Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika (JPIF)
Fakultas Pendidikan Islam dan Keguruan
Universitas Garut
p-ISSN: 2798-9488 e-ISSN: 2798-334X

Comparative Analysis of PSL and HOT-Lab in Improving Critical Thinking Skills in Physics Learning

Seva Pramadiana[1*], Adam Malik[1]

[1]Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia
*email: sevapramadiana682@gmail.com

DOI: http://dx.doi.org/10.52434/jpif.v4i1.3815

Accepted: June 1, 2024 Approved: June 24, 2024 Published: Juni 30, 2024

ABSTRACT

Practicum or laboratory activities are learning experiences that allow students to interact with material and observe phenomena. This research analyzes the comparison between the Problem Solving Laboratory (PSL) and the Higher Order Thinking Laboratory (HOT-Lab) in improving critical thinking skills in physics learning. This article was written using the Systematic Literature Review method. The systematic literature review method was used to analyze literature published in 2020-2024 indexed by Scopus, Google Scholar and Crossref. The results show that both models have almost the same effectiveness in improving critical thinking skills. However, HOT-Lab has a higher level because it was developed from PSL. PSL has 3 stages, while HOT-Lab has 5 stages in implementing practicum activities. The main obstacles in implementing both models are limited human resources and lack of student involvement. The development of a HOT-Lab based E-Module can be a solution to overcome these obstacles. This research contributes to improving the learning curriculum that is more effective and efficient in training critical thinking skills.

Keywords: *21st Century Skills; Problem Solving Laboratory; Higher Order Thinking Laboratory*

Analisis Perbandingan PSL dan HOT-Lab dalam Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis pada Pembelajaran Fisika

ABSTRAK

Praktikum adalah pengalaman belajar yang memungkinkan peserta didik berinteraksi dengan material dan melakukan observasi fenomena. Penelitian ini menganalisis perbandingan antara *Problem Solving Laboratory* (PSL) dan *Higher Order Thinking Laboratory* (HOT-Lab) dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran fisika. Penulisan artikel ini menggunakan metode *Systematic Literature Review*. Metode *systematic literature review* digunakan untuk menganalisis literatur terbitan 2020-2024 yang terindeks *scopus, google scholar*, dan *crossref*. Hasilnya menunjukkan bahwa kedua model memiliki efektivitas yang hampir sama dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis. Namun, HOT-Lab memiliki tingkat yang lebih tinggi karena dikembangkan dari PSL. PSL memiliki 3 tahapan, sementara HOT-Lab memiliki 5 tahapan dalam pelaksanaan kegiatan praktikum. Kendala utama dalam implementasi kedua model adalah keterbatasan sumber daya manusia dan kurangnya keterlibatan peserta didik. Pengembangan E-Modul berbasis HOT-Lab dapat menjadi solusi untuk mengatasi kendala tersebut. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan kurikulum pembelajaran yang lebih efektif dan efisien dalam melatih keterampilan berpikir kritis.

Kata kunci: Keterampilan abad 21; *Problem Solving Laboratory*; *Higher Order Thinking Laboratory*

PENDAHULUAN

Revolusi industri keempat adalah keadaan industri abad 21 yang terjadi saat perubahan besar-besaran di berbagai bidang kehidupan. Revolusi industri keempat (4IR) ditandai dengan teknologi, proses, dan praktik yang disruptif (González-pérez & Ramírez-montoya, 2022). Keterampilan abad 21 mengacu pada keterampilan kognitif tingkat tinggi, serta keterampilan sosial dan digital (Koehorst et al., 2021). Keterampilan abad 21 merupakan keterampilan yang dibutuhkan untuk pendidikan dan pekerjaan dalam revolusi industri keempat (van Laar et al., 2020). Terlepas dari afiliasi spesifiknya, keterampilan abad 21(Trilling & Fadel, 2021) berbeda dari keterampilan akademis tradisional, karena keterampilan tersebut tidak didasarkan pada pengetahuan konten, namun dapat dianggap transversal, multifungsi, dan independen dari konteks (González-salamanca et al., 2020).

