

INOVASI ALAT PERAGA FISIKA BERBAHAN LIMBAH UNTUK MEMBANGUN KEMAMPUAN BERFIKIR TINGKAT TINGGI PADA PEMBELAJARAN FISIKA

Parihin¹, Anas Younis Abd Almaoula², Zulfitria Zaidi³

Universitas Muhammadiyah Jakarta^{1,2,3}

e-mail: parihin@student.umj.ac.id

Diterima: 21/1/2026; Direvisi: 24/1/2026; Diterbitkan: 6/2/2026

ABSTRAK

Berbagai permasalahan masih ditemukan dalam pembelajaran fisika di tingkat SMA, khususnya terkait rendahnya pemahaman konsep dan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) siswa. Situasi ini menunjukkan perlunya inovasi pembelajaran yang mampu memberikan pengalaman belajar yang lebih kontekstual dan bermakna bagi peserta didik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan serta menerapkan media ajar berupa simulasi alat peraga fisika interaktif berbasis bahan limbah yang dipadukan dengan model *Problem Based Learning* (PBL) dan pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL). Penelitian dilaksanakan menggunakan metode Penelitian Tindakan Kelas (PTK) di SMAN 2 Gunungputri Bogor dengan melibatkan siswa kelas XI sebagai subjek penelitian. Proses penelitian dilakukan melalui beberapa siklus yang mencakup tahap perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi, dan refleksi. Temuan penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media ajar inovatif berbasis bahan limbah berkontribusi terhadap peningkatan pemahaman konseptual siswa sekaligus mendorong pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi melalui aktivitas pemecahan masalah kontekstual. Penerapan model PBL yang dikombinasikan dengan pendekatan TaRL memungkinkan pembelajaran berlangsung sesuai dengan tingkat kemampuan siswa, sehingga memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa inovasi media ajar fisika berbasis bahan limbah yang terintegrasi dengan PBL dan TaRL efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan HOTS siswa pada pembelajaran fisika di SMA.

Kata Kunci: Media Ajar Inovatif, Pembelajaran Fisika, HOTS

ABSTRACT

Various challenges are still encountered in physics learning at the senior high school level, particularly related to students' low conceptual understanding and higher order thinking skills (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*). This condition highlights the need for instructional innovations that are able to provide more contextual and meaningful learning experiences for students. This study aims to develop and implement an instructional medium in the form of an interactive physics teaching aid simulation based on waste materials, integrated with the *Problem Based Learning* (PBL) model and the *Teaching at the Right Level* (TaRL) approach. The research was conducted using the Classroom Action Research (CAR) method at SMAN 2 Gunungputri Bogor, involving eleventh-grade students as the research subjects. The research process was carried out through several cycles consisting of planning, action implementation, observation, and reflection stages. The findings indicate that the use of innovative instructional media based on waste materials contributes to improving students' conceptual understanding while also fostering the development of higher order thinking skills through contextual problem-solving activities. The implementation of the PBL model combined with the TaRL approach allows learning to be tailored to students' ability levels, thereby providing more

meaningful learning experiences. Thus, it can be concluded that physics instructional media innovations based on waste materials, integrated with PBL and TaRL, are effective in enhancing students' conceptual understanding and HOTS in senior high school physics learning.

Keywords: *Innovative Instructional Media, Physics Learning, HOTS*

PENDAHULUAN

Fisika sebagai salah satu disiplin ilmu sains menuntut siswa memiliki penguasaan konsep yang kuat serta kemampuan berpikir tingkat tinggi. Idealnya, pembelajaran fisika di sekolah menengah diarahkan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan keterampilan pemecahan masalah. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih didominasi oleh pendekatan yang bersifat abstrak, berpusat pada guru, dan kurang memanfaatkan media pembelajaran yang kontekstual. Kondisi ini berdampak pada rendahnya motivasi belajar, terbatasnya pemahaman konsep, serta belum berkembangnya kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa secara optimal. Penelitian mengenai mutu pendidikan di negara berkembang mengungkapkan bahwa kualitas pembelajaran sangat dipengaruhi oleh pendekatan pedagogis, strategi pembelajaran, serta keselarasan pembelajaran dengan tingkat kemampuan siswa (Glewwe & Muralidharan, 2022).

