailto:kusnadi@upi.edu)<sup>4</sup>,  
[taufikrahman@upi.edu](mailto:taufikrahman@upi.edu)<sup>5</sup>, [febrianvirijai@upi.edu](mailto:febrianvirijai@upi.edu)<sup>6</sup>

#### Abstrak

Pendidikan ekologi dan lingkungan memegang peran penting dalam membentuk kesadaran dan keterlibatan siswa dalam mengatasi tantangan lingkungan global. Artikel ini membahas kajian pedagogik mengenai strategi pembelajaran pada konsep ekosistem dan lingkungan untuk siswa SMA. Melalui pendekatan transformatif, artikel ini menyoroti pentingnya memanfaatkan berbagai media dan metodologi pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman siswa dan mengaitkan pengetahuan dengan konteks nyata. Dengan fokus pada pemikiran kritis dan keterlibatan siswa dalam solusi masalah lingkungan, pendidikan yang efektif diharapkan dapat membentuk generasi yang siap menghadapi tantangan keberlanjutan di masa depan. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pengembangan kurikulum ekologi dan lingkungan yang holistik dan interaktif.

**Kata Kunci:** Pendidikan, Ekologi, Lingkungan, Strategi Pembelajaran, Siswa SMA.

#### Abstract

*Ecological and environmental education plays an important role in shaping students' awareness and involvement in addressing global environmental challenges. This article discusses a pedagogical review of learning strategies on ecosystems and environmental concepts for high school students. Through a transformative approach, this article highlights the importance of utilizing various learning media and methodologies to enhance student understanding and link knowledge to real-life contexts. With a focus on critical thinking and student engagement in the solution of environmental problems, effective education is expected to shape a generation ready to face future sustainability challenges. This research provides important insights for the development of a holistic and interactive ecology and environment curriculum.*

**Keywords:** Education, Ecology, Environment, Learning Strategy, High School Students.

Copyright (c) 2024 Ridwan, Solikhah Isti Fadilah, Adika Muhammad Aziz, Kusnadi,  
Taufik Rahman, Febrian Virijai

✉ Corresponding author :

Email : [kusnadi@upi.edu](mailto:kusnadi@upi.edu)

DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6975>

ISSN 2656-8063 (Media Cetak)

ISSN 2656-8071 (Media Online)

## PENDAHULUAN

Pendidikan yang berkualitas merupakan salah satu dari tujuh belas tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) yang dicanangkan oleh UN (Prieto-Jiménez et al., 2021). Pendidikan yang berkualitas menjadi fokus dalam pembangunan berkelanjutan karena menjadi salah satu modal dalam membelajarkan manusia. Upaya yang dilakukan dalam mewujudkan pendidikan yang berkualitas adalah dengan mengimplementasikan sistem pendidikan yang baik. Salah satu bagian yang penting dalam sistem pendidikan adalah kurikulum pendidikannya. Di Indonesia, kurikulum pendidikan terus dikembangkan dan diperbaharui dengan tujuan untuk mewujudkan pendidikan yang lebih berkualitas. Kurikulum yang sedang dipakai di Indonesia yaitu Kurikulum Merdeka yang menekankan pada kualitas hasil belajar siswa dalam memahami dan mengimplementasikan materi pelajaran, salah satunya adalah materi ekologi dan lingkungan.

Ekologi dan lingkungan menjadi salah satu tema besar topik pembelajaran dalam biologi. Ekologi adalah bidang materi yang kompleks dan dinamis (Knapp & D'Avanzo, 2010). Materi ekologi bukan suatu materi tersendiri, melainkan gabungan dari beberapa materi-materi lain yang membangun suatu konsep yang lebih luas. Konsep dalam ekologi dapat dipahami jika kita memahami ekologi dari semua sudut pandang bidang keilmuan yang terkait. Ekologi juga sangat berkaitan dengan aktivitas manusia (Bestelmeyer et al., 2015) dan membentuk kesatuan (Spellman et al., 2016). Karakteristik materi ekologi yang dekat dengan kehidupan manusia menjadikan materi ini sangat penting dan kontekstual untuk diajarkan di sekolah.

Ekologi harus diajarkan kepada seluruh siswa karena adanya urgensi untuk mempersiapkan generasi ekologis (Cooke et al., 2021). Generasi ekologis akan membentuk masyarakat yang peduli akan lingkungan dan kelangsungan ekosistem. UNESCO juga menginstruksikan agar semua institusi pendidikan harus mendorong pengembangan kompetensi ekologi sebagai kompetensi yang berkelanjutan (Vesterinen, 2023). Melalui ekologi, siswa dituntut untuk membina kesadaran lingkungan (Indriyani et al., 2020). Masyarakat yang sadar akan lingkungan tidak akan berpikir atau bertindak pada kegiatan yang merugikan lingkungan atau ekosistem. Aktivitas manusia yang sadar akan lingkungan akan mempertimbangkan kehidupan dimasa yang akan datang bagi keturunannya.

Sayangnya, saat ini kepedulian masyarakat pada lingkungan masih tergolong rendah serta perilaku masyarakat pro-lingkungan masih berjalan lambat dan tidak konsisten (Portus et al., 2024). Menurut data Badan Pusat Statistik, indeks perilaku ketidakpedulian lingkungan hidup Indonesia tahun 2018 cukup tinggi dengan mencapai skor 0,51 (Siddiq et al., 2020). Tingginya angka ketidakpedulian masyarakat Indonesia menunjukkan bahwa masih banyak orang yang belum paham dengan pentingnya lingkungan dan masalah yang diakibatkan oleh rusaknya lingkungan. Hal tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah (1) masih terdapat miskonsepsi materi ekologi dan lingkungan di sekolah (Devi Imaningtyas et al., 2016), (2) kesulitan dalam memahami konsep materi (L. N. Azizah & Rosdiana, 2022), serta (3) pengelolaan kelas dan pembelajaran kurang baik (Hasanah et al., 2021). Penelitian oleh (Putrawan, 2015) menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif antara pengetahuan tentang ekosistem terhadap paradigma lingkungan siswa. Pendidikan dianggap sebagai faktor yang paling berpengaruh dalam menentukan perilaku manusia terhadap lingkungan (Praminingsih et al., 2021). Hal ini sejalan dengan teori Dunlap yang menjelaskan bahwa seseorang yang memiliki kepedulian lingkungan akan memiliki pandangan terhadap dunia yang mendasar dibanding seseorang yang tidak peduli terhadap lingkungan (Dunlap & Catton, 2022).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi mengenai strategi pembelajaran yang telah diimplementasikan dalam pembelajaran khususnya pada materi ekologi dan perubahan lingkungan. Strategi pembelajaran yang dianalisis difokuskan pada penggunaan pendekatan, model, metode, dan media pembelajaran yang ada pada pembelajaran ekologi dan perubahan lingkungan. Hasil analisis tersebut akan mendeskripsikan sejauh mana penggunaan strategi pembelajaran yang telah diterapkan dalam kelas dapat berdampak positif terhadap hasil pembelajaran. Dengan demikian, strategi pembelajaran yang paling tepat

dapat dirancang dan dikembangkan guna mewujudkan suatu pembelajaran yang lebih berkualitas. Artikel ini menyoroti pentingnya peningkatan kesadaran dan kemauan siswa untuk mengkaji isu lingkungan, dengan fokus khusus pada pembahasan mengenai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) di Indonesia. Kebaruan dari artikel ini terletak pada dorongan eksplisit agar guru mampu mendorong siswa Indonesia lebih aktif dalam ESD (Education for Sustainable Development) guna mencapai target-target SDGs. Sebelumnya, kajian mengenai keterlibatan siswa dalam isu-isu SDGs di Indonesia masih terbatas dan belum menekankan harapan terhadap peningkatan partisipasi siswa. Artikel ini diharapkan dapat mengisi kekosongan tersebut dengan memberikan wawasan dan dorongan bagi lebih banyak siswa untuk mengkaji dan terlibat aktif dalam upaya pencapaian SDGs melalui pendidikan dan tindakan nyata di lapangan. Harapannya, dengan meningkatnya minat dan keterlibatan siswa dalam isu-isu lingkungan dan SDGs, Indonesia dapat lebih cepat mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan yang telah ditetapkan.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode *systematic literature review* pada hasil penelitian yang berkaitan dengan materi ekologi dan lingkungan. *Systematic literature review* dilakukan pada artikel penelitian yang telah dipublikasi dan terindeks SINTA 1-6 atau SCOPUS Q1-Q4 sebanyak 52 artikel dalam kurun waktu 2018-2024. Kriteria artikel yang dianalisis adalah artikel penelitian yang membahas topik tentang penggunaan pendekatan, model, metode, dan media pembelajaran pada materi ekologi dan lingkungan. Pencarian artikel dilakukan dengan bantuan aplikasi Publish or Perish (PoP) dengan menggunakan kata kunci ‘Strategi pembelajaran ekologi’ atau ‘strategi pembelajaran ekosistem’ atau strategi pembelajaran perubahan lingkungan’. Selanjutnya dilakukan seleksi terhadap artikel yang telah dipilih. Artikel-artikel yang telah dipilih kemudian dikelompokkan berdasarkan kategorinya masing-masing dan dibuatkan grafik. Analisis kemudian dilakukan terhadap data tersebut sehingga dapat dihasilkan deskripsi penggunaan strategi pembelajaran yang paling efektif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan kajian dan evaluasi dari berbagai riset yang meliputi tinjauan literatur dan studi empiris, diperoleh berbagai metodologi penelitian tentang pembelajaran ekologi dan lingkungan yang berlangsung baik secara lokal di Indonesia maupun internasional. Ringkasan dari hasil-hasil tersebut disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Analisis tentang penelitian pembelajaran ekologi dan lingkungan**

| No | Author                        | Fokus Penelitian                                                                                                 |
|----|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | (Rahman et al., 2019)         | Modul Berbasis ESD                                                                                               |
| 2  | (Murti et al., 2022)          | Buku Pedoman Praktikum Ekologi                                                                                   |
| 3  | (Aswin et al., 2018)          | Pemanfaatan bahan ajar berbasis potensi lokal (E-Book)                                                           |
| 4  | (Wahyuni et al., 2022)        | E-LKPD pada materi Ekologi                                                                                       |
| 5  | (Suryaningsih & Aripin, 2020) | Ecopreneurship pada materi Ekologi                                                                               |
| 6  | (Zulhalifah et al., 2021)     | Bahan ajar berbasis nilai ekologi mangrove                                                                       |
| 7  | (Alvia et al., 2020)          | Bahan ajar berbasis PBL                                                                                          |
| 8  | (Nurwidodo et al., 2022)      | pendekatan pembelajaran biologi yang menggunakan teknik eco-mapping untuk meningkatkan literasi lingkungan siswa |
| 9  | (Oyelere et al., 2020)        | Implementasi ekosistem pembelajaran cerdas dengan digital bercerita dan blockchain                               |
| 10 | (Harris et al., 2020)         | Integrasi pembelajaran aktif dan pengajaran inklusif dengan media online                                         |
| 11 | (Häggström & Schmidt, 2020)   | Penerapan pedagogi kritis berbasis tempat (place-based) dapat                                                    |