Salah satu keterampilan abad 21 yang dapat dicapai melalui kegiatan praktikum di laboratorium adalah keterampilan berpikir kritis. Para peneliti, guru, pengusaha, dan pembuat kebijakan publik di seluruh dunia telah lama menempatkan peningkatan kemampuan berpikir kritis (CT) sebagai prioritas pendidikan tertinggi dan kebutuhan publik dalam masyarakat demokratis modern (Thornhill-Miller et al., 2023). Keterampilan berpikir kritis penting untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam kehidupan sehari-hari dan pemecahan umum, untuk kecerdasan dan kemampuan beradaptasi, serta untuk prestasi akademik. Hal ini dapat dicapai melalui kegiatan praktikum di laboratorium nyata atau virtual yang memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi berbagai hal baru (Harris Saputra et al., 2023). Kegiatan praktikum memiliki peran penting dalam kurikulum pendidikan IPA, praktikum dipahami sebagai kegiatan inti dalam pendidikan sains (Ha & Kim, 2020).

Pada abad 21, kegiatan praktikum di laboratorium dapat dilakukan melalui platform pembelajaran *online* melalui laboratorium virtual. Salah satu laboratorium virtual yang sering digunakan adalah *PhET Simulation* yang memiliki kegiatan praktium yang beragam, tidak terbatas pada materi fisika. Dengan memanfaatkan laboratorium virtual ini, pendidik dapat mengembangkan keterampilan peserta didik, menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik, dan mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi perkembangan dunia (Ananda et al., 2023).

Dalam pembelajaran fisika, model kegiatan praktikum yang akan digunakan oleh pendidik sangat penting untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis peserta didik. Model kegiatan praktikum *Problem Solving Laboratory* (PSL) dan *Higher Order Thinking Laboratory* (HOT-Lab) dalam meningkatkan pembelajaran fisika, telah diakui sebagai pendekatan yang inovatif dan efektif (Sari et al., 2021). Metode ini menekankan partisipasi aktif siswa dalam eksperimen, analisis data, dan penerapan pemikiran kritis dalam memecahkan masalah kompleks (Singh et al., 2023).

Problem Solving Laboratory (PSL) merupakan model kegiatan praktikum yang digunakan untuk menjawab tantangan abad 21, dimana peserta didik tidak hanya memahami konsep ilmiah, tetapi dituntut agar mampu memecahkan masalah melalui kegiatan praktikum (Balta & Asikainen,

2019). Pengembangan model *Higher Order Thinking Laboratory* (HOT-Lab) adalah salah satu upaya yang dilakukan dalam meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam berpikir tingkat tinggi (Harris Saputra, 2023) (Mohammed et al., 2018). Kegiatan laboratorium dengan model (HOT-Lab) dapat menjadi wadah dalam melatih peserta didik untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan berpikir kritis (Malik et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan *Problem Solving Laboratory* (PSL) dan *Higher Order Thinking Laboratory* (HOT-Lab) yang signifikan dalam meningkatkan keterampilan abad 21 yaitu keterampilan berpikir kritis pada pembelajaran fisika, kemudian hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam meningkatkan kurikulum yang ada agar lebih efektif dan efisien dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *systematic literature review* atau kajian pustaka. *Systematic literature review* merupakan suatu metode penelitian dengan mereview dan mengolah literatur atau karya tulisan ilmiah yang telah terpublikasi (Yudha Setiawan & Ayu Wulandari, 2022). Prosedur penelitian *systematic literature review* terdiri dari 4 tahapan. Pertama, *identification* yaitu proses pencarian jurnal yang terindeks *scopus, google scholar, crossref* dan sebagainya. Kemudian mengidentifikasi judul, abstrak dan kata kunci jurnal yang relevan. Kedua, *screening* yaitu menilai keseluruhan isi jurnal. Ketiga, *eligibility* yaitu menguji kelayakan jurnal. Keempat, *inclusion* yaitu kegiatan proses mempelajari/menganalisis isi keseluruhan jurnal dan mensintesis/menyimpulkan isi keseluruhan jurnal (Marwoto et al., 2022a).