Pengembangan inovasi media ajar menjadi salah satu alternatif solusi untuk menjawab permasalahan tersebut. Media pembelajaran berupa simulasi alat peraga fisika interaktif yang dikembangkan dari bahan limbah dinilai efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan. Pemanfaatan bahan limbah dalam media pembelajaran tidak hanya membantu mengonkretkan konsep fisika yang bersifat abstrak, tetapi juga meningkatkan keterlibatan aktif siswa selama proses pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat peraga sains berbasis bahan daur ulang mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir kritis siswa secara signifikan (Kasmini et al., 2024). Selain itu, media pembelajaran interaktif yang dirancang secara sistematis memiliki peran penting dalam meningkatkan minat belajar dan keterlibatan kognitif siswa (Lubis, 2025).

Agar inovasi media ajar memberikan dampak optimal, diperlukan dukungan model dan strategi pembelajaran yang relevan. Model *Problem Based Learning* (PBL) menekankan pada pembelajaran berbasis masalah kontekstual yang mampu melatih kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan pemecahan masalah siswa. Berbagai kajian empiris menunjukkan bahwa PBL efektif dalam mengembangkan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) serta keterampilan abad ke-21 (4C) dalam pembelajaran sains dan fisika (Samadun & Dwikoranto, 2022; Harahap et al., 2025; Nurhayati et al., 2024). Hal ini sejalan dengan temuan Kusmiyati dan Martani (2022) yang menyatakan bahwa pembelajaran berorientasi HOTS mendorong siswa untuk melakukan analisis, evaluasi, dan kreasi, bukan sekadar menghafal materi.

Di samping model pembelajaran, strategi pengajaran yang tepat juga berperan penting dalam memperkuat pemahaman konsep dan mengurangi terjadinya miskonsepsi. Studi literatur menunjukkan bahwa strategi pengajaran sains yang dirancang secara terencana dan kontekstual mampu membantu siswa memahami materi yang kompleks secara lebih mendalam (Khodijah & Rohaeti, 2025). Selain itu, pembelajaran berbasis masalah perlu didukung oleh instrumen evaluasi yang sistematis dan terstruktur agar capaian kognitif siswa dapat diukur secara menyeluruh, mulai dari pemahaman konsep hingga kemampuan analisis dan evaluasi (Azizah et al., 2025).

Pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL) berperan sebagai pelengkap dalam pembelajaran inovatif karena memungkinkan guru menyesuaikan proses pembelajaran dengan

tingkat kemampuan dan kesiapan belajar siswa. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengurangi kesenjangan belajar dan meningkatkan hasil belajar siswa secara lebih merata (Glewwe & Muralidharan, 2022). Pembelajaran yang disesuaikan dengan tingkat kemampuan siswa juga berkontribusi dalam meminimalkan miskonsepsi serta meningkatkan kualitas pemahaman konsep melalui kegiatan diskusi dan tanya jawab yang terarah (Al Munawaroh et al., 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan inovasi media ajar berupa simulasi alat peraga fisika interaktif berbasis bahan limbah dalam pembelajaran fisika dengan menggunakan model Problem Based Learning (PBL) dan pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL) di SMAN 2 Gunungputri Bogor. Penerapan pembelajaran ini diarahkan untuk mengonkretkan materi pelajaran, memudahkan pemahaman siswa, meningkatkan minat belajar, serta mendorong keaktifan siswa dalam proses pembelajaran (Winata et al., 2021). Dalam implementasinya, guru berperan sebagai fasilitator yang mendukung pengembangan kemampuan kognitif siswa mulai dari mengetahui (C1), memahami (C2), mengaplikasikan (C3), menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), hingga mencipta (C6). Dengan demikian, nilai kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi media ajar berbasis bahan limbah dengan penerapan PBL yang disesuaikan melalui pendekatan TaRL untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa dalam pembelajaran fisika.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang dilaksanakan secara bersiklus melalui tahapan perencanaan, pelaksanaan tindakan, observasi, dan refleksi. Penelitian dilakukan di SMAN 2 Gunungputri Bogor pada semester genap tahun pelajaran berjalan dengan subjek penelitian sebanyak 29 siswa kelas XI. Pemilihan metode PTK bertujuan untuk memungkinkan perbaikan pembelajaran dilakukan secara langsung, sistematis, dan berkelanjutan melalui proses refleksi terhadap tindakan yang diterapkan di kelas. Setiap siklus difokuskan pada evaluasi hasil tindakan dan penentuan langkah perbaikan untuk siklus berikutnya.