| No | Author                               | Fokus Penelitian                                                                                                                                      |
|----|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                      | meningkatkan literasi anak-anak, baik literasi bahasa maupun literasi ekologis.                                                                       |
| 12 | (Kamarainen et al., 2018)            | Penggunaan AR dan VR dalam materi lingkungan                                                                                                          |
| 13 | (Souza & Marques, 2022)              | Implementasi ECO-Gamification dalam meningkatkan ESD                                                                                                  |
| 14 | (Navarro-Espinosa et al., 2022)      | Menggunakan gamification                                                                                                                              |
| 15 | (Mitchell et al., 2024)              | Kursusus, lokakarya dan seminar                                                                                                                       |
| 16 | (Hasanah et al., 2021)               | Media peta konsep                                                                                                                                     |
| 17 | (Novelina et al., 2023)              | Media Flipbook Digital                                                                                                                                |
| 18 | (Heim & Holt, 2021)                  | Media Board Game                                                                                                                                      |
| 19 | (Gerhart & Anderton, 2021)           | Video homework assignments                                                                                                                            |
| 20 | (Ryo, 2024)                          | Menyelidiki penggunaan kecerdasan buatan (artificial intelligence) dan pembelajaran mesin (machine learning) dalam konteks ekologi                    |
| 21 | (Nurulita & HB, 2022)                | Efektivitas penggunaan modul elektronik berbasis pemecahan masalah (problem-based e-module) sebagai suplemen pembelajaran materi perubahan lingkungan |
| 22 | (Tabak et al., 2019)                 | Penggunaan teknik pembelajaran mesin (machine learning                                                                                                |
| 23 | (Christin et al., 2019)              | Mengeksplorasi berbagai aplikasi dari teknik pembelajaran mendalam (deep learning) dalam bidang ekologi.                                              |
| 24 | (Pichler et al., 2020)               | Mengeksplorasi penggunaan algoritma pembelajaran mesin (machine learning)                                                                             |
| 25 | (Borowiec et al., 2022)              | Mengeksplorasi berbagai aplikasi dari teknik pembelajaran mendalam (deep learning) sebagai alat dalam bidang ekologi dan evolusi.                     |
| 26 | (Wyatt et al., 2022)                 | Mengeksplorasi penggunaan metode ensemble untuk meningkatkan kestabilan dan ketangguhan (robustness)                                                  |
| 27 | (Lestari, 2020)                      | Metode pembelajaran kreatif berbasis proyek                                                                                                           |
| 28 | (Harris et al., 2020)                | Metode pembelajaran aktif                                                                                                                             |
| 29 | (Kholghi et al., 2018)               | Mengeksplorasi penggunaan pembelajaran aktif dalam mengklasifikasikan rekaman audio jangka panjang dari lingkungan                                    |
| 30 | (Malek et al., 2019)                 | Metode pembelajaran aktif                                                                                                                             |
| 31 | (Oyelere et al., 2020)               | Metode bercerita                                                                                                                                      |
| 32 | (Conca et al., 2024)                 | Metode simulasi peran (role-playing simulation)                                                                                                       |
| 33 | (Ruhl et al., 2022)                  | Metode praktikum                                                                                                                                      |
| 34 | (Iftach & Shapira-Lishchinsky, 2023) | Metode simulasi peran (role-playing simulation)                                                                                                       |
| 35 | (Siddiq et al., 2020)                | Problem based learning terhadap literasi lingkungan siswa SMP pada materi pencemaran lingkungan                                                       |
| 36 | (Burrow, 2018)                       | Penggunaan model problem based learning                                                                                                               |
| 37 | (Fitria & Indra, 2020)               | Penggunaan model problem based learning                                                                                                               |
| 38 | (Ionita & Simatupang, 2020)          | Penggunaan model problem based learning                                                                                                               |
| 39 | (Andriyatno et al., 2023)            | Penggunaan model problem based learning                                                                                                               |
| 40 | (Pakaya et al., 2023)                | Penggunaan model problem based learning                                                                                                               |
| 41 | (Anita et al., 2020)                 | Penggunaan model problem based learning berbasis STEM                                                                                                 |

| No | Author                             | Fokus Penelitian                        |
|----|------------------------------------|-----------------------------------------|
| 42 | (Hasanah et al., 2021)             | Penggunaan model problem based learning |
| 43 | (Harahap & Harahap, 2021)          | Penggunaan model inkuiri                |
| 44 | Zhang, et al., 2022                | Pendekatan kontekstual                  |
| 45 | (Acharya et al., 2022)             | Pendekatan kontekstual                  |
| 46 | (Oe et al., 2022)                  | Pendekatan ESD                          |
| 47 | (Schneiderhan-Opel & Bogner, 2021) | Pendekatan ESD                          |
| 47 | (Vesterinen, 2024)                 | Pendekatan ESD                          |
| 48 | (Maurer & Bogner, 2019)            | Pendekatan ESD                          |
| 49 | (Müller et al., 2021)              | Pendekatan ESD                          |
| 50 | (Nurma et al., 2024)               | Pendekatan STEM                         |
| 51 | (Yasifa et al., 2023)              | Pendekatan STEM                         |
| 52 | (Holmlund et al., 2018)            | Pendekatan STEM                         |

Hasil penelusuran menemukan 52 artikel yang sesuai dengan kriteria. Berdasarkan analisis berbagai penelitian selama lima tahun terakhir, terdapat tren pola penelitian yang dilakukan. Hasil analisis dijelaskan sebagai berikut.

### 1. Strategi pedagogi materi ekologi dan lingkungan berdasarkan sumber penelitian

Mengembangkan pemahaman ekologi dan lingkungan dalam pendidikan dapat dilaksanakan melalui berbagai strategi pedagogis yang didasarkan pada riset. Salah satunya adalah pembelajaran berbasis inquiry, yang mendorong siswa untuk membuat pertanyaan dan mencari jawaban melalui eksplorasi praktis. Pembelajaran berbasis proyek mengajak siswa terjun langsung dalam menangani isu lingkungan aktual, seringkali melibatkan studi kasus nyata yang mengintegrasikan pengetahuan ekologi ke dalam solusi yang berkelanjutan (Himes et al., 2023). Kunjungan lapangan ke ekosistem lokal atau pusat-pusat konservasi menjadi cara penting untuk membawa konsep ekologi ke dalam konteks dunia nyata, memberikan siswa pengalaman langsung yang mendalam (Behrendt & Franklin, 2014). Pendekatan STEM dipandang sebagai cara efektif untuk menggabungkan pembelajaran ekologi dengan teknologi, teknik, dan matematika, memberikan siswa perspektif interdisipliner dan meningkatkan keterampilan problem solving mereka (Holmlund et al., 2018). Aktivitas laboratorium dan penggunaan alat simulasi juga menjadi instrumen penting dalam memahami proses-proses ekologis secara terkontrol dan terperinci (Aljuhani et al., 2018). Dialog dan debat di kelas memberikan kesempatan untuk mendalami beragam perspektif terkait masalah lingkungan, mendorong analisis kritis dan pemikiran etis di antara siswa. Strategi-strategi ini, ketika digabungkan, dapat menciptakan pengalaman belajar yang kaya dan dinamis, sekaligus menanamkan kesadaran lingkungan yang kuat pada peserta didik (Azizah et al., 2022).

Lebih lanjut, pendekatan pembelajaran kontekstual dan ESD juga mampu menghubungkan materi ajar dengan situasi yang relevan bagi kehidupan siswa, dengan demikian meningkatkan pemahaman dan keterlibatan mereka dalam materi (Vesterinen, 2024). Melalui kerja sama dengan komunitas, seperti melibatkan siswa dalam proyek restorasi lingkungan atau inisiatif daur ulang, siswa dapat belajar tentang tanggung jawab sosial dan kontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan. Pembelajaran berbasis media digital juga merupakan alat yang semakin penting dan relevan, memanfaatkan aplikasi, permainan edukatif, serta platform online untuk mengakses informasi dan sumber daya tentang ekologi dan lingkungan. Melalui penerapan berbagai metode pedagogi ini, pendidikan ekologi dan lingkungan tidak hanya memperkaya kurikulum tetapi juga membentuk warga negara muda yang sadar dan siap menghadapi tantangan lingkungan masa kini dan masa depan.

## 2. Pendekatan pembelajaran terhadap materi ekologi dan lingkungan

Analisis pendekatan pembelajaran materi ekosistem dan perubahan lingkungan yang diidentifikasi dari berbagai sumber dijelaskan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Analisis Pendekatan Pembelajaran pada Materi Ekologi dan Lingkungan.**

| No | Pendekatan Pembelajaran | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Pendekatan Kontekstual  | Pendekatan yang dapat digunakan dalam melakukan pembelajaran konsep ekologi dan lingkungan yaitu pendekatan kontekstual. Pendekatan kontekstual yaitu pendekatan yang menekankan pentingnya siswa mengembangkan pengetahuan dan pengalaman untuk berpikir melalui penemuan dan kegiatan pemecahan masalah.         |
| 2  | Pendekatan STEM         | STEM adalah singkatan dari Science, Technology, Engineering, dan Mathematics (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika). STEM adalah pendekatan pendidikan yang mengintegrasikan keempat disiplin ilmu ini dengan cara yang koheren dan relevan untuk diterapkan dalam pembelajaran konsep ekologi dan lingkungan. |

Hasil yang ditemukan dari kajian literatur review yaitu pendekatan merupakan cara pandang atau filosofi umum yang digunakan dalam proses pengajaran untuk mencapai tujuan pendidikan. Pendekatan ini mencakup teori dan prinsip yang mendasari metode dan strategi pengajaran, serta menentukan bagaimana guru merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran. Pendekatan pembelajaran mempengaruhi pemilihan metode dan teknik yang akan digunakan dalam kelas serta bagaimana interaksi antara guru dan siswa terjadi. Pendekatan yang sesuai dengan pembelajaran pada konsep ekologi dan lingkungan yaitu pendekatan kontekstual, pendekatan ESD, dan pendekatan STEM.