Penelitian ini menggunakan literatur terbitan 2020-2024 menggunakan aplikasi *Publish or Perish* (PoP) dengan sumber jurnal yang terindeks *scopus, google scholar* dan *crossref* sehingga jurnal yang direview memiliki kredibilitas tinggi. Pencarian jurnal menggunakan kata kunci *Problem Solving Laboratory*, *Higher Order Thinking Laboratory* dan HOT - LAB dengan *Publish or Perish* (PoP) memperoleh total 265 jurnal. Kemudian, pada tahap selanjutnya yaitu *screening* dan *eligibility* diperoleh 8 jurnal yang relevan dengan topik yang dibahas dalam penelitian. *Literature review* ini disintesis menggunakan metode naratif dengan mengelompokkan data-data hasil ekstraksi yang sejenis sesuai dengan hasil yang diukur untuk menjawab tujuan (Ayu Sri Wahyuni, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil *Systematic Literature Review* (SLR) dan seleksi dari beberapa artikel yang telah ditemukan maka diperoleh 8 jurnal yang relevan dengan topik dari penelitian. Hasil analisis jurnal tersebut dapat ditemukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Jurnal Terkait PSL dan HOT-Lab

No.	Nama Penulis	Judul Artikel	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian
1	(Ismail et al., 2024)	Development of an augmented reality integrated Problem-Solving Laboratory Model (PSLab-AR) for electricity concepts to enhance the students' understanding of concepts	*Research and Development* (R&D)	PSLab-AR adalah model laboratorium inovatif yang menggabungkan model laboratorium pemecahan masalah dengan teknologi *augmented reality*. Laboratorium pemecahan masalah adalah suatu pendekatan dalam pendidikan yang bertujuan untuk mengajarkan siswa bagaimana mengatasi masalah secara efektif.
2	(Kit et al., 2024).	Enhancing Science Education in the Twenty-First Century: Advancements and Applications of Laboratory Learning	*Research and Development* (R&D)	Keterbatasan infrastruktur dan sumber daya adalah kendala utama dalam implementasi *Problem Solving* Laboratorium. Sementara konektivitas internet yang tidak stabil menghambat penggunaan teknologi, beberapa sekolah di Filipina menghadapi kesulitan untuk mendapatkan peralatan laboratorium

No.	Nama Penulis	Judul Artikel	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian
3	(Alatas et al., 2023)	Developing Higher Order Thinking Laboratory (Hot-Lab) to Promote General Scientific Reasoning of Student-Teachers in Physics Practices	*Research and Development* (R&D)	Langkah pertama dalam menyusun pedoman praktikum HOT-Lab adalah analisis. Pada tahap ini ada dua hal utama yang harus dilakukan: melakukan analisis kebutuhan dan mengkaji literatur. Analisis kebutuhan dilakukan dengan memberikan angket yang berisi pertanyaan-pertanyaan terkait dengan pandangan mahasiswa yang memprogram mata kuliah praktikum terkait dengan kegiatan praktikum yang telah dilaksanakan selama ini.
4	(Purnama et al., 2021)	Uji Perbandingan Virtual Lab dengan Real Lab pada Hukum Archimedes dengan HOT-LAB	*Ekperimen HOT-Lab*	Pada percobaan uji perbandingan antara Real Lab dengan Virtual Lab pada Hukum Archimedes menggunakan HOT-Lab menghasilkan nilai perbandingan nilai yang serupa namun hasil nilai yang bebeda. Begitu pula dengan model HOT-Lab belum menunjukkan peningkatan yang cukup berarti, sehingga perlu dilakukan kolaborasi antara model model kegiatan eksperimen lainnya agar hasilnya lebih umum.

