



## Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ) Universitas Papua

Web: <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>



### Environmental Physics Learning: Implementation and Assessment in Higher Education

Anderias Henukh<sup>1</sup>, Diana Rochintaniawati<sup>1</sup>, Riandi<sup>1</sup>, Agus Setiawan<sup>1\*</sup>, Asep Irvani Irva<sup>3</sup>,  
Rahmi Qurota Aini<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan IPA, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

<sup>2</sup>Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Musamus, Indonesia

<sup>3</sup>Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Garut, Indonesia

<sup>4</sup>Departemen Biology, Middle Tennessee State University, United States

\*Corresponding author: [agus\\_setiawan@upi.edu](mailto:agus_setiawan@upi.edu)

**Abstract:** *This analysis of environmental physics learning is significant because it examines the efficacy of innovative pedagogical approaches in physics with a focus on environmental applications. This study summarizes the comprehensive evaluation and reconstruction of the environmental physics program, which aims to align it with contemporary society's demands and urgent environmental management needs. This study aims to describe the planning, implementation, assessment, and student response to learning or lecturing environmental physics. The instruments used in this study were observation sheets for planning, implementation, and assessment, as well as a questionnaire of student responses to environmental physics lectures. The data analysis results show that the average percentage of environmental physics learning planning falls into the sufficient category at 65%. The average implementation of learning or environmental physics lectures is 78% good. The assessment score for learning environmental physics was 61.67%, placing it in the sufficient category. The student response to the implementation of environmental physics lectures was mixed, with 21.1% stating it was not interesting and 78.9% stating it was quite interesting.*

**Keywords:** *Assessment, environmental physics, implementation, and learning*

### Pembelajaran Fisika Lingkungan: Implementasi dan Asesmen di Pendidikan Tinggi

Analisis pembelajaran fisika lingkungan ini sangat penting karena penting meneliti kemampuan pendekatan pedagogis inovatif dalam bidang fisika dengan fokus pada aplikasi lingkungan. Penelitian ini merangkum evaluasi komprehensif dan rekonstruksi program fisika lingkungan yang bertujuan untuk menyelaraskannya dengan tuntutan masyarakat kontemporer dan kebutuhan mendesak dalam pengelolaan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan perencanaan, pelaksanaan, asesmen dan respon mahasiswa terhadap pembelajaran atau perkuliahan fisika lingkungan. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar observasi perencanaan, pelaksanaan dan asesmen serta kuisioner respon mahasiswa terhadap perkuliahan fisika lingkungan. Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan, persentase rata-rata perencanaan pembelajaran fisika lingkungan adalah 65% berada pada kategori cukup. Rata-rata pelaksanaan pembelajaran atau perkuliahan fisika lingkungan adalah 78% berada pada kategori baik. Asesmen dalam pembelajaran fisika lingkungan mendapatkan skor 61,67% sehingga berada pada kategori cukup. Respon mahasiswa terhadap pelaksanaan perkuliahan fisika lingkungan, yaitu: 21,1% mahasiswa menyatakan tidak menarik dan 78,9% menyatakan bahwa cukup menarik.

**Kata kunci:** Asesmen, fisika lingkungan, dan pembelajaran

## PENDAHULUAN

Fisika lingkungan adalah cabang ilmu pengetahuan yang menarik dan penting yang berfokus pada studi tentang bagaimana energi dan materi berinteraksi dengan alam. Ilmu ini mencakup berbagai topik fenomena fisika dalam lingkungan, fisika air, kebisingan, ruang lingkup tanah, energi terbarukan, perubahan iklim, pemanasan global, sampah dan pengelolaannya (Monteith & Unsworth, 2013). Fisika lingkungan dapat digunakan untuk mengembangkan teknologi dan strategi untuk melindungi lingkungan dan memastikan pembangunan berkelanjutan (Kumar et al., 2024; Oktavianty, 2011). Pemahaman prinsip-prinsip fisika yang berlaku pada lingkungan, dapat menciptakan solusi yang tidak hanya efektif tetapi juga ramah lingkungan.

Bidang fisika lingkungan pada dasarnya bersifat interdisipliner, sering kali bergabung dengan disiplin ilmu lain seperti kimia, biologi, dan ilmu bumi untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang proses lingkungan (Monteith & Unsworth, 2013). Misalnya, dalam fisika atmosfer, para ilmuwan mempelajari sifat fisik dan dinamika atmosfer bumi untuk memprediksi pola cuaca dengan lebih baik dan memahami dampak aktivitas manusia terhadap iklim. Fisika tanah melibatkan studi tentang sifat dan perilaku tanah, yang sangat penting untuk pertanian, pengelolaan air, dan pelestarian habitat alami (Nurso, 2019). Hal ini mencakup analisis tekstur, struktur, dan porositas tanah, yang semuanya berperan penting dalam menentukan kualitas tanah untuk pertanian, kemampuan tanah dalam menyimpan dan menyaring air, serta kemampuannya untuk mendukung kehidupan tanaman dan mikroorganisme. Pengetahuan ini tidak hanya vital untuk pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan tetapi juga untuk memahami dan mengatasi tantangan seperti erosi tanah, degradasi lahan, dan perubahan iklim.