Faktor kontekstual berdampak langsung pada empat kategori perilaku yang dipertimbangkan dan selanjutnya memoderasi hubungan antara dimensi sikap dan dua jenis perilaku (contohnya pengelolaan sampah dan konsumsi ekologis). Implikasi terhadap rancangan strategi untuk mendorong perilaku pro-lingkungan di kalangan siswa dan masyarakat (Zhang et al., 2022). Pembelajaran kontekstual dibutuhkan untuk membantu siswa dalam melakukan aksi nyata di lingkungan. Pembelajaran kontekstual ini juga dapat diimplementasikan dengan mengintegrasikan pada aktivitas siswa seperti kegiatan berkebun di sekolah (Acharya et al., 2022).

Pendekatan lain yang dapat diterapkan dalam melakukan pembelajaran ekologi dan lingkungan adalah pendekatan STEM. Pendekatan STEM sesuai dengan kebutuhan berbagai kegiatan pembelajaran, maka dirasa tepat digunakan dalam kegiatan pembelajaran abad 21. Pembelajaran abad 21 bercirikan pendekatan terpadu, holistik, ilmiah, kontekstual, tematik, efisien, dan berpusat pada pembelajaran (Nurma et al., 2024). Pendidikan STEM mempersiapkan siswa untuk menjadi pemikir kritis dan analitis, pemikir kreatif dan sistematis, sehingga memungkinkan mereka untuk menangani tantangan global yang semakin kompleks (Yasifa et al., 2023).

Pendekatan yang sedang menjadi tren dan masih perlu dieksplorasi adalah mengenai pendekatan ESD (*Education for Sustainable Development*). ESD adalah sebuah pendekatan yang mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dan sosial dengan pengetahuan lokal dan praktis berdasarkan jaringan dan penciptaan nilai bersama. Perlu dicatat bahwa para sarjana ESD mencoba membangun teori pembangunan manusia seperti yang dibutuhkan oleh masyarakat baru berdasarkan intervensi jaringan sosial. Pendekatan Pendidikan Holistik untuk Pembangunan Berkelanjutan (ESD) bertujuan untuk mendorong perilaku ramah lingkungan dengan menggabungkan perolehan pengetahuan dengan promosi pendorong afektif (Schneiderhan-Opel & Bogner, 2021). Ekologi dan lingkungan fokus pada hubungan antara makhluk hidup dan lingkungan mereka serta dampak aktivitas manusia terhadap ekosistem, sementara ESD mengintegrasikan prinsip, nilai, dan

praktik pembangunan berkelanjutan untuk mempersiapkan individu dalam menghadapi isu-isu seperti perubahan iklim, keanekaragaman hayati, dan pencemaran (Vesterinen, 2024).

ESD merupakan pendekatan interdisipliner yang memberikan pandangan holistik yang kontekstual dan relevan, mendorong tindakan nyata dan pengembangan keterampilan kritis yang diperlukan untuk mencapai keberlanjutan. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pendidikan ESD memiliki perbedaan dengan pendidikan lingkungan. Sebelumnya poin yang diajarkan pada pendidikan lingkungan yaitu: aspek ekologi, masalah ekologi, aspek ekonomi, aspek sosial, sikap lingkungan, perilaku lingkungan dan pendidikan. Analisis terhadap konsep keberlanjutan menunjukkan perbedaan besar antara pendidikan lingkungan dan ESD, dimana ESD mencakup sub-kelompok tambahan aspek generasi berikutnya atau aspek keberlanjutan itu sendiri. Ciri khas dari ESD yaitu pembelajaran yang mengkombinasikan tiga aspek penting sekaligus yaitu: aspek lingkungan (ekologis), ekonomi (termasuk pengentasan kemiskinan, tanggung jawab perusahaan dan akuntabilitas masyarakat) dan sosial (termasuk ketenagakerjaan, hak asasi manusia, kesetaraan gender, perdamaian dan keamanan manusia) (Maurer & Bogner, 2019).

### 3. Model pembelajaran terhadap materi ekologi dan lingkungan

Analisis model pembelajaran materi ekosistem dan perubahan lingkungan yang diidentifikasi dari berbagai sumber dijelaskan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Analisis Model Pembelajaran pada Materi Ekologi dan Lingkungan**

| No | Model Pembelajaran                                           | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Penggunaan model <i>problem based learning</i>               | Penggunaan model Problem-Based Learning pada materi ekologi dan lingkungan sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa. Dalam model PBL, siswa berhadapan dengan masalah dunia nyata yang memerlukan pemikiran kritis dan pemecahan masalah yang kompleks. Materi ekologi dan lingkungan sangat cocok untuk PBL karena sering melibatkan isu dan tantangan yang multifaset dan interdisipliner. |
| 2  | Penggunaan model <i>problem based learning</i> berbasis STEM | Penggunaan model Problem-Based Learning yang terintegrasi dengan pendekatan STEM pada materi ekologi dan lingkungan sangat menguntungkan dalam mendidik siswa. Melalui PBL berbasis STEM, siswa tidak hanya mempelajari prinsip-prinsip ekologi dan masalah lingkungan tetapi juga mengembangkan pemahaman tentang cara sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dapat digunakan untuk mengatasi isu-isu tersebut.   |
| 3  | Penggunaan model inkuiri                                     | Model inkuiri dalam pendidikan ekologi dan lingkungan melibatkan proses pembelajaran dimana siswa aktif mengeksplorasi dan menyelidiki masalah lingkungan melalui pertanyaan, observasi, penelitian, dan eksperimen. Ini membantu siswa membangun pemahaman yang lebih dalam tentang konsep-konsep ekologis dan isu-isu lingkungan melalui partisipasi aktif dan belajar melalui pengalaman.                           |

Model pembelajaran yang mendukung pendidikan ekologi dan lingkungan terdiri dari berbagai metode yang dirancang untuk memaksimalkan pemahaman dan keterlibatan siswa. Ini termasuk pembelajaran berbasis inkuiri, di mana siswa diberdayakan untuk mengeksplorasi dan menanyakan pertanyaan tentang fenomena alam, memungkinkan mereka mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan melakukan penyelidikan ilmiah. Pembelajaran berbasis proyek memberikan peluang bagi siswa untuk terlibat dalam penelitian kolaboratif dan mengeksplorasi solusi untuk masalah lingkungan nyata, meningkatkan kemampuan mereka dalam penerapan pengetahuan dan keterampilan. Pengalaman lapangan dan aktivitas luar ruangan menyediakan konteks praktis, yang meningkatkan koneksi siswa dengan dunia alami dan menguatkan pemahaman konsep ekologis melalui pengamatan langsung dan interaksi dengan lingkungan. Metode

pembelajaran berbasis tempat memperkaya pengalaman ini dengan menggabungkan konteks lokal ke dalam kurikulum, sehingga siswa dapat mempelajari dan menghargai keunikan ekologi lingkungan mereka sendiri. Selain itu, model pembelajaran yang dilengkapi dengan sumber daya digital dan interaktif, seperti aplikasi, game, dan simulasi, dapat menambah dimensi baru pada pengajaran ekologi dan lingkungan dengan memberikan visualisasi yang menarik dan pengalaman interaktif yang memperdalam pemahaman siswa. Pendekatan-pendekatan ini, bila diintegrasikan, dapat menyediakan platform yang kuat untuk pembelajaran ekologi dan lingkungan yang komprehensif, interaktif, dan transformatif.

Ketika model pembelajaran yang diterapkan dalam mengajarkan materi ekologi dan lingkungan tidak berhasil meningkatkan motivasi belajar siswa, hal ini sering kali karena pendekatannya yang terlalu kaku, teoritis, dan kurang melibatkan siswa secara aktif. Model yang didominasi oleh ceramah dan pemberian informasi tanpa konteks aplikasi praktis dapat menyebabkan kesulitan bagi siswa dalam melihat relevansi materi dengan kehidupan sehari-hari mereka (Virijai & Asrizal, 2023). Kurangnya aktivitas hands-on, eksplorasi lapangan, dan diskusi kelas yang berarti mengakibatkan kurangnya koneksi emosional dengan materi tersebut (Ridwan et al., 2024). Ini juga sering kali dikarenakan kurangnya penggunaan sumber daya digital yang interaktif atau penekanan yang berlebihan pada pengujian standar dan penilaian kuantitatif yang tidak mendorong refleksi atau kreativitas. Ketika pendidikan ekologi dan lingkungan tidak diberikan dalam konteks yang memungkinkan siswa untuk memahami pentingnya dan keterkaitan dengan dunia nyata, motivasi dan keterlibatan mereka sering kali berkurang.

#### 4. Metode pembelajaran terhadap materi ekologi dan lingkungan

Analisis metode pembelajaran materi ekosistem dan perubahan lingkungan yang diidentifikasi dari berbagai sumber dijelaskan pada Tabel 3.