No.	Nama Penulis	Judul Artikel	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian
5	(Ramadiani et al., 2022)	Uji Perbandingan Kegiatan Laboratorium IoT dengan Virtual Laboratory Berbasis HOT-LAB	*Ekperimen HOT-Lab*	Hasil dari penggunaan laboratorium virtual mendapatkan hasil yang sama saja tanpa ada perubahan data sekalipun, hal tersebut menyebabkan penggunaan laboratorium virtual baik digunakan untuk memahami konsep dasar saja tanpa ada pengembangan lebih lanjut. Meskipun demikian, masih terdapat selisih antara hasil pengukuran baik pada virtual lab dan IoT.
6	(Setya et al., 2021)	Implementation of higher order thinking laboratory (HOTLAB) on magnetic field with real blended virtual laboratory to improve students critical thinking skills	*One Group Pretest-Posttest Design*	Penggunaan HOTLAB pada laboratorium virtual campuran nyata memiliki efektivitas sedang untuk meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis pada mata pelajaran medan magnet.
7	(Marwoto et al., 2022b)	Higher Order Thinking Laboratory (HOT Lab)-Based Physics Learning: A Systematic Literature Review	*HOTLAB Systematic*	Sebagian besar tujuan penelitian dari pelaksanaan HOT Laboratory adalah untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, keterampilan berpikir kritis penting bagi siswa sebagai bagian dari keterampilan abad 21.

No.	Nama Penulis	Judul Artikel	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian
8	(Purnama, R.P., et. al., 2021)	Developing HOT-LAB-Based Physics Practicum E-Module to improve Practicing critical thinking skills	*Research and Development (RnD)*	Penelitian tersebut menghasilkan sebuah produk yaitu E-Module berbasis HOT LAB. Modul kegiatan laboratorium dibuat dan dirancang oleh peneliti, dengan tujuan sebagai alat bantu bagi dosen atau guru dalam melakukan kegiatan laboratorium yang bersifat eksploratif dan mudah dipahami selama kegiatan laboratorium.

Penelitian *systematic literature review* mengidentifikasi berbagai macam jenis penelitian yang telah digunakan dalam penelitian seperti *literature review, Research and Development* (RnD), HOT-Lab *systematic,* eksperimen HOT-Lab, dan kualitatif. Namun, hasil artikel yang telah dipaparkan, masih sedikit membahas mengenai perbandingan PSL dengan HOT-Lab. Karena itu, penelitian diperluas untuk mendalami tentang perbandingan PSL dan HOT-Lab untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran fisika (Safitri & Fadieny, 2023).

Melalui kegiatan laboratorium, nilai dan kompetensi yang dapat dikembangkan meliputi beberapa keterampilan termasuk keterampilan abad 21 (Szabo et al., 2020). Laboratorium memiliki peran yang sangat penting dalam ilmu pengetahuan dan teknologi. Peran dan implikasi dari laboratorium adalah sebagai tempat untuk melakukan penelitian dan pengembangan dalam pembelajaran fisika. Pengembangan kemampuan mahasiswa melaksanakan proses *inquiry* pada praktikum IPA dapat dilakukan dengan penerapan *problem solving laboratory* berbasis *inquiry*. Metode *problem solving* pada tingkat *advance* akan mampu menguraikan saintifik proses dalam arti penemuan definisi, *inquiry* dan berpikir kritis (Wahyuningsih, 2022).

Problem Solving Laboratory (PSL) memiliki banyak peluang dalam pembelajaran fisika, dimana PSL ini dapat membatu peserta didik dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis sehingga dapat memecahkan masalah melalui eksperimen. Peserta didik diharapkan untuk bisa aktif, kritis dalam bepikir dan melatih keterampilan yang dimiliki dalam menyelesaikan suatu masalah (Zulaifah, 2023). Sedangkan *Higher Order Thinking Laboratory* (HOT-Lab) memiliki peran untuk memberi akses pada sains keterampilan proses, keterampilan dalam menggunakan pengukuran instrumen, mengukur jumlah fisik, dan memberikan pengalaman langsung kepada siswa, dan meningkatkan keterampilan abad 21 (Ubaidillah et al., 2022).