Teknik pengumpulan data mencakup observasi proses pembelajaran, tes pemahaman konseptual, tes kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*), serta dokumentasi pendukung. Instrumen penelitian terdiri atas lembar observasi aktivitas siswa, soal tes berbasis HOTS, dan angket untuk mengukur respons siswa terhadap penggunaan media ajar dan penerapan model pembelajaran. Instrumen tersebut dikembangkan berdasarkan indikator pembelajaran fisika dan telah melalui proses validasi konseptual agar sesuai dengan tujuan penelitian. Tindakan yang diterapkan berupa penggunaan media ajar simulasi alat peraga fisika interaktif berbahan limbah yang dipadukan dengan model *Problem Based Learning* (PBL) dan pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL), yang dirancang untuk menyesuaikan pembelajaran dengan kemampuan siswa serta mendorong keterlibatan aktif dalam kegiatan pemecahan masalah.

Data penelitian dianalisis secara deskriptif dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menilai peningkatan pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada setiap siklus pembelajaran. Analisis kualitatif berfokus pada deskripsi aktivitas, partisipasi, dan respons siswa selama pembelajaran berlangsung. Adapun analisis kuantitatif digunakan untuk membandingkan capaian hasil belajar siswa sebelum dan sesudah penerapan tindakan pada setiap siklus. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar refleksi untuk menentukan efektivitas penerapan media ajar dan model pembelajaran serta sebagai landasan perbaikan pembelajaran pada siklus selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media ajar simulasi alat peraga fisika interaktif berbasis bahan limbah mampu meningkatkan keaktifan siswa dalam proses pembelajaran. Siswa tampak lebih antusias dalam melakukan kegiatan percobaan, terlibat aktif dalam diskusi kelompok, serta berpartisipasi dalam pemecahan masalah yang diberikan selama pembelajaran berlangsung. Keaktifan tersebut terlihat sejak tahap orientasi masalah hingga presentasi hasil kerja kelompok pada setiap siklus pembelajaran.

Deskripsi alat peraga fisika yang dikembangkan dari bahan limbah disajikan pada Tabel 1. Alat peraga yang dihasilkan meliputi simulasi rumah gempa, kipas angin edukasi, cermin sudut multi-bayangan, sistem hidrolik sederhana, dan telepon kaleng. Setiap alat peraga dirancang untuk merepresentasikan konsep fisika tertentu, seperti getaran dan gelombang, perubahan energi, pemantulan cahaya, hukum Pascal, serta perambatan gelombang bunyi. Penggunaan bahan limbah sebagai media utama menunjukkan bahwa alat peraga dapat dibuat secara ekonomis tanpa mengurangi kejelasan konsep yang dipelajari.





Tabel 1. Deskripsi Alat Peraga Fisika Berbasis Bahan Limbah

No.	Nama Alat Peraga	Bahan Limbah Utama	Konsep Fisika yang Dijelaskan
1	Simulasi Rumah Gempa	Kardus, karet ban, papan bekas	Getaran, gelombang, dan resonansi pada struktur bangunan
2	Kipas Angin Edukasi	Stik es krim, dinamo mainan bekas	Perubahan energi listrik menjadi energi kinetik
3	Cermin Sudut Multi-Bayangan	Cermin datar bekas, triplek	Hukum pemantulan cahaya pada dua cermin bersudut
4	Sistem Hidrolik Sederhana	Pipa selang, alat suntik bekas	Hukum Pascal pada zat cair
5	Telepon Kaleng	Kaleng susu bekas, benang/tali	Perambatan gelombang bunyi melalui zat padat

Tabel 1 menyajikan ringkasan jenis alat peraga, bahan limbah yang digunakan, serta konsep fisika yang dijelaskan. Berdasarkan tabel tersebut, pemanfaatan bahan limbah sebagai media pembelajaran berfungsi sebagai alternatif alat peraga yang ekonomis sekaligus kontekstual. Setiap alat peraga memungkinkan siswa mengamati fenomena fisika secara langsung melalui aktivitas praktikum sederhana. Kondisi ini mendukung keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran dan membantu mereka mengaitkan konsep teoritis dengan fenomena nyata.

Dokumentasi visual hasil karya siswa berupa alat peraga fisika disajikan pada Tabel 2 sebagai pendukung data hasil penelitian. Tabel ini menampilkan berbagai jenis alat peraga yang dikembangkan siswa dengan memanfaatkan bahan limbah selama proses pembelajaran berlangsung. Penyajian dokumentasi bertujuan untuk memberikan gambaran konkret mengenai implementasi media ajar interaktif dalam pembelajaran fisika. Selain itu, dokumentasi ini menunjukkan keterlibatan siswa dalam proses perancangan dan pembuatan alat peraga sesuai dengan konsep fisika yang dipelajari.