**Tabel 4. Analisis Metode Pembelajaran pada Materi Ekologi dan Lingkungan**

| No | Metode Pembelajaran                           | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Metode proyek                                 | Metode proyek pada materi ekologi dan lingkungan melibatkan siswa dalam proses pembelajaran yang interaktif dan aplikatif, di mana mereka berkesempatan untuk menerapkan pengetahuan teoretis ke situasi nyata. Dalam metode ini, siswa biasanya bekerja dalam tim untuk merancang, merencanakan, dan melaksanakan proyek yang bertujuan untuk mengeksplorasi, memecahkan atau berkontribusi terhadap isu lingkungan tertentu. Proses ini memerlukan penelitian, pengumpulan data, analisis kritis, dan penerapan keterampilan praktis.                                                                       |
| 2  | Metode pembelajaran aktif                     | Metode pembelajaran aktif dalam materi ekologi dan lingkungan dikembangkan untuk mempromosikan partisipasi, eksplorasi, dan aplikasi konsep secara langsung oleh siswa. Melalui kegiatan-kegiatan seperti Pembelajaran Berbasis Penemuan. Siswa diajak menjadi peneliti muda yang mengeksplorasi prinsip-prinsip ekologi melalui observasi dan eksperimen di alam terbuka. Menghadapi masalah nyata melalui Pembelajaran Berbasis Masalah, mereka menerapkan pengetahuan ekologi mereka untuk menemukan solusi berkelanjutan, seringkali bekerja dalam tim untuk menstimulasi kerja sama dan berpikir kritis. |
| 3  | Metode bercerita                              | Metode bercerita atau storytelling dalam pengajaran materi ekologi dan lingkungan menyediakan cara yang kuat dan menarik bagi siswa untuk memahami dan terhubung dengan konsep ekologis. Cerita mampu menghidupkan data dan fakta, membangun koneksi emosional antara pelajar dan materi pelajaran, dan seringkali lebih mudah diingat dibandingkan dengan pengajaran faktual yang kering.                                                                                                                                                                                                                    |
| 4  | Metode simulasi peran ( <i>role-playing</i> ) | Metode simulasi peran ( <i>role-playing simulation</i> ) dalam pendidikan materi ekologi dan lingkungan adalah teknik interaktif yang memungkinkan siswa untuk mengalami dan memahami kompleksitas isu-isu ekologi dari berbagai perspektif. Dalam simulasi ini,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



| No | Metode Pembelajaran         | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <i>playing simulation</i> ) | siswa diberikan peran tertentu, yang bisa jadi adalah pengambil keputusan, anggota masyarakat, ilmuwan, atau bahkan elemen dari ekosistem, seperti hewan, tumbuhan, atau air.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5  | Metode praktikum            | Metode praktikum dalam pengajaran materi ekologi dan lingkungan adalah pendekatan pembelajaran yang memberikan peluang kepada siswa untuk mengeksplorasi konsep-konsep ilmiah melalui kegiatan praktis dan eksperimen nyata. Pendekatan ini memungkinkan siswa untuk terlibat secara langsung dalam proses ilmiah, dari pengamatan dan formulasi hipotesis hingga eksperimen dan analisis data. Melalui praktikum, konsep abstrak dalam ekologi menjadi konkret dan dapat dipertanggungjawabkan. Siswa mendapatkan pengetahuan yang tak ternilai tentang pentingnya metode ilmiah dan bagaimana penelitian ekologi diterapkan dalam menyelesaikan masalah nyata. |

Meskipun guru telah menerapkan berbagai metode pembelajaran untuk materi ekologi dan lingkungan, beberapa metode masih menemui kekurangan dalam meningkatkan motivasi belajar siswa. Metode ceramah tradisional seringkali didapati kurang menggugah minat siswa karena pendekatannya yang satu arah dan kekurangan dalam interaksi, sehingga siswa mungkin merasa terlepas dari bahan pelajaran yang serba kompleks. Penggunaan teks buku sebagai sumber informasi primer yang tidak diimbangi dengan aktivitas praktis dapat menimbulkan rasa jenuh dan kurangnya keterlibatan siswa, membuat pelajaran terkesan kering dan kurang aplikatif.

Pekerjaan rumah dan penugasan yang bersifat repetitif tanpa konteks yang relevan dengan realitas siswa atau tantangan nyata juga dapat mengurangi minat belajar serta dapat membuat siswa merasa teralienasi dari materi yang seharusnya penting dan mendesak. Selain itu, kurangnya keterlibatan emosional siswa dalam proses pembelajaran dan kurangnya kesempatan untuk eksplorasi mandiri dan pembelajaran yang berbasis inkuiri di kelas dapat mengakibatkan minimnya motivasi belajar siswa. Oleh karena itu, metode pembelajaran yang monoton dan tidak interaktif seringkali memerlukan revolusi pedagogi agar dapat menyulut semangat belajar ekologi dan pelestarian lingkungan di kalangan siswa (Fauziah & Mahmudah, 2023). Dengan adanya analisis mendalam terhadap penelitian terbaru terkait metode pembelajaran ini diharapkan guru dapat menggunakan metode yang sudah terbukti meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa.

## 5. Media pembelajaran terhadap materi ekologi dan lingkungan

Analisis media pembelajaran materi ekosistem dan perubahan lingkungan yang diidentifikasi dari berbagai sumber dijelaskan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Analisis Media Pembelajaran pada Materi Ekologi dan Lingkungan**

| No | Media Pembelajaran                  | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | <i>Ai (Artificial Intelligence)</i> | Kecerdasan Buatan atau AI telah merevolusi cara kita memahami dan mengelola aspek-aspek ekologi dan lingkungan hidup. Media atau aplikasi AI dalam konteks ekologi dan lingkungan meliputi berbagai sistem canggih yang dapat memproses informasi dalam jumlah besar dengan cepat dan akurat. Misalnya, AI digunakan dalam pemantauan keanekaragaman hayati dengan menganalisis data dari kamera di lapangan untuk mengidentifikasi spesies dan menghitung populasinya. Ini membantu dalam upaya konservasi dan penelitian ekologis. |
| 2  | <i>Board game</i>                   | Penerapan board game dalam materi ekologi dan lingkungan merupakan cara kreatif untuk mendidik tentang pentingnya keberlanjutan dan konservasi dengan cara yang interaktif dan menarik. <i>Board game</i> dalam konteks ini dapat dirancang untuk                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| No | Media Pembelajaran                         | Keterangan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                            | mensimulasikan ekosistem, proses ekologis, dan dampak intervensi manusia terhadap lingkungan                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3  | Media peta konsep                          | Peta konsep merupakan alat visual yang berguna untuk mengorganisasi dan merepresentasikan pengetahuan. Dalam konteks materi ekologi dan lingkungan, peta konsep bisa digunakan untuk membantu siswa memahami hubungan antara berbagai komponen ekosistem, proses ekologis, dan dampak lingkungan.                                                                                           |
| 4  | Menggunakan <i>Gamification</i>            | Penggunaan gamifikasi dalam materi ekologi dan lingkungan menawarkan cara interaktif dan menarik untuk mempromosikan pembelajaran dan kesadaran tentang masalah lingkungan. Turut melengkapi materi pembelajaran tradisional, gamifikasi dapat memotivasi peserta didik dengan elemen-elemen seperti poin, lencana, dan leaderboard untuk menstimulasi keterlibatan dan retensi pengetahuan |
| 5  | Penggunaan AR dan VR                       | Penggunaan Augmented Reality dan Virtual Reality dalam materi ekologi dan lingkungan membuka kemungkinan baru dalam edukasi dan pengalaman pembelajaran                                                                                                                                                                                                                                     |
| 6  | Media online                               | Media online menawarkan cara yang sangat efektif dan fleksibel untuk mempelajari materi ekologi dan lingkungan, membuat informasi tersedia bagi audiens yang luas dan memungkinkan interaksi dan keterlibatan yang lebih dalam                                                                                                                                                              |
| 7  | <i>Eco-mapping</i>                         | <i>Eco-mapping</i> adalah alat yang digunakan dalam pendidikan ekologi dan lingkungan untuk membantu siswa dan peserta didik memahami hubungan dan interaksi antara manusia dan alam. Ia berupa peta visual yang menunjukkan faktor-faktor lingkungan, sumber daya, spesies, dan elemen lainnya dalam suatu ekosistem atau area tertentu.                                                   |
| 8  | Bahan ajar berbasis nilai ekologi mangrove | Bahan ajar berbasis nilai ekologi mangrove pada materi ekologi dan lingkungan bisa mencakup berbagai aspek penting dari ekosistem mangrove dan peranannya dalam menjaga keseimbangan alam.                                                                                                                                                                                                  |
| 9  | E-LKPD                                     | E-LKPD atau Lembar Kerja Peserta Didik Elektronik pada materi ekologi dan lingkungan adalah sebuah pendekatan pembelajaran interaktif yang menggunakan sarana digital untuk memudahkan siswa mempelajari dan mengerjakan tugas tentang ekologi dan lingkungan.                                                                                                                              |
| 10 | E-book                                     | E-book pada materi ekologi dan lingkungan adalah buku digital yang menyediakan konten edukasi tentang aspek-aspek ekologi dan isu lingkungan. Ini adalah cara yang efisien dan interaktif untuk menyajikan informasi dan konsep penting kepada pembaca atau siswa.                                                                                                                          |
| 11 | Modul berbasis ESD                         | Modul berbasis Education for Sustainable Development pada materi ekologi dan lingkungan dirancang untuk menyediakan pendidikan yang fokus pada pembelajaran konsep-konsep berkelanjutan melalui ekologi. Ini melibatkan pendekatan holistik yang memperhatikan interkoneksi antara lingkungan, ekonomi, dan aspek sosial kemasyarakatan.                                                    |

Selama ini penggunaan media pembelajaran di sekolah masih kurang efektif dalam meningkatkan motivasi siswa pada materi ekologi dan lingkungan (Mellyzar et al., 2024). Materi teks yang panjang dan minim ilustrasi visual dapat menjadi sumber kebosanan dan mengurangi keterlibatan siswa dengan konten. Presentasi yang monoton, terutama yang terdiri dari slide bertuliskan teks padat dan tanpa elemen interaktif, juga cenderung menurunkan minat siswa untuk belajar. Video pembelajaran yang lama dan terlalu panjang tanpa kesempatan untuk diskusi atau refleksi mungkin tidak lagi relevan atau menarik bagi siswa modern. Selain itu, media pengajaran yang tidak menyertakan kegiatan praktis atau terlalu bersifat teoritis, kurangnya kegiatan yang mengaitkan materi pelajaran dengan isu lingkungan nyata yang relevan dengan siswa, serta tugas yang repetitif dan tidak memiliki tujuan pembelajaran yang jelas. Semua faktor tersebut dapat berkontribusi pada kurangnya motivasi belajar. Media pembelajaran seharusnya mendukung pendekatan yang aktif dan partisipatif, di mana siswa diberikan kesempatan untuk terlibat dengan materi secara mendalam dan

melihat relevansinya dalam kehidupan mereka serta dunia sekitar. Dari analisis yang telah dilakukan selanjutnya dapat dibuatkan kajian analisis *content representations* (CoRe) dari materi ekologi dan lingkungan.