Menurut Nurdianti dkk. (2015) dalam (Lembang et al., 2021), kegiatan *problem solving laboratory* dibagi menjadi tahap utama. Pertama pre-eksperimen, kedua tahap eksperimen dan eksplorasi, dan tahap ketiga yaitu post-eksperimen. Sedangkan HOT-Lab memiliki 5 tahapan. Pertama memahami tantangan, kedua menghasilkan ide, ketiga mempersiapkan kegiatan

praktikum, keempat melaksanakan praktikum kegiatan, dan kelima yaitu mengkomunikasikan dan mengevaluasi hasil kegiatan. Dalam jurnal (Kit et al., 2024)(Achuthan et al., 2020) dijelaskan bahwa inovasi *virtual laboratory, computer simulation*, dan alat analisis data memberikan peserta didik di Filipina kesempatan untuk dapat terlibat dalam eksperimen dengan akses untuk menganalisis data yang dihasilkan secara *real-time*.

Pada abad 21 ini, teknologi yang berkembang pesat dalam bidang pembelajaran fisika terkhusus dalam kegiatan laboratorium tentunya harus diimbangi dengan pemahaman peserta didik yang mendalam. Teknologi seperti PhET *simulation* yang dapat diakses secara gratis dan mudah dapat membantu meningkatkan pengalaman eksperimen peserta didik dimanapun mereka berada (Iatsyshyn et al., 2020) (Agustian et al., 2022). Teknologi telah memainkan peran penting dalam pembelajaran laboratorium fisika, terutama dalam mengatasi hambatan pembelajaran konvensional dan memberikan siswa akses ke berbagai aktivitas praktikum (Usman et al., 2021).

Problem Solving Laboratory (PSL) tidak hanya dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis saja. Namun, PSL juga dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi dan komunikasi dalam melakukan kegiatan laboratorium. Pendekatan berbasis proyek memungkinkan siswa bekerja sama dalam tim untuk memecahkan masalah yang kompleks (Kousloglou et al., 2023). Dalam tinjauannya, HOT-Lab merupakan model kegiatan praktikum yang dikembangkan dari *Problem Solving Laboratory* (PSL). Dalam praktiknya, HOT-Lab memiliki kelebihan untuk meningkatkan keterampilan abad 21, yang mencakup 4C (*Critical thinking, collaboration and communication*, dan *creativity*) (Yatnikasari et al., 2021)(Chen et al., 2020).

Dibalik banyaknya kelebihan dan manfaat PSL dan HOT-Lab dalam meningkatkan keterampilan abad 21 dalam pembelajaran fisika, ada beberapa hal yang menjadi kendala dalam mengimplementasikan PSL dan HOT-Lab. Keterbatasaan sumber daya manusia menjadi kendala utama dalam pelaksanaan kegiatan PSL (Ng, 2022), seperti pendidik yang terbiasa dengan metode pembelajaran konvensional. Kurang aktifnya peserta didik ketika kegiatan PSL dan HOT-Lab berlangsung menjadi kendala yang sangat menghambat (Hamed & Aljanazrah, 2020).

Sebagai upaya dalam mengatasi kendala yang terjadi, hal yang dapat dilakukan oleh pendidik adalah dengan mengembangkan E-Modul. Dengan pengembangan E-.Modul berbasis HOT-Lab, dapat membantu peserta didik dalam mempersiapkan diri untuk melakukan praktikum secara nyata. Penggunaan E-Modul yang fleksibel untuk peserat dilakukan kapan saja dan dimana saja melalui HOT *virtual laboratory* (Putra et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur yang dilakukan oleh penulis, perbandingan *Problem Solving Laboratory* (PSL) dan *Higher Order Thinking Laboratory* (HOT-Lab) memiliki tingkat keefektifan yang hampir sama dalam meningkatkan keterampilan abad 21, terutama dalam keterampilan berpikir kritis. Dalam pelaksanaan kegiatan praktikum di laboratorium, *High Order Thinking Laboratory* memiliki tingkat yang lebih tinggi dari *Problem Solving Laboratory* karena HOT-Lab merupakan model kegiatan praktikum yang dikembangkan dari PSL. Hal yang menjadi perbandingan selanjutnya terdapat pada tahapan dalam pelaksanaan kegiatan praktikum tersebut. PSL memiliki 3 tahapan dalam pelaksanaannya dan HOT-Lab memiliki 5 tahapan dalan pelaknsaanaan kegiatan praktikum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan disampaikan penulis atas dukungan dari Universitas Garut yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mempublikasikan artikel ilmiah di jurnal ini.