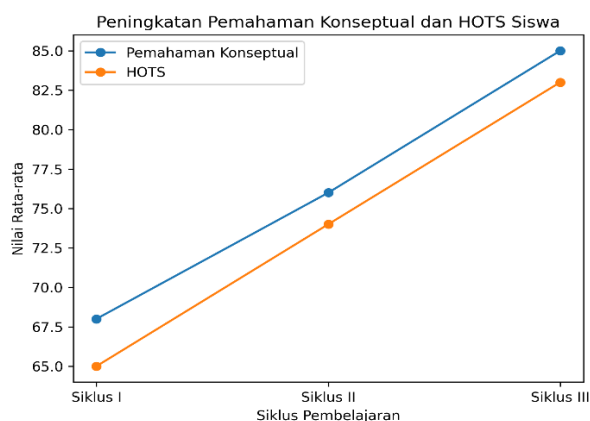
Tabel 2. Dokumentasi Foto Alat Peraga Fisika Hasil Karya Siswa

No.	Dokumentasi Alat Peraga	Jenis Alat Peraga	Konsep Fisika	Keterangan Implementasi
1		Kipas Angin Edukasi	Perubahan energi listrik menjadi energi kinetik	Digunakan siswa untuk mengamati konversi energi melalui praktikum sederhana dalam diskusi kelompok
2		Cermin Sudut Multi-Bayangan	Pemantulan cahaya pada dua cermin bersudut	Membantu siswa menganalisis hubungan sudut cermin dan jumlah bayangan
3		Sistem Hidrolik Sederhana	Hukum Pascal pada zat cair	Dimanfaatkan siswa untuk memecahkan masalah tekanan pada fluida
4		Telepon Kaleng	Perambatan gelombang bunyi melalui zat padat	Digunakan untuk mengamati perambatan bunyi secara langsung

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa siswa mampu menghasilkan alat peraga fisika yang beragam dan fungsional dengan memanfaatkan bahan limbah di lingkungan sekitar. Produk yang dihasilkan mencerminkan kemampuan siswa dalam mengaplikasikan konsep fisika ke dalam bentuk nyata melalui kegiatan praktik. Proses pembuatan alat peraga juga mendorong siswa untuk bekerja sama, berpikir kreatif, dan menyelesaikan permasalahan teknis yang muncul selama pembelajaran. Dengan demikian, dokumentasi tersebut memperkuat temuan mengenai keterlaksanaan pembelajaran berbasis media ajar inovatif.

Perubahan capaian hasil belajar siswa setelah penerapan pembelajaran berbantuan alat peraga fisika interaktif berbasis bahan limbah dianalisis melalui nilai rata-rata pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS). Data hasil tes dikumpulkan pada

setiap siklus pembelajaran untuk melihat perkembangan kemampuan siswa secara bertahap. Penyajian data dirangkum dalam bentuk grafik untuk memperlihatkan pola peningkatan hasil belajar. Grafik peningkatan pemahaman konseptual dan HOTS siswa disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Peningkatan Pemahaman Konseptual dan HOTS Siswa

Berdasarkan Gambar 1, terlihat adanya kecenderungan peningkatan pemahaman konseptual dan kemampuan HOTS siswa dari Siklus I hingga Siklus III. Pola peningkatan ini menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan mampu membantu siswa memahami konsep fisika secara lebih mendalam seiring berjalannya siklus tindakan. Selain itu, tren kenaikan kemampuan HOTS mengindikasikan berkembangnya kemampuan siswa dalam menganalisis dan memecahkan permasalahan fisika. Dengan demikian, grafik tersebut memperkuat temuan bahwa penerapan pembelajaran berbantuan alat peraga fisika berbasis bahan limbah memberikan dampak positif terhadap hasil belajar siswa.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga fisika interaktif berbasis bahan limbah dalam model *Problem Based Learning* (PBL) dengan pendekatan *Teaching at The Right Level* (TaRL) mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Temuan ini selaras dengan kajian Aminingrum et al. (2025) yang menegaskan bahwa penguasaan konsep fisika berkorelasi kuat dengan kemampuan literasi sains, khususnya ketika pembelajaran melibatkan aktivitas eksploratif dan kontekstual. Media berbasis limbah memberikan pengalaman belajar autentik yang mendorong siswa membangun pengetahuan melalui interaksi langsung dengan fenomena fisika. Secara teoretis, kondisi ini sejalan dengan pandangan konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan terbentuk melalui proses aktif dalam konteks nyata pembelajaran. Pendekatan ini memperkuat proses konstruksi pengetahuan sebagaimana ditekankan dalam pembelajaran sains berbasis pengalaman.