Singkatnya, fisika lingkungan adalah bidang penting yang menggabungkan ketelitian ilmu fisika dengan hasrat untuk melestarikan alam kita. Bidang ini menyediakan alat dan pengetahuan yang diperlukan untuk memahami interaksi kompleks di dalam lingkungan kita dan untuk mengembangkan solusi bagi beberapa masalah lingkungan yang paling mendesak yang dihadapi umat manusia saat ini. Seiring dengan terus berkembangnya pemahaman ilmiah dan kemampuan teknologi kita, fisika lingkungan akan tetap menjadi yang terdepan dalam upaya menciptakan masa depan yang berkelanjutan bagi semua (Sunarti et al., 2020). Fisika lingkungan dapat membantu kita dalam mengelola sumber daya alam dengan lebih bijaksana dan memastikan bahwa pembangunan ekonomi dapat berjalan seiring dengan pelestarian lingkungan.

Pembelajaran fisika lingkungan mencakup berbagai topik sehingga dapat mengintegrasikan teori dengan aplikasi praktis, fisika lingkungan bertujuan untuk mempersiapkan mahasiswa untuk menjadi pemecah masalah dan inovator dalam mengatasi tantangan lingkungan (Blankert & Mulder, 2003). Program ini juga menekankan pengembangan keterampilan dalam pemodelan matematika dan analisis data, yang sangat penting untuk meneliti dan memprediksi fenomena lingkungan. Seiring dengan semakin dalamnya pemahaman kita akan isu-isu lingkungan, peran fisika lingkungan dalam pendidikan menjadi semakin penting untuk membina generasi baru ilmuwan dan insinyur yang sadar akan lingkungan (Amelia et al., 2021; Khasanah et al., 2021; Kumar et al., 2024; Yusliani & Desnita, 2021). Hal ini dapat dilakukan melalui integrasi konsep-konsep fisika lingkungan ke dalam kurikulum.

Implementasi dan asesmen pembelajaran fisika lingkungan tidak hanya tentang menyempurnakan konten pendidikan, tetapi juga tentang mengubah lingkungan belajar. Hal ini dapat menciptakan pengalaman pendidikan yang dinamis dan responsif yang mempersiapkan siswa untuk menghadapi kompleksitas masalah lingkungan dan solusinya. Ketika dunia bergulat dengan perubahan iklim dan degradasi lingkungan, peran pendidikan

dalam membekali generasi masa depan dengan alat untuk membuat perbedaan menjadi semakin penting dan evaluasi yang dilakukan pada pembelajaran fisika lingkungan berfungsi sebagai mercusuar, memandu jalan menuju masyarakat yang lebih terinformasi, bertanggung jawab, dan proaktif (Ayu et al., 2021). Evaluasi dapat menginspirasi mahasiswa untuk menjadi lebih terinformasi, bertanggung jawab dalam mempelajari dan menerapkan konsep-konsep fisika pada lingkungan sekitar mereka.

Asesmen merupakan komponen penting dari proses ini, karena memberikan umpan balik tentang efektivitas metode pengajaran dan kurikulum. Hal ini melibatkan penilaian terhadap penyampaian materi oleh dosen dan pemahaman serta penerapan materi oleh mahasiswa. Hal ini dapat dilakukan melalui berbagai cara seperti ujian, kerja proyek, dan umpan balik dari siswa. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi area-area di mana kurikulum dapat ditingkatkan untuk meningkatkan hasil pembelajaran dan memastikan bahwa siswa dibekali dengan keterampilan yang diperlukan untuk mengatasi tantangan lingkungan (Bahri et al., 2012; Johri et al., 2022; Rusyati et al., 2021).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian tentang fisika lingkungan di tingkat pendidikan tinggi bertujuan untuk memberikan gambaran rinci tentang perencanaan, pelaksanaan, dan penilaian yang terlibat dalam proses tersebut. Hal ini mencakup evaluasi metode pengajaran yang digunakan, efektivitas penilaian dalam mengukur pemahaman mahasiswa, serta respon dan interaksi mahasiswa dengan materi yang diajarkan.