REFERENSI

Achuthan, K., Nedungadi, P., Kolil, V., Diwakar, S., & Raman, R. (2020). Innovation Adoption and Diffusion of Virtual Laboratories. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, *16*(09), 4. https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i09.11685

Agustian, H. Y., Finne, L. T., Jørgensen, J. T., Pedersen, M. I., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., & Nielsen, J. A. (2022). Learning outcomes of university chemistry teaching in laboratories: A systematic review of empirical literature. *Review of Education*, *10*(2). https://doi.org/10.1002/rev3.3360

Alatas, F., Suryadi, A., & Saputra, F. H. (2023). Developing Higher Order Thinking Laboratory (Hot-Lab) to Promote General Scientific Reasoning of Student-Teachers in Physics Practices. *Jurnal Pendidikan Fisika*, *11*(2), 127–144. https://doi.org/10.26618/jpf.v11i2.10393

Ananda, I., Fadieny, N., & Safriana, S. (2023). Pengaruh Penggunaan Aplikasi Quizizz sebagai Media Evaluasi Pembelajaran Fisika di SMA. *JPIF: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika Universitas Garut*, *3*(2), 246. https://doi.org/10.52434/jpif.v3i2.2828

Ayu Sri Wahyuni. (2022). Literature Review: Pendekatan Berdiferensiasi Dalam Pembelajaran IPA. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, *12*(2), 118–126. https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.562

Balta, N., & Asikainen, M. A. (2019). A comparison of Olympians' and regular students' approaches and successes in solving counterintuitive dynamics problems. *International Journal of Science Education*, *41*(12), 1644–1666. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1624990

Chen, J., Zhou, J., Wang, Y., Qi, G., Xia, C., Mo, G., & Zhang, Z. (2020). Blended learning in basic medical laboratory courses improves medical students' abilities in self-learning, understanding, and problem solving. *Advances in Physiology Education*, *44*(1), 9–14. https://doi.org/10.1152/advan.00076.2019

González-pérez, L. I., & Ramírez-montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st Century Skills Frameworks: Systematic Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 3). MDPI. https://doi.org/10.3390/su14031493

González-salamanca, J. C., Agudelo, O. L., & Salinas, J. (2020). Key competences, education for sustainable development and strategies for the development of 21st century skills. A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(24), 1–17. https://doi.org/10.3390/su122410366

Ha, S., & Kim, M. (2020). Challenges of designing and carrying out laboratory experiments about Newton's second law. *Science & Education*, *29*(5), 1389–1416. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00155-1

Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The Effectiveness of Using Virtual Experiments on Students' Learning in the General Physics Lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, *19*, 977–996. https://doi.org/10.28945/4668

Harris Saputra, F. (2023). *Analisis Pola Penalaran Ilmiah Mahasiswa Pada Praktikum Fisika Dasar I Berbasis Hot-Lab*. UIN Syarif Hidayatullah .