Peningkatan kemampuan numerasi dan berpikir tingkat tinggi peserta didik juga tampak dari capaian hasil belajar pada setiap siklus pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan Winata et al. (2021) serta Sartianis et al. (2022) yang menyatakan bahwa kemampuan numerasi dalam pembelajaran fisika berkembang optimal ketika siswa dihadapkan pada pemecahan masalah kontekstual dan berbasis proyek. Penerapan PBL mendorong siswa untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mensintesis informasi secara sistematis, sehingga mendukung capaian HOTS (Ramadhini, 2025). Hal ini diperkuat oleh Eliyasni et al. (2019) yang menunjukkan

bahwa integrasi pembelajaran berbasis proyek efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik.

Pendekatan *Teaching at The Right Level* (TaRL) dalam penelitian ini berperan penting dalam mengakomodasi perbedaan kemampuan awal siswa. Hasil ini sejalan dengan Muammar et al. (2023) yang menegaskan bahwa TaRL membantu guru menyesuaikan strategi pembelajaran sesuai tingkat kesiapan peserta didik sehingga pembelajaran menjadi lebih inklusif dan efektif. Dengan pengelompokan berbasis kemampuan, siswa dapat berkembang secara optimal tanpa mengalami kesenjangan pemahaman yang signifikan. Pendekatan ini mencerminkan prinsip pembelajaran diferensiatif yang menempatkan kebutuhan belajar siswa sebagai dasar perancangan pembelajaran. Pendekatan ini juga mendukung pembelajaran mandiri dan diferensiatif sebagaimana disarankan oleh Gerard et al. (2022).

Selain itu, penggunaan alat peraga berbasis bahan limbah berkontribusi pada peningkatan kreativitas dan keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Temuan ini sejalan dengan Ribosa dan Duran (2022) yang menekankan bahwa keterlibatan siswa dalam menghasilkan dan menggunakan media pembelajaran sendiri dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan rasa kepemilikan terhadap proses belajar. Media yang dikembangkan juga berfungsi sebagai sarana pembelajaran kontekstual yang relevan dengan isu lingkungan, sehingga mendukung penguatan kesadaran ekologis siswa. Dengan demikian, pembelajaran fisika tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pada pembentukan sikap dan kepedulian terhadap lingkungan.

Dari perspektif evaluasi pembelajaran, peningkatan hasil belajar dan HOTS peserta didik menunjukkan bahwa instrumen dan aktivitas yang digunakan telah mengarah pada pengembangan keterampilan berpikir kritis. Hal ini sejalan dengan Dewi et al. (2024) yang menekankan pentingnya pengembangan perangkat pembelajaran dan asesmen berbasis lingkungan untuk melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi. Selain itu, integrasi proyek dan media interaktif dalam PBL juga sejalan dengan temuan Hasibuan et al. (2025) dan Safitri et al. (2025) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan media interaktif efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan keterlibatan siswa. Kesesuaian antara tujuan, proses, dan asesmen pembelajaran menjadi faktor penting dalam pencapaian hasil tersebut.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa kombinasi *Problem Based Learning* (PBL), pendekatan *Teaching at the Right Level* (TaRL), dan media ajar interaktif berbasis bahan limbah mampu meningkatkan capaian kognitif siswa. Penerapan ketiga komponen tersebut juga berkontribusi pada penguatan literasi sains dan numerasi siswa dalam pembelajaran fisika. Selain itu, pendekatan ini mendorong berkembangnya keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui keterlibatan aktif siswa dalam pemecahan masalah kontekstual. Temuan ini memperluas bukti empiris mengenai efektivitas pembelajaran fisika yang kontekstual, inklusif, dan berorientasi pada keberlanjutan di jenjang pendidikan menengah.