Kajian analisis *content representations* dari materi ekologi dan lingkungan bertujuan untuk menguraikan secara mendalam bagaimana konten disampaikan, dipahami, dan diinterpretasikan. Melalui proses ini, pendidik dapat mengidentifikasi konsep-konsep kunci dan menghubungkannya dengan gagasan-gagasan besar yang mendefinisikan disiplin ilmu tersebut, seperti keberlanjutan, interdependensi ekologis, dan respon terhadap perubahan lingkungan. CoRe memberikan wawasan tentang pemahaman siswa yang ada dan kesalahpahaman yang umum terjadi, serta membantu dalam merancang strategi pengajaran yang dapat menyampaikan ide-ide ini dengan lebih efektif. Pada kajian ini, diteliti representasi materi dalam berbagai media pembelajaran dan evaluasi keberhasilannya dalam mengkomunikasikan konsep-konsep tersebut. Pendekatan-pendekatan pedagogis seperti pembelajaran berbasis inkuiri dan proyek dianggap sebagai sarana yang potent untuk merealisasikan tujuan pembelajaran. Sumber daya digital dan interaktif juga dianalisis untuk potensi mereka dalam menambah dimensi baru pada pengalaman belajar ekologi dan lingkungan. Kajian CoRe ini esensial dalam merancang pendidikan ekologi dan lingkungan yang tidak hanya informatif tetapi juga transformatif, dengan berusaha mengutamakan representasi konten yang akan mempengaruhi pemikiran kritis dan keterlibatan aktif siswa dengan isu lingkungan yang mereka pelajari. Kajian CoRes pada materi ekologi dan lingkungan dapat kita lihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Kajian Analisis *Content Representations* dari Materi Ekologi dan Lingkungan**

| Pertanyaan                                                                                 | Ide Besar 1                                                                                                                                                               | Ide Besar 2                                                                                                                                                                    | Ide Besar 3                                                                                                                                                                                | Ide Besar 4                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Apa yang anda harapkan ketika siswa mempelajari ide-ide besar (konsep) yang dituliskan? | Diharapkan siswa memahami konsep: ekosistem adalah suatu unit struktural dan fungsional yang didalamnya ada interaksi antara komponen biotik dan abiotik                  | Diharapkan siswa memahami konsep: siklus materi adalah perputaran materi yang terjadi diantara komponen ekosistem sebagai salah satu bentuk interaksi antar komponen ekosistem | Diharapkan siswa memiliki kemauan untuk mengkaji isu lingkungan terutama pembahasan mengenai SDGs di Indonesia.                                                                            | Diharapkan siswa menyadari pentingnya menjaga keseimbangan antara komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem.                                                                         |
| 2. Mengapa siswa perlu mempelajari ide besar (konsep) tersebut                             | Konsep ini penting untuk diketahui siswa agar siswa paham tentang ekosistem yang ada disekitarnya sehingga diharapkan siswa mampu menjaga kelangsungan ekosistem yang ada | Konsep ini penting untuk diketahui siswa agar mereka tahu bahwa segala bentuk materi yang ada di bumi ini berputar, berubah dari satu bentuk ke bentuk lain                    | Agar siswa memiliki ketertarikan pada isu-isu lingkungan yang mendorong siswa untuk memahami tantangan nyata yang dihadapi oleh ekosistem dan masyarakat, baik secara lokal maupun global. | Untuk memastikan bahwa ekosistem berfungsi dengan baik, yang mencakup semua proses yang mendukung kehidupan, seperti produksi oksigen, penyerapan karbon dioksida, dan siklus nutrisi. |

| Pertanyaan                                                                                                                                                                     | Ide Besar 1                                                                                                                                                                                       | Ide Besar 2                                                                                                                                                                                   | Ide Besar 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ide Besar 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. Pengetahuan apa lagi yang anda harapkan dari siswa untuk mereka pelajari dari ide besar (konsep) ini? (yang menurut anda belum penting untuk mereka ketahui pada saat ini?) | Pendalaman materi ekosistem yang mengkaji hubungan biotik dan abiotik yang ditinjau dari segi molekuler dirasa belum saatnya diketahui oleh siswa SMA                                             | Pembahasan siklus materi secara molekuler dan detail dirasa masih belum perlu diajarkan kepada siswa SMA.                                                                                     | Pembahasan yang bisa dianggap belum prioritas untuk siswa SMA yaitu memahami setiap detail dari semua 17 SDGs karena terlalu banyak. Fokus sebaiknya pada SDGs yang paling relevan dengan isu lingkungan dan situasi di Indonesia, seperti SDG 6 (Air Bersih dan Sanitasi), SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim), dan SDG 15 (Kehidupan di Darat). | Analisis dampak lingkungan (AMDAL) yang terperinci dapat melibatkan penilaian teknis hukum, ekonomi, dan ilmiah dirasa masih belum perlu diajarkan kepada siswa SMA.                                                                                                                                                                               |
| 4. Kesulitan/kendala apa yang mungkin ditemukan Ketika mengajarkan ide besar/konsep ini?                                                                                       | Banyaknya interaksi antara biotik dan abiotik serta sulitnya menunjukkan contoh ril kepada siswa menjadi kendala utama dalam mengajarkan konsep ini                                               | Terdapat beberapa jenis siklus materi yang ada, hal itu menjadikan kendala utama untuk diajarkan pada siswa karena karakteristik antar siklus relatif tidak jauh berbeda.                     | Kurikulum SMA sudah padat dengan berbagai mata pelajaran, sehingga sulit menyediakan waktu yang cukup untuk mendalami isu lingkungan dan SDGs.                                                                                                                                                                                                    | Menjelaskan hubungan yang kompleks dan saling tergantung antara berbagai faktor biotik dan abiotik bisa menjadi sangat menantang ditambah lagi materi ini sering membutuhkan pendekatan multidisiplin, termasuk ekologi, kimia, fisika, dan mata pelajaran lainnya, yang bisa menjadi tantangan untuk diintegrasikan.                              |
| 5. Pengetahuan tentang pemikiran awal siswa apa yang mempengaruhi cara anda mengajarkan ide besar (konsep) ini?                                                                | Pengetahuan awal siswa mengenai karakteristik dan sifat-sifat makhluk hidup, serta pengetahuan tentang iklim dan cuaca menjadi pengetahuan awal yang sangat dibutuhkan terlebih dahulu oleh siswa | Pengetahuan awal mengenai unsur kimia organik, sifat-sifatnya, serta fungsinya dalam kehidupan menjadi pengetahuan awal yang sangat dibutuhkan dan harus dikuasai terlebih dahulu oleh siswa. | Pengetahuan tentang pemikiran awal siswa, seperti tingkat pemahaman mereka tentang isu lingkungan, minat terhadap topik keberlanjutan, sikap dan nilai-nilai yang mereka miliki terhadap lingkungan, serta pengalaman pribadi mereka dengan isu-isu tersebut, sangat mempengaruhi cara mengajarkan ide besar ini.                                 | Pengetahuan awal yang harus dimiliki siswa sebelum mempelajari materi ini adalah; Pengertian Ekosistem: Memahami apa itu ekosistem, termasuk komponen biotik (hidup) dan abiotik (non-hidup) serta bagaimana keduanya berinteraksi. Siklus Biogeokimia: Memiliki pemahaman tentang siklus biogeokimia utama (misalnya, air, karbon, nitrogen) yang |