Harris Saputra, F., Alatas, F., & Suryadi, A. (2023). Jenis Penalaran Ilmiah Apa Yang Digunakan Mahasiswa Dalam Menyelesaikan Permasalahan Suhu Dan Kalor?: Studi Pada Praktikum Fisika Umum. *Jurnal Kumparan Fisika*, *6*(1), 27–36. https://doi.org/10.33369/jkf.6.1.27-36

Iatsyshyn, A. V., Kovach, V. O., Lyubchak, V. O., Zuban, Y. O., Piven, A. G., Sokolyuk, O. M., Iatsyshyn, A. V., Popov, O. O., Artemchuk, V. O., & Shyshkina, M. P. (2020). *Application of augmented reality technologies for education projects preparation*. https://doi.org/10.31812/123456789/3856

Ismail, A., Bhakti, D. D., Sari, L., Dwi Kemalia, L., & Saprudin, S. (2024). Development of an augmented reality integrated Problem-Solving Laboratory Model (PSLab-AR) for electricity concepts to enhance the students' understanding of concepts. *Momentum: Physics Education Journal*, *8*(1), 1–10. https://doi.org/10.21067/mpej.v8i1.9428

Kit, O., Kilag, T., Mark, J., Tamayo, G., Eleno, J. I., & Jalin, A. R. (2024). Enhancing Science Education in the Twenty-First Century: Advancements and Applications of Laboratory Learning. *International Journal of Qualitative Research for Innovation, Sustainability, and Excellence*, *1*(1). https://orcid.org/0009-0004-9617-4298

Koehorst, M. M., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2021). A Systematic Literature Review of Organizational Factors Influencing 21st-Century Skills. *SAGE Open*, *11*(4). https://doi.org/10.1177/21582440211067251

Kousloglou, M., Petridou, E., Molohidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2023). Contribution Of Mobile Devices To Students' Critical Thinking & Problem Solving Skills In Laboratory Settings. *IADIS International Journal on WWW/Internet*, *21*(2), 33–48.

Lembang, U. A., Komansilan, A., & Polii, J. (2021). Pengaruh Pembelajaran Problem Solving Virtual Laboratory Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Mahasiswa Pada Materi Ayunan Puntir. *Jurnal Pendidikan Fisika Charm Sains E-ISSN*, *2*(3), 131–136.

Malik, A., Dirgantara, Y., & Karmini, S. M. (2023). *The application of higher order thinking laboratory (HOT Lab) in momentum concept using PhET simulation*. 030007. https://doi.org/10.1063/5.0118433

Marwoto, M., Wiyanto, P., & Subali, W. (2022a). Higher Order Thinking Laboratory (HOT Lab)-Based Physics Learning: A Systematic Literature Review. *ISET: International Conference*

on Science, Education and Technology , 96–107. https://proceeding.unnes.ac.id/index.php/iset

Marwoto, M., Wiyanto, P., & Subali, W. (2022b). Higher Order Thinking Laboratory (HOT Lab)-Based Physics Learning: A Systematic Literature Review. In *Technology*. https://proceeding.unnes.ac.id/index.php/iset

Mohammed, M., Ahmed, A., Mehassi, R. B., Ahmed, M. M., Mohamed, F. A., Eltayb, G. E., Albasheer, M. E., & Holder, P. (2018). Licensed Under Creative Commons Attribution CC BY Assessment of Radiation Area Dose Rate in Nuclear Medicine Hot Lab during Technetium Generator Elution Assessment of Radiation Area Dose Rate in Nuclear Medicine Hot Lab during Technetium Generator Elution. *International Journal of Science and Research*. https://doi.org/10.21275/SR20725152332

Ng, D. T. K. (2022). Online aviation learning experience during the COVID-19 pandemic in Hong Kong and Mainland China. *British Journal of Educational Technology*, *53*(3), 443–474. https://doi.org/10.1111/bjet.13185

Purnama, R., Silvianti, N., Idris, S. F., & Nabilla, N. (2021). Uji Perbandingan antara Virtual Lab dengan Real Lab pada Hukum Archimedes dengan penggunaan HOT-LAB. *Radiasi : Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, *14*(1), 23–33. https://doi.org/10.37729/radiasi.v14i1.897

Putra, R. P., Agustina, R. D., Pitriana, P., Andhika, S., & Setia, M. D. (2021). Developing HOT LAB-Based Physics Practicum E-Module to improve Practicing critical thinking skills. *Journal of Science Education Research*, *5*(2), 43–49.