KESIMPULAN

Pembelajaran fisika yang dirancang melalui penguatan aspek pedagogik dan dilaksanakan dengan metode praktikum kolaboratif, diskusi kelas, serta presentasi hasil belajar memberikan dampak positif terhadap kebermaknaan pengalaman belajar peserta didik. Penggunaan media ajar berupa simulasi alat peraga fisika interaktif berbahan limbah memungkinkan siswa memahami konsep fisika secara lebih nyata dan aplikatif dalam konteks pembelajaran. Media tersebut juga berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan siswa menerapkan perhitungan matematis fisika secara akurat. Temuan ini secara empiris menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis pengalaman langsung mampu menjembatani

kesenjangan antara sifat abstrak konsep fisika dan pemahaman siswa, sehingga meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar fisika sesuai dengan sasaran penelitian.

Penggabungan model *Problem Based Learning* dengan pendekatan *Teaching at the Right Level* terbukti efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik, khususnya pada materi gelombang mekanik. Pembelajaran yang disesuaikan dengan tingkat kemampuan awal siswa memberikan ruang bagi peningkatan kemampuan kognitif secara komprehensif, mulai dari ranah mengingat hingga mencipta. Partisipasi aktif siswa dalam kegiatan pemecahan masalah turut mendorong berkembangnya sikap kritis, reflektif, dan kolaboratif. Dengan demikian, integrasi PBL dan TaRL berfungsi tidak hanya sebagai metode pembelajaran, tetapi juga sebagai pendekatan pedagogis yang adaptif terhadap keberagaman kemampuan belajar siswa dalam pembelajaran fisika.

Secara keseluruhan, pengembangan media ajar inovatif berbasis bahan limbah memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan pemahaman konsep, motivasi belajar, dan keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran fisika. Pemanfaatan bahan limbah sebagai media pembelajaran membantu mengubah persepsi siswa terhadap fisika sebagai mata pelajaran yang sulit dan identik dengan kebutuhan fasilitas mahal. Keterbatasan fasilitas laboratorium dapat diatasi melalui penggunaan media pembelajaran yang sederhana, ekonomis, dan relevan dengan lingkungan sekitar. Oleh sebab itu, pengembangan alat peraga fisika berbasis bahan limbah disarankan untuk diimplementasikan secara lebih luas dalam pembelajaran berbasis proyek serta dievaluasi efektivitasnya pada materi fisika lain dan konteks sekolah yang berbeda guna mendukung penguatan literasi sains dan numerasi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Munawaroh, A., Pertiwi, F. N., & Kitthawee, U. (2025). Analysis Of Students'questioning Skills To Correct Misconceptions Related To Understanding Temperature And Heat Materials. *INSECTA: Integrative Science Education and Teaching Activity Journal*, 6(2), 224-236. <https://jurnal.iainponorogo.ac.id/index.php/insecta/article/view/12154>
- Aminingrum, A., Sudarti, S., & Subiki, S. (2025). Analisis Korelasi Kemampuan Literasi Sains dengan Hasil Belajar Materi Gas Ideal Pada Mahasiswa Pendidikan Fisika. *Jurnal Luminous: Riset Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(1), 51-57. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/luminous/article/view/15723>
- Azizah, C. N., Ridwan, R., Zaradiva, L., Koerniadi, D., & Sura, S. A. (2025). An Analysis of Respiratory System Test Subjects: A Complete and Structured Guide. *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 10(2), 153-168. <https://doi.org/10.25217/ji.v10i2.6182>
- Dewi, A. K., Prayitno, B. A., & Mahardiani, L. (2024). Development of an Environment-Based Critical Thinking Skills Test Instrument for Class VII Middle School Science Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(8), 5759-5767. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i8.7748>
- Eliyasni, R., Kenedi, A. K., & Sayer, I. M. (2019). Blended learning and project based learning: the method to improve students' higher order thinking skill (HOTS). *Jurnal Iqra': Kajian Ilmu Pendidikan*, 4(2), 231-248. <https://doi.org/10.25217/ji.v4i2.549>
- Gerard, L., Bradford, A., & Linn, M. C. (2022). Supporting teachers to customize curriculum for self-directed learning. *Journal of Science Education and Technology*, 31(5), 660-679. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09985-w>
- Glewwe, P., & Muralidharan, K. (2022). Improving School Education Outcomes in Developing Countries. <https://doi.org/10.25446/oxford.21107362>