## METODE PENELITIAN

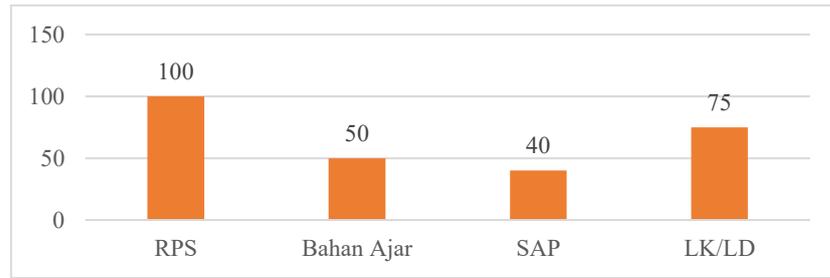
Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Subjek dalam penelitian ini adalah 24 mahasiswa yang mengambil mata kuliah fisika lingkungan dan 2 dosen yang mengampu mata kuliah tersebut. Dalam pengumpulan data digunakan teknik observasi dan angket. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar pengamatan pengelolaan pembelajaran yang meliputi, perencanaan, pelaksanaan, dan asesmen pembelajaran serta lembar isian respon mahasiswa (Astra et al., 2021; Henukh & Guntara, 2020). Kriteria respon peserta didik mengacu pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kriteria Penilaian Respon Peserta Didik

Nilai (%)	Kriteria Interpretasi Skor
$\leq 20$	Tidak baik
21-40	Kurang baik
41-60	Cukup baik
61-80	Baik
81-100	Sangat baik

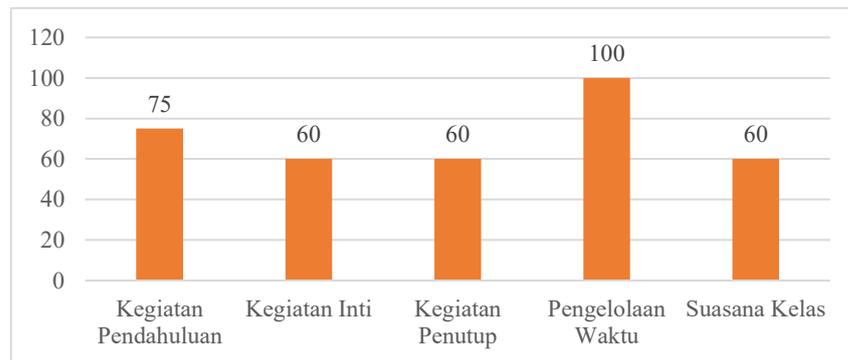
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis pelaksanaan pembelajaran fisika lingkungan melibatkan teknik observasi yang terperinci, menggunakan lembar observasi untuk merencanakan dan mengevaluasi proses pembelajaran. Gambar 1 menggambarkan hasil analisis, memberikan wawasan visual tentang perencanaan pembelajaran yang sudah dilaksanakan.



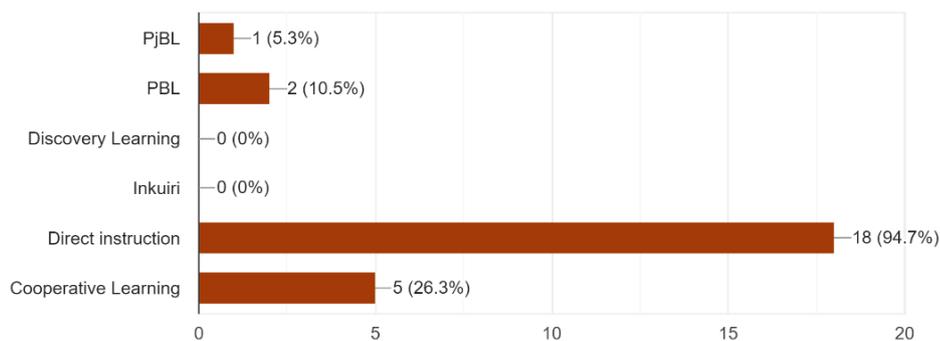
**Gambar 1.** Perencanaan Pembelajaran Fisika Lingkungan

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 1 yang telah dilakukan, perencanaan yang pembelajaran yang memperoleh skor tertinggi adalah RPS dengan persentase 100%. Sedangkan persentase SAP memperoleh skor terendah, yaitu 40%. Demikian juga dengan bahan ajar, masih 50%. Sedangkan lembar kerja atau lembar diskusi memperoleh persentase 75%. Selanjutnya hasil analisis pelaksanaan pembelajaran atau perkuliahan fisika lingkungan pada perguruan tinggi dapat diperhatikan pada Gambar 2.



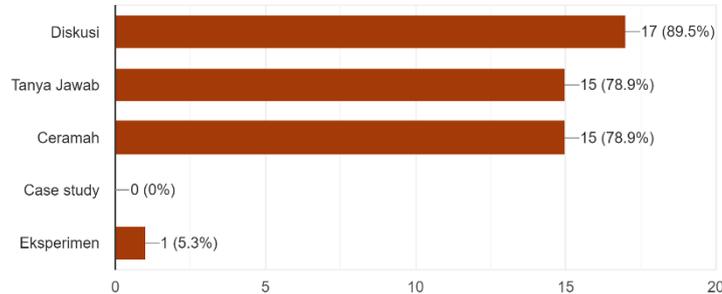
**Gambar 2.** Pelaksanaan Pembelajaran Fisika Lingkungan

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 2, kegiatan pendahuluan memperoleh skor tertinggi, yaitu 90%, sedangkan skor terendah pada suasana pembelajaran dikelas, yaitu 65%. Kegiatan inti mendapatkan skor 70%, kegiatan penutup 85% dan pengelolaan waktu mendapatkan skor 80%. Selanjutnya model yang paling sering digunakan dalam pembelajaran fisika lingkungan adalah *direct instruction* sebesar 94.7% dan *cooperative learning* sebesar 28,3%. PBL sebesar 10.5% dan PjBL sebesar 5.3%. Hasil secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.