Ramadiani, S., Silvianti, N., Putra, R. P., & Agustina, R. D. (2022). Uji Perbandingan Kegiatan Laboratorium berbasis IoT dengan Virtual Laboratory pada Materi Periode Bandul dengan HOTLAB. *Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan*, *15*(1). https://doi.org/10.21831/jpipfip.v15i1.41485

Safitri, N., & Fadieny, N. (2023). Literatur Review: Model Pembelajaran Berdiferensiasi Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika (JPIF)* . https://doi.org/10.52434/jpif.v3i2.2811

Sari, Y. I., Sumarmi, S., Utomo, D. H., & Astina, I. K. (2021). The Effect of Problem Based Learning on Problem Solving and Scientific Writing Skills. *International Journal of Instruction*, *14*(2), 11–26. https://doi.org/10.29333/iji.2021.1422a

Setya, W., Agustina, R. D., Putra, R. P., Prihatini, S., Hidayatulloh, R., Isnaeni, P. S., & Malik, A. (2021). Implementation of higher order thinking laboratory (HOTLAB) on magnetic field with real blended virtual laboratory to improve students critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, *2098*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2098/1/012019

Singh, C., Maries, A., Heller, K., & Heller, P. (2023). Instructional Strategies that Foster Effective Problem-Solving. In *The International Handbook of Physics Education Research: Learning Physics* (pp. 17-1-17–28). AIP Publishing LLCMelville, New York. https://doi.org/10.1063/9780735425477_017

Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., & Neag, R. (2020). Examples of problem-solving strategies in mathematics education supporting the sustainability of 21st-century skills. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(23), 1–28. https://doi.org/10.3390/su122310113

Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking, Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. In *Journal of Intelligence* (Vol. 11, Issue 3). MDPI. https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054

Trilling, B., & Fadel, C. (2021). *21st Century Skills: Learning for Life in Our Times*.

Ubaidillah, M., Marwoto, P., Wiyanto, & Subali, B. (2022). Higher Order Thinking Laboratory (HOT Lab)-Based Physics Learning: A Systematic Literature Review . *International Conference on Science, Education and Technology* .

Usman, M., Suyanta, & Huda, K. (2021). Virtual lab as distance learning media to enhance student's science process skill during the COVID-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, *1882*(1), 012126. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012126

Van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2020). Determinants of 21st-Century Skills and 21st-Century Digital Skills for Workers: A Systematic Literature Review. In *SAGE Open* (Vol. 10, Issue 1). SAGE Publications Inc. https://doi.org/10.1177/2158244019900176

Wahyuningsih, D. (2022). Penerapan Problem Solving Laboratory(PSL) Untuk Meningkatkan Pemahaman Materi Pesawat Sederhana Pada Mata Kuliah Ipami/SD Prodi Pgmi Fakultas Tarbiyah Isimu Pacitan Semester II Tahun 2020/ 2021. *JIPMuktj:Jurnal Ilmu Pendidikan Muhammadiyah Kramat Jati*, *3*(1).

Yatnikasari, S., Asnan, M. N., & Zulkarnain, I. (2021). Profil Kemampuan Ketrampilan Proses Sains Dasar Siswa Madrasah Aliyah Al-Firdaus Samarinda Setelah Pelatihan Penggunaan Alat Ukur. *Reswara: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *2*(2), 220–229. https://doi.org/10.46576/rjpkm.v2i2.1068

Yudha Setiawan, T., & Ayu Wulandari, B. (2022). Keterampilan Berfikir Kritis Pada Pembelajaran IPA Menggunakan Model Pembelajaran Radec di Sekolah Dasar : Systematic Literature Review. *JUSTEK: Jurnal Sains Dan Teknologi*, *5*(2), 133–141. https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.ZZZ

Zulaifah, U. (2023). Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Peserta Didik Melalui Penerapan Model Pembelajaran *Problem Solving Laboratory* (PSL) Pada Mata Pelajaran Fisika. *Jurnal Teladan*, *8*(3).