- Harahap, R. H., Sudarma, T. F., Novika, S., & Festiyed, F. (2025). Effectiveness and Innovation of Problem-Based Learning in Physics Learning in a Decade: A Literature Analysis of Critical Thinking Development. *Jurnal Eduscience*, 12(3), 813-825. <https://jurnal.ulb.ac.id/index.php/eduscience/article/view/7121>
- Hasibuan, M. P. H., Sari, R. P., Syahputra, R. A., Panda, F. M., & Rambe, T. R. (2025). Creative student worksheets via project-based learning on electrolyte and non-electrolyte solutions. *Compton: Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 11(2), 246-255. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/COMPTON/article/view/20723>
- Kasmini, L., Reni, R., Junita, S., & Amalina, Z. (2024). Development Of Science Teaching Aids Using Recycled Materials To Improve Students'critical Thinking Skills. In *International Conference on Education, Science, Technology and Health (ICONESTH)* (pp. 1308-1321). <https://eproceeding.bbg.ac.id/iconesth/article/view/579>
- Khodijah, S. A., & Rohaeti, E. (2025). Teaching Strategies for Microplastic Material in Science Learning: Literature Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(1), 351-358. <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppipa/article/view/9193>
- Kusmiyati, K., & Martani, K. A. A. (2022). Kajian Literatur: Penerapan Flipped Classroom Dengan Menggunakan High Order Thinking Skills. *Educational: Jurnal Inovasi Pendidikan & Pengajaran*, 2(4), 390-400. <https://doi.org/10.51878/educational.v2i4.1833>
- Lubis, D. A. (2025). *Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Canva Untuk Meningkatkan Minat Belajar IPA Siswa Pada Kelas III SD Negeri 100303 Pargarutan Julu Kecamatan Angkola Timur Kabupaten Tapanuli Selatan* (Doctoral dissertation, UIN Syekh Ali Hasan Ahmad Addary Padangsidimpuan). <http://etd.uinsyahada.ac.id/id/eprint/12851>
- Muammar, M., Ruqoiyyah, S., & Ningsih, N. S. (2023). Implementing the Teaching at the Right Level (TaRL) approach to improve elementary students' initial reading skills. *JOLLT Journal of Languages and Language Teaching*, 11(4), 610-625. <https://doi.org/10.33394/joltt.v11i4.8989>
- Nurhayati, Suhandi, A., Muslim, & Kaniawati, I. (2024). Systematic Review Of Problem-Based Learning Research To Develop 4C Skills In Science Education. In *AIP Conference Proceedings*, 3116(1), (p.070008). AIP Publishing LLC. <https://doi.org/10.1063/5.0210708>
- Ramadhini, R. (2025). *Efektivitas Problem Based Learning Berbasis Socio Scientific Issues Terhadap Keterampilan 4c (Critical Thinking, Creativity, Communication, And Collaboration) Siswa Pada Materi Pencemaran Lingkungan* (Doctoral dissertation, IAIN Kediri). <https://etheses.iainkediri.ac.id:80/id/eprint/17976>
- Ribosa, J., & Duran, D. (2022). Student-Generated Teaching Materials: A Scoping Review Mapping The Research Field. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 23, 27443-27443. <https://doi.org/10.14201/eks.27443>
- Safitri, E. U., Trisnantari, H. E., & Setiani, R. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Asbase Pada Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPAS Kelas IV SDN Desa Ngentrong. *BADA'A: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 7(2), 333-351. <https://jurnal.iainpancor.ac.id/index.php/badaa/article/view/2619>
- Samadun, S., & Dwikoranto, D. (2022). Improvement of Student's Critical Thinking Ability sin Physics Materials Through The Application of Problem-Based Learning. *IJORER*:

- International Journal of Recent Educational Research*, 3(5), 534-545.
<https://doi.org/10.46245/ijorer.v3i5.247>
- Sartianis, G., Yuliati, L., & Parno, P. (2022). Kemampuan Literasi Numerasi Siswa Sma Kelas Xi Mipa Dalam Mata Pelajaran Fisika. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 13(2), 168-176. <http://dx.doi.org/10.20527/quantum.v13i2.12765>
- Winata, A., Widiyanti, I. S. R., & Cacik, S. (2021). Analisis Kemampuan Numerasi Dalam Pengembangan Soal Asesmen Kemampuan Minimal Pada Siswa Kelas XI SMA Untuk Menyelesaikan Permasalahan Science. *Jurnal Educatio Fkip Unma*, 7(2), 498-508.
<https://doi.org/10.31949/educatio.v7i2.1090>