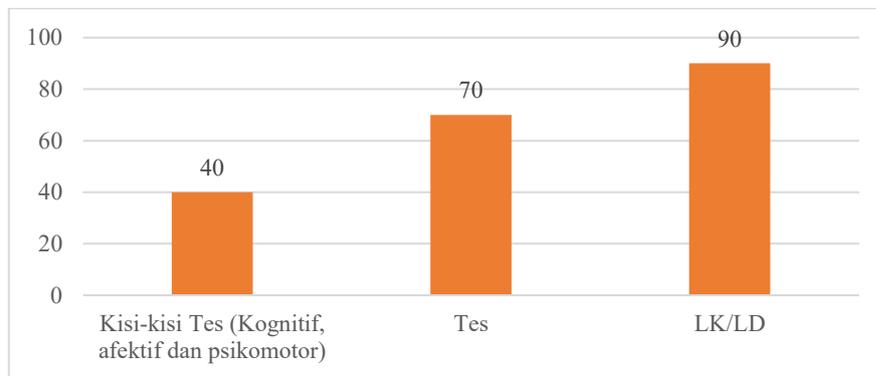
**Gambar 3.** Model Pembelajaran Yang Paling Sering Digunakan

Selain itu terkait dengan metode yang paling umum digunakan oleh dosen pengampu mata kuliah ini adalah diskusi dengan presentase 89.5%, tanya jawab 78.9% dan ceramah 78.9% selain itu juga terdapat mahasiswa yang menjawab dengan eksperimen sebesar 5,3%. Hasil secara keseluruhan dapat diperhatikan pada Gambar 4.



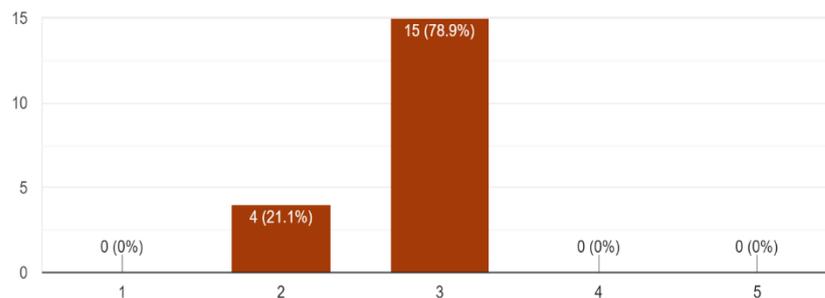
**Gambar 4.** Metode pembelajaran yang paling sering digunakan

Selanjutnya bagian terakhir yang diobservasi adalah asesmen dan perangkat atau instrument yang digunakan dalam perkuliahan fisika lingkungan. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Asesmen Dalam Pembelajaran Fisika Lingkungan

Berdasarkan hasil analisis pada Gambar 5, diketahui bahwa asesmen yang paling sering digunakan adalah lembar kerja atau lembar diskusi dengan skor 90%. Sedangkan skor terendah adalah kisi-kisi asesmen yang digunakan, yaitu 40%. Jika ditinjau dari segi kemenarikan perkuliahan fisika lingkungan yang selama ini telah berlangsung, 21,1% mahasiswa menyatakan tidak menarik dan 78,9% menyatakan bahwa cukup menarik. Tidak ada yang menyatakan bahwa peerkuliahan yang dilakukan menarik atau sangat menarik. Hasilnya dapat diperhatikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Respon Kemenarikan Pembelajaran Fisika Lingkungan

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa Dosen sudah menyiapkan RPS dengan baik. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang mengemukakan bahwa RPS merupakan seperangkat rencana prose pembelajaran yang memuat deskripsi mata kuliah, capaian pembelajaran mata kuliah (CPMK), materi perkuliahan dan rencana aktivitas selama satu semester. Perencanaan RPS secara sistematis dan terstruktur dan implementasi yang baik menghasilkan kualitas perkuliahan atau pembelajaran tinggi sehingga RPS dapat dijadikan sebuah acuan dalam satu semester oleh dosen dan mahasiswa (Damayanti et al., 2023; Julianto, 2022; Pasaribu, 2023). Hal ini mencakup materi pembelajaran, metode pengajaran, penilaian yang efektif, dan pengembangan capaian pembelajaran.