| Pertanyaan                                                                                   | Ide Besar 1                                                                                                          | Ide Besar 2                                                                                                     | Ide Besar 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ide Besar 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                              |                                                                                                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | menggambarkan pergerakan zat-zat kimia antara komponen biotik dan abiotik.<br>Konsep Biodiversitas: Pengetahuan tentang keanekaragaman hayati dalam lingkungan dan mengapa kekayaan spesies itu penting untuk menjaga ekosistem yang sehat.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6. Faktor faktor lain yang mempengaruhi Anda mengajarkan ide besar (konsep) yang dituliskan? | Media pembelajaran yang representatif dalam mengajarkan materi ini agar siswa bisa lebih mudah memahami konsep       | Bahan ajar dan media pembelajaran yang mendukung terhadap pemahaman konsep siklus materi agar mudah memahaminya | Faktor lain yang mempengaruhi pengajaran ide besar ini termasuk ketersediaan sumber daya pembelajaran seperti bahan ajar dan alat peraga, dukungan dari sekolah dan akses ke teknologi dan internet. Faktor kurikulum dan kebijakan pendidikan yang berlaku juga berperan penting, karena menentukan sejauh mana topik ini dapat diintegrasikan dalam pelajaran. Pengalaman dan pengetahuan guru tentang isu lingkungan dan SDGs mempengaruhi kualitas pengajaran, sementara kolaborasi dengan lembaga atau organisasi lingkungan dapat menyediakan peluang belajar yang lebih praktis dan mendalam. | Faktor-faktor lain yang mempengaruhi cara saya mengajarkan ide besar ini meliputi pemahaman awal siswa tentang konsep dasar ekologi dan biologi, yang mempengaruhi tingkat kompleksitas materi yang disampaikan. Selain itu, keterlibatan siswa menjadi faktor penting, sehingga saya menggunakan metode seperti proyek berbasis penyelidikan atau permainan edukatif untuk meningkatkan keterlibatan mereka dalam pembelajaran. Selain itu, metodologi pengajaran yang dipilih, seperti ceramah, diskusi, penemuan terbimbing, atau pembelajaran berbasis proyek, juga akan mempengaruhi efektivitas pengajaran dan pemahaman siswa terhadap konsep tersebut. |
| 7. Prosedur mengajar (dan alasan khusus mengapa menggunakan prosedur tersebut                | Siswa dibentuk menjadi beberapa kelompok; Masing-masing kelompok akan dihadapkan pada satu ekosistem sederhana; Guru | Siswa dibentuk menjadi beberapa kelompok; Masing-masing kelompok mendapatkan satu siklus materi yang            | Prosedur Mengajar: Pendahuluan Interaktif: Mulai dengan tanya jawab atau diskusi singkat untuk mengaktivasi pengetahuan awal siswa dan menarik minat mereka pada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Prosedur mengajar: Pendahuluan dengan Pemicu Diskusi: Mulai dengan pertanyaan-pertanyaan yang merangsang pemikiran atau pernyataan yang provokatif yang berkaitan dengan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| Pertanyaan                                | Ide Besar 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Ide Besar 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ide Besar 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ide Besar 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| untuk mengajarkan ide besar (konsep) ini? | memberikan clue tentang apa yang akan dipelajari dari ekosistem tersebut; Siswa menuliskan fakta-fakta yang ada pada ekosistem tersebut; Siswa dalam kelompoknya menghubungkan fakta-fakta yang ada; Guru membimbing siswa membangun konsep<br><br>Alasan memilih prosedur tersebut karena dirasa mampu mengkondisikan siswa untuk bisa mengonstruksikan pemikirannya sendiri dalam proses belajar. | berbeda; Siswa mencari tahu proses siklus yang ia dapatkan; Semua kelompok bisa saling bertukar pengetahuan dengan strategi belajar kooperatif<br><br>Alasan menggunakan prosedur tersebut agar siswa bisa saling belajar satu sama lain, selain itu dapat menghemat waktu dalam membahas masing-masing siklus | topik.<br>Alasan:<br>Ini membantu mengaitkan pengalaman siswa dengan terkait dengan isu lingkungan yang paling dekat dengan siswa.<br>Presentasi Konsep Utama:<br>Mempresentasikan contoh-contoh nyata dari isu lingkungan di Indonesia dan bagaimana SDGs diterapkan dalam konteks lokal.<br>Alasan: Membuat pembelajaran lebih kontekstual dan relevan dengan kehidupan siswa sehari-hari, meningkatkan keterlibatan dan pemahaman mereka.<br><br>Aktivitas Grup:<br>Menggunakan diskusi kelas, debat, dan aktivitas interaktif seperti simulasi dan permainan edukatif yang berkaitan dengan isu lingkungan dan SDGs.<br>Alasan: Metode interaktif membantu dalam mempertahankan minat siswa, memungkinkan mereka untuk berbagi ide, serta mengembangkan kemampuan komunikasi dan berpikir kritis. | keseimbangan ekosistem.<br>Alasan: Ini menumbuhkan rasa ingin tahu dan mempersiapkan siswa untuk pembelajaran dengan terlebih dahulu melibatkan mereka secara mental dalam topik.<br><br>Penggunaan Studi Kasus: Memberikan studi kasus tentang ekosistem yang mengalami gangguan keseimbangan, dan meminta siswa untuk mengevaluasi dampaknya.<br>Alasan: Studi kasus nyata menunjukkan relevansi materi dengan dunia nyata dan memfasilitasi pemahaman mendalam tentang implikasi keseimbangan dalam ekosistem.<br><br>Kegiatan Lapangan: Jika memungkinkan, kunjungan lapangan ke ekosistem seperti hutan, rawa, atau bahkan taman kota, membantu siswa melihat keseimbangan biotik-abiotik secara langsung.<br>Alasan: Pengalaman lapangan memperkaya pembelajaran dengan konteks dan aplikasi dunia nyata, yang tidak hanya meningkatkan retensi tetapi juga menambah nilai penghargaan terhadap lingkungan. |
| 8. Cara khusus                            | Untuk meyakinkan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Untuk meyakinkan                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Untuk meyakinkan pemahaman siswa atau                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Untuk meyakinkan pemahaman siswa atau                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| Pertanyaan                                                                                                                      | Ide Besar 1                                                                                                                                                                                                                                              | Ide Besar 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ide Besar 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Ide Besar 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| untuk meyakinkan pemahaman siswa atau ketidapahaman mereka tentang ide besar (konsep) ini. (masukan kemungkinan jawaban siswa)? | pemahaman siswa atau mendeteksi ketidapahaman mereka tentang ide besar ini, dapat dilakukan dengan memberikan contoh kasus ekosistem, siswa diminta untuk menunjukkan apa saja faktor biotik dan abiotik serta bentuk interaksi yang terjadi di dalamnya | pemahaman siswa atau mendeteksi ketidapahaman mereka tentang ide besar ini, dapat dilakukan dengan memberikan contoh kasus salah satu siklus materi, siswa bisa mengisinya dengan bentuk perubahan materi yang terjadi. Selain itu, dapat dilakukan juga dengan menginstruksikan siswa memberikan contoh salah satu siklus materi | mendeteksi ketidapahaman mereka tentang ide besar ini, dapat dilakukan melalui metode evaluasi formatif seperti diskusi kelas, kuis singkat, dan proyek presentasi. Dalam diskusi kelas, guru mengajukan pertanyaan terbuka yang meminta siswa untuk menjelaskan konsep SDGs dan memberikan contoh isu lingkungan di Indonesia. Kuis singkat bisa menguji pengetahuan dasar mereka tentang SDGs dan kaitannya dengan isu lokal. Proyek presentasi, di mana siswa harus meneliti dan mempresentasikan solusi untuk isu lingkungan tertentu, akan menunjukkan seberapa dalam mereka memahami konsep ini. Kemungkinan jawaban siswa yang menunjukkan pemahaman meliputi penjelasan yang jelas tentang SDGs dan isu lokal, serta usulan solusi yang konkret dan relevan. Sebaliknya, jawaban yang menunjukkan ketidapahaman mungkin mencakup definisi yang tidak tepat, contoh yang tidak relevan, atau kesulitan dalam menghubungkan SDGs dengan isu lokal. | mendeteksi ketidapahaman mereka tentang ide besar ini, dapat dilakukan melalui Studi Kasus: Memberikan studi kasus tentang ekosistem yang terganggu, misalnya danau yang mengalami eutrofikasi, dan meminta siswa menganalisis dampaknya terhadap keseimbangan biotik dan abiotik. Kemungkinan Jawaban siswa dari masalah ini: Proses Eutrofikasi: Menjelaskan mekanisme dibalik eutrofikasi, termasuk peningkatan nutrisi (nitrogen dan fosfor) yang menyebabkan pertumbuhan alga berlebihan. Dampak terhadap Organisme Biotik: Menganalisis bagaimana ledakan populasi alga dapat mengurangi kadar oksigen dalam air, yang berdampak negatif pada ikan dan organisme air lainnya. Efek pada Rantai Makanan: Menggambarkan bagaimana perubahan dalam populasi produsen (misalnya, alga) dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan, berpotensi menyebabkan penurunan atau kepunahan spesies tertentu. |

| Pertanyaan                                                         | Ide Besar 1                                                                                                                | Ide Besar 2                                                                                                                                                           | Ide Besar 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Ide Besar 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9. Teknologi apa yang diperlukan untuk mendukung ide/gagasan utama | Media simulasi interaktif yang dapat digunakan siswa untuk bisa melihat proses interaksi yang terjadi pada suatu ekosistem | Media video dan games interaktif yang dapat digunakan siswa untuk mempelajari masing-masing siklus dan melatih siswa membedakan antara masing-masing siklus yang ada. | <p>Teknologi yang diperlukan termasuk akses internet dan perangkat komputer/laptop untuk mengakses sumber daya digital, platform pembelajaran online (LMS) untuk mendistribusikan materi, serta aplikasi pemetaan dan visualisasi data.</p> <p>Teknologi Realitas Augmentasi (AR) dan Virtual (VR) juga dapat digunakan untuk memberikan pengalaman interaktif kepada siswa, seperti tur virtual ke lokasi-lokasi proyek SDGs di Indonesia, atau simulasi interaktif tentang dampak lingkungan yang memungkinkan siswa untuk menjelajahi konsep-konsep tersebut secara langsung.</p> | <p>Virtual Reality: Memakai headset VR dan aplikasi pendidikan untuk memberikan pengalaman belajar yang imersif tentang ekosistem.</p> <p>Augmented Reality: Menggunakan aplikasi AR untuk memvisualisasikan interaksi antara komponen biotik dan abiotik dalam ekosistem secara interaktif.</p> <p>Gamifikasi: Pembuatan game edukatif yang melibatkan elemen-elemen ekosistem dan keseimbangan biotik-abiotik untuk belajar sambil bermain.</p> |

Melalui kajian CoRe, pendidik dapat mengetahui prakonsepsi dan kesalahpahaman umum yang dimiliki siswa sehingga strategi pengajaran yang lebih efektif dapat dirancang. Ini termasuk menggunakan pendekatan pedagogis seperti pembelajaran berbasis inkuiri dan proyek yang membantu siswa mengembangkan pemikiran kritis dan keterlibatan aktif dengan materi. Sumber daya digital dan interaktif juga penting karena menambahkan dimensi interaktivitas dan dapat meningkatkan pengalaman belajar dengan menyediakan simulasi, visualisasi, dan konteks yang relevan. Hal ini memungkinkan siswa untuk menjelajahi dan memahami konsep ekologi dan lingkungan secara dinamis dan dalam konteks yang lebih luas.

Berdasarkan kajian CoRe yang telah dilakukan pendidikan ekologi dan lingkungan hendaknya disampaikan dengan cara yang tidak hanya memberikan informasi tetapi juga transformatif. Ini melibatkan penyampaian yang mempermudah pemikiran kritis dan menumbuhkan keterlibatan siswa dalam mengatasi masalah lingkungan nyata. Pendidikan yang efektif harus merangkul berbagai media dan metodologi pembelajaran serta mendorong siswa untuk menerapkan pengetahuan mereka dalam konteks nyata, mendorong kepekaan terhadap lingkungan, dan membentuk generasi yang siap menghadapi tantangan keberlanjutan di masa depan.



## SIMPULAN

Strategi pembelajaran pada konsep ekosistem dan lingkungan untuk siswa SMA, dapat disimpulkan bahwa pendidikan ekologi dan lingkungan perlu disampaikan secara menarik dan kontekstual untuk mendorong pemikiran kritis dan keterlibatan siswa dalam mengatasi masalah lingkungan nyata. Pendidikan yang efektif harus memperhatikan beberapa poin penting seperti pemilihan pendekatan, model, metode dan media pembelajaran. Pendekatan yang dinilai sesuai untuk konsep ekologi dan lingkungan yaitu pendekatan kontekstual, pendekatan STEM, dan pendekatan ESD. Penelitian sebelumnya juga menjelaskan bahwa model pembelajaran *problem based learning*, Inkuiri dan model problem based learning berbasis STEM dapat digunakan untuk mengajarkan topik ini. Metode yang sesuai untuk mengajarkan konsep ekologi lingkungan yaitu; metode proyek, Metode pembelajaran aktif, Metode bercerita, Metode simulasi peran (*role-playing simulation*) dan metode praktikum. Pemanfaatan media dan teknologi pembelajaran, juga sangat penting untuk diperhatikan karena media dan teknologi saat ini sudah semakin canggih dan bervariasi. Guru perlu menemukan media dan teknologi yang cocok sesuai dengan ketersediaan di lingkungan masing-masing sekolah. Tidak kalah penting penyampaian isu mengenai lingkungan di sekitar siswa juga perlu dilakukan dengan cara yang tepat, hal ini akan meningkatkan sikap peduli lingkungan mereka. Dengan demikian, setiap pembelajaran perlu dilakukan dengan penuh makna dan memberikan pengaruh besar bagi siswa, sehingga peran guru dalam perencanaan, keterlaksanaan dan evaluasi pada pembelajaran merupakan faktor yang besar bagi keberhasilan pembelajaran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, K. P., Budhathoki, C. B., Bjønness, B., & Devkota, B. (2022). School Gardening Activities As Contextual Scaffolding For Learning Science: Participatory Action Research In A Community School In Nepal. *Educational Action Research*, 30(3), 462–479. <https://doi.org/10.1080/09650792.2020.1850494>
- Aljuhani, K., Sonbul, M., Althabiti, M., & Meccawy, M. (2018). Creating A Virtual Science Lab (Vsl): The Adoption Of Virtual Labs In Saudi Schools. *Smart Learning Environments*, 5(1), 16.
- Alvia, H., Widowati, H., & Lepiyanto, A. (2020). Pengembangan Modul Pembelajaran Biologi Sma Berbasis Problem Solving Dengan Mengintegrasikan Nilai-Nilai Islam Pada Materi Ekologi. *Bioedukasi (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 11(1), 83–90.
- Andriyatno, I., Tamba, R. S. H., Riandi, R., & Supriatno, B. (2023). Inovasi Model Pembelajaran Problem-Based Learning (Pbl) Menggunakan Teknologi Nearpod Dan Bank Sampah Digital Pada Materi Perubahan Lingkungan. *Jurnal Basicedu*, 7(3), 1549–1561.
- Anita, Y., Nur, M., & Nasir, M. (2020). Problem Based Learning Terintegrasi Pembelajaran Science, Technology, Engineering, And Mathematics (Stem) Terhadap Literasi Lingkungan Mahasiswa. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(2), 105–111.
- Aswin, P., Irawati, M. H., & Saptasari, M. (2018). Persepsi Mahasiswa Biologi Terhadap Pengembangan Ebook Berbasis Penelitian Potensi Lokal Untuk Matakuliah Ekologi Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 137–140.
- Azizah, C. N., Pebriyenni, P., & Ridwan, R. (2022). Eran Pendidikan Untuk Membangun Jiwa Nasionalisme Siswa Di Sman 2 Sikakap Mentawai. *Journal Of Moral And Civic Education*, 6(1), 150–158.
- Azizah, L. N., & Rosdiana, L. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Ditinjau Dari Gender Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Pensa: E-Jurnal Pendidikan Sains*, 10(1), 161–166.
- Behrendt, M., & Franklin, T. (2014). A Review Of Research On School Field Trips And Their Value In Education. *Journal Of Environmental And Science Education*, 9(3), 235–245.