Ketersediaan bahan ajar fisika lingkungan juga masih minim. Baru sebagian materi fisika lingkungan yang sudah ada bahan ajarnya, sebagian materi belum tersedia. Dilain sisi menurut penelitian sebelumnya bahan ajar memiliki peranan yang sangat penting dalam pembelajaran atau perkuliahan (Malahayati & Zunaidah, 2021). Penelitian lain juga mengungkap bahwa pengembangan bahan ajar dalam bentuk e-book dengan pendekatan saintifik mendapatkan respon yang positif dari mahasiswa dan dapat meningkatkan hasil belajar mahasiswa (Aprillia & Pathoni, 2021; Rahayu, 2020). Bahan ajar dapat membantu mahasiswa memahami konsep-konsep fisika secara berurutan dan mengikuti kurikulum dengan lebih terstruktur. Buku ajar menyediakan rujukan dan informasi terinci mengenai konsep-konsep atau materi perkuliahan. Penelitian juga menemukan bahwa bahan ajar atau modul dapat membantu mahasiswa dan pengajar untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang teori dan aplikasi pembelajaran (Henukh et al., 2019; Jiang, 2021; Astra et al., 2023; Sari et al., 2020; Syamsuri et al., 2017). Bahan ajar yang dirancang dengan baik dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa dan Dosen terhadap materi pelajaran, serta memfasilitasi pembelajaran yang lebih mandiri dan kolaboratif.

Hasil temuan pada Gambar 1 menunjukkan bahwa dosen sudah menyiapkan lembar kerja atau lembar diskusi untuk mahasiswa dengan persentasi 75%. Sebagaimana temuan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa lembar kerja mahasiswa dan lembar diskusi memiliki peran penting dalam proses pembelajaran, terutama dalam meningkatkan keterlibatan dan dapat megelaborasi keterampilan mahasiswa dalam menyelesaikan sebuah masalah (Celikler & Aksan, 2012; Harini et al., 2023). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan LK/LD yang efektif dapat membantu mahasiswa memahami materi dengan lebih baik, mengembangkan keterampilan mandiri, dan meningkatkan partisipasi dalam pembelajaran berbasis proyek. Dalam konteks pembelajaran, LK/LD menjadi alat yang sangat berguna untuk menjaga konsentrasi dan motivasi mahasiswa, sekaligus memfasilitasi personalisasi pembelajaran. Dengan adanya lembar diskusi, mahasiswa dapat berkolaborasi, berbagi ide, dan mengasah kemampuan komunikasi mereka, yang merupakan keterampilan penting di era globalisasi dan industri 5.0. Oleh karena itu, pengembangan LK/LD dan lembar diskusi yang berkualitas adalah investasi yang berharga untuk masa depan pendidikan tinggi (Kolomuc et al., 2012; Muskita et al., 2020; Wahyuni et al., 2023). Selain itu, penggunaan lembar diskusi yang dibuat dengan baik dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih dinamis dan mendalam, sehingga siswa dapat secara aktif berpartisipasi dalam perjalanan belajar mereka sendiri.

Satuan Acara Perkuliahan (SAP) adalah rencana terstruktur yang menguraikan kegiatan belajar mengajar dalam suatu mata kuliah di universitas. SAP berfungsi sebagai peta jalan bagi para pengajar, yang merinci materi pelajaran yang akan dibahas, metodologi yang akan digunakan, dan sumber daya yang akan digunakan untuk mencapai hasil pembelajaran yang diinginkan. Namun faktanya temuan pada penelitian ini menunjukkan

bahwa SAP mendapat skor terendah. Dilain pihak SAP tidak hanya membantu dalam penyampaian konten kursus yang efektif, tetapi juga memberikan kerangka kerja yang jelas bagi instruktur dan siswa, menetapkan ekspektasi dan memfasilitasi pendekatan pembelajaran yang terfokus dan terorganisir (Pasiaribu, 2023). Bahan ajar yang dibuat dengan cermat memiliki potensi untuk meningkatkan pemahaman materi pelajaran bagi siswa dan guru, serta mendorong pembelajaran mandiri dan kooperatif.

Pada bagian pelaksanaan pembelajaran atau perkuliahan, bagian pendahuluan dan pengelolaan waktu sudah masuk dalam kategori baik seperti kriteria yang dikemukakan oleh peneliti terdahulu (Astra et al., 2021). Perlu adanya perbaikan pelaksanaan perkuliahan fisika lingkungan sehingga menjadi sangat menarik dan bermanfaat ketika diintegrasikan dengan metode pembelajaran yang inovatif. Salah satu pendekatan yang telah diteliti adalah penggunaan multimodel berbasis ecopedagogy, yang tidak hanya berfokus pada teori, tetapi juga pada aplikasi praktis dan motivasi akademik mahasiswa untuk mengembangkan keterampilan praktis dan kesadaran ekologis yang akan membekali mahasiswa untuk menghadapi tantangan lingkungan masa depan seperti yang diungkapkan oleh Napitupulu (Napitupulu et al., 2018; Napitupulu et al., 2019). Selain itu, pembelajaran fisika lingkungan juga mencakup topik energi terbarukan dan sensor optik untuk mengukur polutan, yang keduanya memiliki peran penting dalam memastikan keberlanjutan lingkungan (Samsinar & Fikri, 2021). Sensor optik memantau polutan dengan tepat dan efektif, yang sangat penting untuk mengelola dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Sebagaimana hasil analisis kuisioner diketahui bahwa 94,7% responden mengatakan bahwa model pembelajaran yang paling sering digunakan adalah *direct instruction*. Model ini cenderung menempatkan dosen sebagai sumber utama pengetahuan dan pusat kegiatan pembelajaran. Hal ini dapat mengurangi kemandirian siswa dalam memahami konsep dan mencari informasi sendiri. Model ini cenderung memberikan penekanan pada pemberian informasi dan penguasaan konsep, namun kurang mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah atau berpikir kritis. Pembelajaran langsung dapat terasa monoton atau kurang menarik bagi beberapa siswa. Kegiatan yang bersifat mendengarkan atau membaca tanpa variasi dapat menyebabkan kebosanan. Mahasiswa mungkin memahami konsep pada tingkat permukaan tanpa mendalami memahami konsep tersebut. Pembelajaran langsung seringkali berfokus pada penguasaan fakta daripada pemahaman mendalam. Model ini mungkin kurang efektif untuk konsep-konsep yang sangat abstrak atau sulit diilustrasikan secara langsung. Beberapa konsep mungkin memerlukan pendekatan pembelajaran yang lebih interaktif atau eksploratif (Sugesti, 2018). Metode ini memungkinkan siswa untuk berpartisipasi secara aktif dalam proses pembelajaran, yang memungkinkan mereka untuk mempelajari materi pelajaran dengan cara yang lebih mendalam dan relevan. Sementara itu, PjBL yang mengusung pendekatan *student centered* hanya 5,3%. Temuan ini sejalan dengan temuan lain terkait dengan persepsi mahasiswa yang mengatakan pemahaman mereka masih pada level kurang meningkat, dan cukup meningkat karena mereka kurang tertarik dengan model pembelajaran yang digunakan dalam perkuliahan. Selain itu juga metode yang digunakan juga pada umumnya adalah diskusi dan ceramah tanpa adanya keterlibatan langsung mahasiswa dalam pembelajaran secara aktif. Padahal penggunaan model-model pembelajaran dalam perkuliahan yang mengedepankan peran aktif mahasiswa seperti PjBL, PBL, *inquiry learning*, sangat penting karena telah terbukti dapat mengembangkan keterampilan berpikir mahasiswa dan pemahaman konsep-konsep yang diajarkan kepada mahasiswa (Rio & Rodriguez, 2022; Jiang, 2021; Kokotsaki et al., 2016; Ling et al., 2024; Tsybulsky & Rozanov, 2023). Proyek dalam PjBL melibatkan mahasiswa dalam proyek

atau tugas yang menuntut penerapan pengetahuan dan keterampilan dalam konteks nyata. Hal ini membantu siswa melihat relevansi materi pembelajaran dengan dunia nyata. Mahasiswa diberikan kesempatan untuk mengeksplorasi masalah-masalah nyata ydan fenomena yang ada di lingkungan. Pada saat mahasiswa dihadapkan pada masalah nyata yang memerlukan pemecahan. PBL membantu mereka menghubungkan teori dengan praktik dan memahami aplikasi konsep-konsep pembelajaran dalam situasi dunia nyata (Collaguazo et al., 2023; Gawlicz, 2022; Pugh et al., 2023). Hal ini menjadi alat yang positif untuk menyiapkan mahasiswa menghadapi masalah-masalah dalam dunia nyata.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan, persentase rata-rata perencanaan pembelajaran fisika lingkungan adalah 65% berada pada kategori cukup. Rata-rata pelaksanaan pembelajaran atau perkuliahan fisika lingkungan adalah 78% berada pada kategori baik. Asesmen dalam pembelajaran fisika lingkungan mendapatkan skor 61,67% sehingga berada pada kategori cukup. Respon mahasiswa terhadap pelaksanaan perkuliahan fisika lingkungan, yaitu: 21,1% mahasiswa menyatakan tidak menarik dan 78,9% menyatakan bahwa cukup menarik. Hasil ini mengindikasikan bahwa perlunya peningkatan perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran fisika lingkungan. Selain itu, perlu adanya perbaikan asesmen dan peningkatan desain perkuliahan sehingga menarik mahasiswa untuk mempelajari fisika lingkungan secara lebih mendalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, T., Jumini, S., & Khoiri, A. (2021). Analysis of Creativity and Attitudes Caring The Environment of Junior High School Students: Study of Environmental Physics Learning Using Learning Modules. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 17(1), 40–48. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v17i1.26301>.
- Astra, I. M., Henukh, A., & Algiranto. (2021). Implementation of Think Pair Share Model in Physics Learning to Determine Cognitive, Affective And Psychomotor Learning Outcomes and Student Responses. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1), 012064 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012064>.
- Ayu, H. D., Saputra, S., Sarwanto, S., & Mulyani, S. (2021). Diagnostic Analysis of Student Concept in Environmental Physics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1), 012177. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012177>.
- Bahri, N. A. S., Azli, N. A., & Samah, N. A. (2012). Problem-Based Learning Laboratory (PBLab): Facilitators' Perspective on Rubric Assessment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 56(1), 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.635>.
- Blankert, P., & Mulder, J. (2003). Environmental Physics as a Teaching Concept Related Content a Student Laboratory in Environmental Physics. In *European Journal of Physics*, 24(5), 59-66.
- Celikler, D., & Aksan, Z. (2012). The Effect of the Use of Worksheets About Aqueous Solution Reactions on Pre-service Elementary Science Teachers' Academic Success. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46(2),4611–4614. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.306>.
- Collaguazo, A., Villavicencio, M., & Abran, A. (2023). An Activity-Based Approach for the Early Identification and Resolution of Problems in The Development of Iot Systems in Academic Projects. *Internet of Things*, 24(100929), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100929>.
- Damayanti, W., Fuadin, A., & Wijaya Abdul Rozak, R. (2023). Analisis dan Redesain RPS Berbasis Riset untuk Meningkatkan Kemampuan 6C Mahasiswa pada Mata Kuliah