- 2718 *Kajian Pedagogik : Strategi Pembelajaran pada Konsep Ekosistem dan Lingkungan untuk Siswa SMA - Ridwan, Solikhah Isti Fadilah, Adika Muhammad Aziz, Kusnadi, Taufik Rahman, Febrian Virijai*  
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6975>
- Bestelmeyer, S. V., Elser, M. M., Spellman, K. V., Sparrow, E. B., Haan-Amato, S. S., & Keener, A. (2015). Collaboration, Interdisciplinary Thinking, And Communication: New Approaches To K-12 Ecology Education. In *Frontiers In Ecology And The Environment* (Vol. 13, Issue 1, Pp. 37–43). Ecological Society Of America. <https://doi.org/10.1890/140130>
- Borowiec, M. L., Dikow, R. B., Frandsen, P. B., Mckeeken, A., Valentini, G., & White, A. E. (2022). Deep Learning As A Tool For Ecology And Evolution. In *Methods In Ecology And Evolution* (Vol. 13, Issue 8, Pp. 1640–1660). British Ecological Society. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.13901>
- Burrow, A. K. (2018). Teaching Introductory Ecology With Problem-Based Learning. *The Bulletin Of The Ecological Society Of America*, 99(1), 137–150. <https://doi.org/10.1002/Bes2.1364>
- Christin, S., Hervet, É., & Lecomte, N. (2019). Applications For Deep Learning In Ecology. In *Methods In Ecology And Evolution* (Vol. 10, Issue 10, Pp. 1632–1644). British Ecological Society. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.13256>
- Conca, K., Ostovar, A., & Tekenet, R. (2024). Assessing The Learning Outcomes Of A Role-Playing Simulation In International Environmental Politics. *Journal Of Political Science Education*, 20(1), 153–171.
- Cooke, J., Araya, Y., Bacon, K. L., Bagniewska, J. M., Batty, L. C., Bishop, T. R., Burns, M., Charalambous, M., Daversa, D. R., Dougherty, L. R., Dyson, M., Fisher, A. M., Forman, D., Garcia, C., Harney, E., Hesselberg, T., John, E. A., Knell, R. J., Maseyk, K., ... Lewis, Z. (2021). Teaching And Learning In Ecology: A Horizon Scan Of Emerging Challenges And Solutions. *Oikos*, 130(1), 15–28. <https://doi.org/10.1111/Oik.07847>
- Devi Imaningtyas, C., Karyanto, P., & Asriani, L. (2016). *Penerapan E-Module Berbasis Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Literasi Sains Dan Mengurangi Miskonsepsi Pada Materi Ekologi Siswa Kelas X Mia 6 Sman 1 Karanganom Tahun Pelajaran 2014/2015*.
- Dunlap, R. E., & Catton, W. R. (2022). Toward An Ecological Sociology: The Development, Current Status, And Probable Future Of Environmental Sociology. In *Ecology, World Resources And The Quality Of Social Life* (Pp. 11–31). Routledge.
- Fauziyah, N. R., & Mahmudah, Y. (2023). Technological Pedagogical Content Knowledge Sebagai Revolusi Guru Mi Era Profil Pelajar Pancasila. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(6), 2379–2385. <https://doi.org/10.31004/Edukatif.V5i6.5797>
- Fitria, Y., & Indra, W. (2020). *Pengembangan Model Pembelajaran Pbl Berbasis Digital Untuk Meningkatkan Karakter Peduli Lingkungan Dan Literasi Sains*. Deepublish.
- Gerhart, L. M., & Anderton, B. N. (2021). Engaging Students Through Online Video Homework Assignments: A Case Study In A Large-Enrollment Ecology And Evolution Course. *Ecology And Evolution*, 11(11), 5777–5789.
- Häggström, M., & Schmidt, C. (2020). Enhancing Children's Literacy And Ecological Literacy Through Critical Place-Based Pedagogy. *Environmental Education Research*, 26(12), 1729–1745.
- Harahap, H. S., & Harahap, N. A. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Guided Inquiry Dan Modified Free Inquiry Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan Di Sma Negeri 1 Kotapinang. *Bio-Lectura: Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(2), 119–128.
- Harris, B. N., McCarthy, P. C., Wright, A. M., Schutz, H., Boersma, K. S., Shepherd, S. L., Manning, L. A., Malisch, J. L., & Ellington, R. M. (2020). From Panic To Pedagogy: Using Online Active Learning To Promote Inclusive Instruction In Ecology And Evolutionary Biology Courses And Beyond. *Ecology And Evolution*, 10(22), 12581–12612.
- Hasanah, Z., Pada, A. U. T., Safrida, S., Artika, W., & Mudatsir, M. (2021). Implementasi Model Problem Based Learning Dipadu Lkpd Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada

- 2719 *Kajian Pedagogik : Strategi Pembelajaran pada Konsep Ekosistem dan Lingkungan untuk Siswa SMA - Ridwan, Solikhah Isti Fadilah, Adika Muhammad Aziz, Kusrandi, Taufik Rahman, Febrian Virijai*  
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6975>
- Materi Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal Of Science Education)*, 9(1), 65–75.
- Heim, A. B., & Holt, E. A. (2021). From Bored Games To Board Games: Student-Driven Game Design In The Virtual Classroom. *Journal Of Microbiology & Biology Education*, 22(1), 10–1128.
- Himes, M. P., Spires, H. A., Krupa, E. E., Borden, M. L., & Eagle, J. L. (2023). Project-Based Inquiry (Pbi) Global During A Pandemic: A New Learning Ecology Perspective. *Education Sciences*, 13(11), 1099.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavitt, D. (2018). Making Sense Of “Stem Education” In K-12 Contexts. *International Journal Of Stem Education*, 5, 1–18.
- Iftach, G., & Shapira-Lishchinsky, O. (2023). Eliciting Ethical Guidelines For School Middle Leaders In A Social-Ecological Framework Via Role-Play Simulations. *International Journal Of Leadership In Education*, 1–21.
- Indriyani, S., Afandi, A., & Wahyuni, E. S. (2020). Literasi Lingkungan Dan Kesadaran Lingkungan: Potensi Dan Tantangan Dalam Pendidikan Abad 21. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan 2020*, 239–245.
- Ionita, F., & Simatupang, H. (2020). Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Materi Pencemaran Lingkungan Siswa Sma Negeri 13 Medan. *Jurnal Biolokus*, 3(1), 245–251.
- Kamarainen, A., Reilly, J., Metcalf, S., Grotzer, T., & Dede, C. (2018). Using Mobile Location-Based Augmented Reality To Support Outdoor Learning In Undergraduate Ecology And Environmental Science Courses. *Bulletin Of The Ecological Society Of America*, 99(2), 259–276.
- Kholghi, M., Phillips, Y., Towsey, M., Sitbon, L., & Roe, P. (2018). Active Learning For Classifying Long-Duration Audio Recordings Of The Environment. *Methods In Ecology And Evolution*, 9(9), 1948–1958.
- Knapp, A. K., & D’avanzo, C. (2010). Teaching With Principles: Toward More Effective Pedagogy In Ecology. *Ecosphere*, 1(6). <https://doi.org/10.1890/Es10-00013.1>
- Lestari, M. R. (2020). Peningkatan Hasil Belajar Biologi Materi Ekologi Dengan Menggunakan Metode Kreatif Tim Proyek Siswa Kelas X Ipa 8 Sman 1 Yogyakarta. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 5(1), 44–51.
- Malek, S., Miglietta, F., Gobakken, T., Næsset, E., Gianelle, D., & Dalponte, M. (2019). Optimizing Field Data Collection For Individual Tree Attribute Predictions Using Active Learning Methods. *Remote Sensing*, 11(8), 949.
- Maurer, M., & Bogner, F. X. (2019). How Freshmen Perceive Environmental Education (Ee) And Education For Sustainable Development (Esd). *Plos One*, 14(1). <https://doi.org/10.1371/Journal.Pone.0208910>
- Mellyzar, M., Fatwa, I., Lukman, I. R., Dewi, U. M., & Pasaribu, A. I. (2024). Vr Based Media For Three-Dimensional (3d) Visualization In Chemical Laboratory. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 10(3), 1356–1361.
- Mitchell, D., Laurie, E. W., Williams, R. D., Fryirs, K. A., Brierley, G. J., & Tolentino, P. L. M. (2024). Developing An Equitable Agenda For International Capacity Strengthening Courses: Environmental Pedagogies And Knowledge Co-Production In The Philippines. *Journal Of Geography In Higher Education*, 48(2), 281–311.
- Müller, U., Hancock, D. R., Stricker, T., & Wang, C. (2021). Implementing Esd In Schools: Perspectives Of Principals In Germany, Macau, And The Usa. *Sustainability*, 13(17), 9823.
- Murti, W., Maya, S., & Lestari, P. (2022). Pengaruh Penggunaan Buku Pedoman Praktikum Ekologi Tumbuhan Terhadap Hasil Belajar Mahasiswa. *Binomial*, 5 (1), 13-24.
- Navarro-Espinosa, J. A., Vaquero-Abellán, M., Perea-Moreno, A.-J., Pedrós-Pérez, G., Martínez-Jiménez, M. D. P., & Aparicio-Martínez, P. (2022). Gamification As A Promoting Tool Of Motivation For Creating

- 2720 *Kajian Pedagogik : Strategi Pembelajaran pada Konsep Ekosistem dan Lingkungan untuk Siswa SMA - Ridwan, Solikhah Isti Fadilah, Adika Muhammad Aziz, Kusnadi, Taufik Rahman, Febrian Virijai*  
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6975>
- Sustainable Higher Education Institutions. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(5), 2599.
- Novelina, R., Herlinda, H., Vebrianto, R., Aramudin, A., & Berlian, M. (2023). Penilaian Dan Evaluasi Media Flipbook Digital Berbasis Pendekatan Steam Dengan Instruksional Addie Pada Materi Keseimbangan Ekosistem. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 13(3), 701–707.
- Nurma, A., Sholikhah, Y., Arif, S., & Artikel, R. (2024). *Pengembangan Modul Berbasis Stem 3d Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Info Artikel Abstrak*. <Http://Ejournal.lainponorogo.Ac.Id/Index.Php/Jtii>
- Nurulita, M. F., & Hb, F. P. M. (2022). The Problem-Based E-Module As Learning Supplement Of Enviromental Changes Material To Improve Student Learning Outcomes. *Journal Of Biology Education*, 11(2), 272–281.
- Nurwido, N., A'raafi, M. I., Fauzi, A., & Purwanti, W. C. (2022). Implementasi Pembelajaran Biologi Terintegrasi Eco-Mapping Dalam Meningkatkan Literasi Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, 8(1), 468–473.
- Oe, H., Yamaoka, Y., & Ochiai, H. (2022). A Qualitative Assessment Of Community Learning Initiatives For Environmental Awareness And Behaviour Change: Applying Unesco Education For Sustainable Development(Esd) Framework. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph19063528>
- Oyelere, S. S., Silveira, I. F., Martins, V. F., Eliseo, M. A., Akyar, Ö. Y., Costas Jauregui, V., Caussin, B., Motz, R., Suhonen, J., & Tomczyk, Ł. (2020). Digital Storytelling And Blockchain As Pedagogy And Technology To Support The Development Of An Inclusive Smart Learning Ecosystem. *Trends And Innovations In Information Systems And Technologies: Volume 3 8*, 397–408.
- Pakaya, S. Y. C., Dama, L., Hamidun, M. S., Nusantara, E., Baderan, D. W. K., & Katili, A. S. (2023). Development Of Problem-Based Learning Modules On Environmental Pollution Materials To Improve Student Learning Outcomes. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 9(10), 7803–7809.
- Pichler, M., Boreux, V., Klein, A. M., Schleuning, M., & Hartig, F. (2020). Machine Learning Algorithms To Infer Trait-Matching And Predict Species Interactions In Ecological Networks. *Methods In Ecology And Evolution*, 11(2), 281–293. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.13329>
- Portus, R., Aarnio-Linnanvuori, E., Dillon, B., Fahy, F., Gopinath, D., Mansikka-Aho, A., Williams, S. J., Reilly, K., & Mcewen, L. (2024). Exploring Environmental Value Action Gap And Education Research: A Semi-Systematic Literature Review. In *Environmental Education Research*. Routledge. <https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2314060>
- Praminingsih, I., Putrawan, I. M., & Suryanda, A. (2021). Pengaruh Kepedulian Lingkungan (Environmental Concern) Dan Paradigma Lingkungan Baru (New Environmental Paradigm) Terhadap Intensi Perilaku Pro Lingkungan (Behavioral Intention) Siswa. *Ijeem-Indonesian Journal Of Environmental Education And Management*, 6(1), 1–15.
- Prieto-Jiménez, E., López-Catalán, L., López-Catalán, B., & Domínguez-Fernández, G. (2021). Sustainable Development Goals And Education: A Bibliometric Mapping Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–20. <https://doi.org/10.3390/Su13042126>
- Putrawan, I. M. (2015). Measuring New Environmental Paradigm Based On Students Knowledge About Ecosystem And Locus Of Control. *Eurasia Journal Of Mathematics, Science And Technology Education*, 11(2), 325–333.
- Rahman, A., Heryanti, L. M., & Ekanara, B. (2019). Pengembangan Modul Berbasis Education For Sustainable Development Pada Konsep Ekologi Untuk Siswa Kelas X Sma. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.24036/Jep/Vol3-Iss1/273>

- 2721 *Kajian Pedagogik : Strategi Pembelajaran pada Konsep Ekosistem dan Lingkungan untuk Siswa SMA - Ridwan, Solikhah Isti Fadilah, Adika Muhammad Aziz, Kusnadi, Taufik Rahman, Febrian Virijai*  
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6975>
- Ridwan, R., Supriatno, B., Amprasto, A., Purwianingsih, W., Kusnadi, K., Azizah, C. N., & Mellyzar, M. (2024). Analisis Dan Rekonstruksi Desain Kegiatan Laboratorium (Dkl) Materi Keanekaragaman Hayati Melalui Petunjuk Praktikum. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(3), 2481–2491.
- Ruhl, N., Crumrine, P., Oberle, J., Richmond, C., Thomas, S., & Wright, S. (2022). Harnessing The Four-Dimensional Ecology Education Framework To Redesign An Introductory Ecology Course In A Changing Higher Education Landscape. *Ecosphere*, 13(2), E03857.
- Ryo, M. (2024). Ecology With Artificial Intelligence And Machine Learning In Asia: A Historical Perspective And Emerging Trends. *Ecological Research*, 39(1), 5–14.
- Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2021). Cannot See The Forest For The Trees? Comparing Learning Outcomes Of A Field Trip Vs. A Classroom Approach. *Forests*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/F12091265>
- Siddiq, M. N., Supriatno, B., & Saefudin, S. (2020). Pengaruh Penerapan Problem Based Learning Terhadap Literasi Lingkungan Siswa Smp Pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Assimilation: Indonesian Journal Of Biology Education*, 3(1), 18–24.
- Souza, V. S., & Marques, S. R. B. De V. (2022). Factors Influencing Urban Tourists' Receptivity To Ecogamified Applications: A Study On Transports And Mobility. *International Journal Of Tourism Cities*, 8(4), 820–843.
- Spellman, K. V., Deutsch, A., Mulder, C. P. H., & Carsten-Conner, L. D. (2016). Metacognitive Learning In The Ecology Classroom: A Tool For Preparing Problem Solvers In A Time Of Rapid Change? *Ecosphere*, 7(8). <https://doi.org/10.1002/Ecs2.1411>
- Suryaningsih, Y., & Aripin, I. (2020). Ecopreneurship Dalam Pembelajaran Biologi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*, 2, 911–922.
- Tabak, M. A., Norouzzadeh, M. S., Wolfson, D. W., Sweeney, S. J., Vercauteren, K. C., Snow, N. P., Halseth, J. M., Di Salvo, P. A., Lewis, J. S., White, M. D., Teton, B., Beasley, J. C., Schlichting, P. E., Boughton, R. K., Wight, B., Newkirk, E. S., Ivan, J. S., Odell, E. A., Brook, R. K., ... Miller, R. S. (2019). Machine Learning To Classify Animal Species In Camera Trap Images: Applications In Ecology. *Methods In Ecology And Evolution*, 10(4), 585–590. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.13120>
- Vesterinen, M. (2023). Sustainability Competences In Environmental Education: Research On Guidebooks For Teachers At Finnish Primary Schools. *Cogent Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2023.2286120>
- Vesterinen, M. (2024). Sustainability Competences In Environmental Education: Research On Guidebooks For Teachers At Finnish Primary Schools. *Cogent Education*, 11(1), 2286120.
- Virijai, F., & Asrizal, A. (2023). Development Of Ethnophysics-Based Augmented Reality Assisted Digital Teaching Material For 21st Century Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*, 9(11), 9200–9209. <https://doi.org/10.29303/Jppipa.V9i12.4583>
- Wahyuni, E. N., Zaini, M., & Rezeki, A. (2022). Kualitas Lkpd Elektronik Berbasis Keterampilan Berpikir Kritis Pada Konsep Ekologi Jenjang Sma. *Padma Sari: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 1(02), 95–102.
- Wyatt, M., Radford, B., Callow, N., Bennamoun, M., & Hickey, S. (2022). Using Ensemble Methods To Improve The Robustness Of Deep Learning For Image Classification In Marine Environments. *Methods In Ecology And Evolution*, 13(6), 1317–1328.
- Yasifa, A., Hasibuan, N. H., Siregar, P. A., Zakiah, S., Anas, N., Negeri, U. I., Utara, S., William, J., Ps, I. V., Estate, M., Percut, K., Tuan, S., & Serdang, D. (2023). Implementasi Pembelajaran Stem Pada Materi Ekosistem Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Journal On Education*, 05(04).
- Zhang, K., Ruiz, B., García, J. A., & Amérigo, M. (2022). Pro-Environmental Behaviour In China: Analysing The Impact Of Attitudinal And Contextual Factors (Comportamiento Proambiental En China:

- 2722 *Kajian Pedagogik : Strategi Pembelajaran pada Konsep Ekosistem dan Lingkungan untuk Siswa SMA - Ridwan, Solikhah Isti Fadilah, Adika Muhammad Aziz, Kusnadi, Taufik Rahman, Febrian Virijai*  
DOI : <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i3.6975>
- Analizando El Impacto De Los Factores Actitudinales Y Contextuales). *Psyecology*, 13(2), 232–257.  
<https://doi.org/10.1080/21711976.2022.2040829>
- Zulhalifah, Z., Melita, A. S., & Syukur, A. (2021). Pemanfaatan Nilai Ekologi Ekosistem Mangrove Sebagai Sumber Belajar Ipa Di Sman 3 Lembar. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan Ipa*, 4(2), 49–52.