- Bahasa Indonesia. *Semantik*, 12(2), 251–264.  
<https://doi.org/10.22460/semantik.v12i2.p251-264>.
- Gawlicz, K. (2022). “I Felt as if I was Becoming Myself Anew”: Transformative Learning Through Action Research Projects Carried out by Beginner Teachers. *Journal of Transformative Education*, 20(1), 62–79.  
<https://doi.org/10.1177/15413446211049467>.
- Gomez-del Rio, T., & Rodriguez, J. (2022). Design And Assessment of A Project-Based Learning in A Laboratory for Integrating Knowledge and Improving Engineering Design Skills. *Education for Chemical Engineers*, 40(3), 17–28.  
<https://doi.org/10.1016/j.ece.2022.04.002>.
- Harini, E., Nurul Islamia, A., Kusumaningrum, B., & Singgih Kuncoro, K. (2023). Effectiveness of E-Worksheets on Problem-Solving Skills: A Study of Students’ Self-Directed Learning in The Topic of Ratios. *International Journal of Mathematics and Mathematics Education*, 1(2), 150–162.  
<https://doi.org/10.56855/ijmme.v1i02.333>.
- Henukh, A., & Guntara, Y. (2020). Analyzing the Response of Learners to Use Kahoot As Gamification of Learning Physics. *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 6(1), 71-76. <https://doi.org/10.30870/gravity.v6i1.7108>
- Henukh, A., Nikat, R. F., Simbolon, M., Nuryadin, C., & Baso, Y. S. (2019). Multimedia Development Based on Web Connected Massive Open Online Courses (Cmoocs) on The Basic Physics Material. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1), 012160. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012160>.
- Indri Jati Sugesti, R. S. A. Y. (2108). Perbandingan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Menggunakan Model Pembelajaran Savi dan Model Pembelajaran Langsung Siswa Kelas VIII SMPN 2 Kuala Tungkal. *Phi: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(1), 14–22.
- Jiang, X. (2021). Construction of Project-Based and School-Based Teaching Material of Visual Identity in Higher Vocational College Under the Background of Computer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1992(4), 042015.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1992/4/042015>.
- Johri, A., Bhadula, S., Sharma, S., & Shankar Shukla, A. (2022). Assessment of Factors Affecting Implementation of Iot Based Smart Skin Monitoring Systems. *Technology in Society*, 68(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101908>.
- Julianto, P. (2022). *Evaluasi Penerapan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) Pada Program Studi Manajemen IAIN Kerinci*. 19(2), 274-280.  
<https://journal.uniku.ac.id/index.php/Equilibrium>.
- Khasanah, V., Anoegrajekti, N., Setiadi, S., & Abdullah, K. H. (2021). Fostering Environmental Awareness Through Eco-Literacy in Novels: A Bibliometric Review. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*. 13(1), 88-104. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2024v13i1p.88-104>.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based Learning: A Review of The Literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277.  
<https://doi.org/10.1177/1365480216659733>.
- Kolomuc, A., Ozmen, H., Metin, M., & Acisli, S. (2012). The Effect of Animation Enhanced Worksheets Prepared Based on 5E Model for the Grade 9 Students on Alternative Conceptions of Physical and Chemical Changes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46(3), 1761–1765.  
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.374>.

- Kumar, V., Choudhary, S. K., & Singh, R. (2024). Environmental Socio-Scientific Issues As Contexts in Developing Scientific Literacy in Science Education: A Systematic Literature Review. In *Social Sciences and Humanities Open*. 9(2), 100765. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100765>.
- Ling, Y., Zhou, L., Zhang, B., & Ren, H. (2024). Developing Middle School Students' Problem-Solving Ability Through Interdisciplinary Project-Based Learning. *Education for Chemical Engineers*, 46(2), 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2023.11.001>.
- Made Astra, I., Henukh, A., & Uskenat, K. (2023). The Effectiveness of STEM-Based Science Teaching Materials in Improving elementary School Students' Science Literacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 2582(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2582/1/012047>.
- Malahayati, E. N., & Zunaidah, F. N. (2021). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Mata Kuliah Kurikulum. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 6218–6226. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1802>.
- Monteith, J., & Unsworth, M. (2013). *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals, and The Atmosphere*. Academic press.
- Muskita, M., Subali, B., & Djukri. (2020). Effects of Worksheets Base The Levels of Inquiry in Improving Critical and Creative Thinking. *International Journal of Instruction*, 13(2), 519–532. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13236a>.
- Napitupulu, N. D., Munandar, A., Redjeki, S., & Tjahyono, B. (2019). Interaction of Students Motivation and Ecological Phenomena Toward Learning Outcomes Using Problem-Based Ecopedagogy. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2), 022045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022045>.
- Napitupulu, N. D., Munandar, A., Redjeki, S., & Tjahyono, B. (2018). Physics Education Students' Cognitive and Affective Domains Toward Ecological Phenomena. *Journal of Physics: Conference Series*, 1013(1),012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1013/1/012044>.
- Nurso, S. (2019). Environmental Physics Program: An Evaluation and Reconstruction. In *International Journal of Science and Society*, 1(3), 45-56.
- Oktavianty, E. (2011). Role Playing Pada Perkuliahan Fisika Lingkungan Sub Bahasan Pencemaran. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 2(2),36-40.
- Pasaribu, M. (2023). Pengembangan Silabus dan Rencana Pembelajaran Mata Kuliah Kemuhammadiyah di Program Studi Pendidikan Agama Islam Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. *Edukasi Islami: Jurnal Pendidikan Islam*, 12(02), 547–569. <https://doi.org/10.30868/ei.v12i02.4991>.
- Pugh, K. J., Kriescher, D. P. J., Tocco, A. J., Olson, C., Bergstrom, C. M., Younis, M., & BenSalem, M. (2023). The Seeing Science Project: Using Design-Based Research to Develop a Transformative Experience Intervention. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 338–354. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10031-6>.
- Rahayu, C. (2020). Penerapan Bahan Ajar Fisika dengan Variasi Bentuk Tugas Berbasis Web untuk Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa Teknik. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 10(2). 82-90.
- Rusyati, L., Rustaman, N. Y., Widodo, A., & Ha, M. (2021). Development of Questionnaire Instrument to Assess Students' Transformative Competencies in Science Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2098(1), 012035. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012035>.
- Samsinar, R., & Fikri, I. (2021). Perancangan dan Implementasi Alat Pengukur Tingkat Polusi Udara Karbon Monoksida dan Debu Berbasis Website Menggunakan

- Raspberry Pi. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 4(1), 69-76. <http://192.168.1.1/index.php>.
- Sari, M. I., Abdurrahman, & Jalmo, T. (2020). The Prospective Science Teaching Material Based on Integrated-Stem Approach: Analysis of Teachers and Students Expectations. *Journal of Physics: Conference Series*, 1572(1), 012084. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012084>.
- Sunarti, T., Hariyono, E., Setyarsih, W., Prahani, B. K., & Suyidno, S. (2020). The Impact of Environmental Based Physics Learning on Students' Concept Mastery and Ecopreneurship Management. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 8(2), 91-98. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v8i2.3016>.
- Syamsuri, B. S., Anwar, S., & Sumarna, O. (2017). Development of Teaching Material Oxidation-Reduction Reactions through Four Steps Teaching Material Development (4S TMD). *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 012111. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012111>.
- Tsybulsky, D., & Muchnik-Rozanov, Y. (2023). The Contribution of A Project-Based Learning Course, Designed as A Pedagogy of Practice, to The Development of Preservice Teachers' Professional Identity. *Teaching and Teacher Education*, 124(1), 104020 <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104020>.
- Wahyuni, S., Sari, J., Palittin, I. D., & Henukh, A. (2023). Development of Student Worksheets Based on Etno-STEM on Sound Waves. *Kasuari: Physics Education Journal*, 6(1), 37-45. <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>.
- Yusliani, E., & Desnita. (2021). Mapping Environmental Curriculum in Physics Learning at Senior High School Grade X Semester 2. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876(1), 012040. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012040>.