

Model *Problem Based Learning* Berbantuan Laboratorium Virtual dalam Pembelajaran Fisika: Kajian Literatur

Fahmi Yahya¹, Mochamad Nursalim², Siti Masito³

¹ Universitas Samawa

^{2,3} Universitas Negeri Surabaya

fyahyaadam@gmail.com, mochamadnursalim@unesaac.id, sitimasitoh@unesa.ac.id.

Abstrak

Fisika sering dianggap sebagai pelajaran yang sulit dan membosankan oleh peserta didik. Hal ini terjadi karena rendahnya pemahaman terhadap konsep fisika mereka. Dalam era teknologi informasi, model *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan laboratorium virtual telah menjadi metode banyak digunakan dalam upaya meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. Laboratorium virtual adalah media yang memungkinkan peserta didik untuk melakukan eksperimen dan mengamati fenomena fisika melalui simulasi komputer. Studi ini bertujuan untuk mendeskripsikan bagaimana landasan filosofis dan psikologis dari model PBL, dan bagaimana implementasi PBL berbantuan laboratorium virtual dalam meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah dengan studi kepustakaan dengan mengkaji beberapa literatur untuk dianalisis dan dibuat kesimpulan. Hasil kajian menunjukkan bahwa *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan laboratorium virtual adalah metode yang menjanjikan untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. Laboratorium virtual yang digunakan dapat memberikan pengalaman praktis yang mendalam dan membantu peserta didik dalam memecahkan masalah fisika.

Kata Kunci: *Problem Based Learning; Laboratorium Virtual; Pembelajaran Fisika*

Abstract

Physics is often considered a difficult and boring subject by students. This happens because of their low understanding of physics concepts. In the era of information technology, the *Problem Based Learning* (PBL) model assisted by virtual laboratories has become a widely used method in an effort to increase students' understanding of physics concepts. A virtual laboratory is a medium that allows students to carry out experiments and observe physical phenomena through computer simulations. This study aims to describe the philosophical and psychological foundations of the PBL model, and how the implementation of PBL with the help of virtual laboratories increases students' understanding of physics concepts. The method used in this writing is literature study by reviewing several pieces of literature to analyze and draw conclusions. The results of the study show that *Problem Based Learning* (PBL) assisted by virtual laboratories is a promising method for increasing students' understanding of physics concepts. The virtual laboratory used can provide in-depth practical experience and help students in solving physics problems.

Keywords: *Problem Based Learning; Virtual Laboratory; Physics Learning*

PENDAHULUAN

Pelajaran fisika sering dianggap sebagai pelajaran yang sulit dan membosankan oleh peserta didik. Hal ini terjadi karena pemahaman terhadap konsep fisika masih kurang (Yahya & Fitriyanto, 2016). Dalam proses belajarnya, banyak peserta didik cenderung hanya menghafal konsep-konsep tanpa berusaha memahaminya dengan benar. Mereka mencatat dan mendengarkan penjelasan guru, tidak aktif, dan jarang menggunakan pengetahuan awal mereka sebagai dasar perencanaan pembelajaran. Akibatnya, hasil belajarnya pun jadi rendah. Pemahaman konsep peserta didik sangat penting agar mereka dapat mengingat konsep-konsep materi yang dipelajari sebelumnya, sehingga proses belajar akan menjadi lebih bermakna (Ramadani, 2020). Pemahaman konsep fisika yang kuat juga dapat membantu peserta didik dalam pemecahan masalah, pengambilan keputusan, dan pemahaman dunia sekitar.

Proses pembelajaran konvensional yang selama ini diterapkan belum mampu mengembangkan keterampilan berpikir peserta didik. Hal ini dapat dilihat dari ketidakmampuan peserta didik dalam memecahkan masalah yang dihadapi dalam kehidupannya. Pembelajaran

konvensional yang didominasi oleh ceramah guru lebih banyak memberikan teori-teori yang tidak mengakar pada dunia nyata peserta didik. Hal inilah yang melatarbelakangi hadirnya berbagai model pembelajaran yang inovatif untuk membantu peserta didik memahami konsep dengan menghubungkan antara materi dengan kehidupan nyata peserta didik. Pembelajaran harus dikondisikan agar peserta didik terlibat secara aktif mengkonstruksi pengetahuannya sendiri untuk memahami konsep-konsep yang dipelajari dalam fisika (Yahya & Fitriyanto, 2016). Para pendidik perlu memahami bagaimana cara mendidik yang sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad 21.

Salah satu model pembelajaran yang dapat digunakan adalah model pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning/PBL*). Model pembelajaran ini dilandaskan pada teori konstruktivis kognitif yang dikemukakan oleh Piaget (1954, 1963), yang menyatakan bahwa peserta didik dari segala usia harus aktif terlibat dalam memperoleh informasi dan membangun pengetahuan mereka sendiri. Ilmu pengetahuan itu tidak statis, melainkan terus berkembang dan berubah ketika peserta didik menghadapi pengalaman baru yang memaksa mereka untuk membangun dan memodifikasi pengetahuan sebelumnya (Arends, 2012:400).

Model PBL didasarkan pada prinsip menggunakan masalah sebagai titik awal akuisisi dan integrasi pengetahuan baru. Model ini menuntut peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan investigasi atau penyelidikan untuk membangun pengetahuannya sendiri, menggunakan keterampilan kognitifnya untuk memecahkan masalah atau situasi yang berkaitan dengan kehidupan nyata. Peserta didik diminta berpikir kritis, mengidentifikasi informasi yang relevan, dan mencari solusi yang tepat. Hal ini dapat membantu memperkuat hubungan antara pengetahuan yang ada dan informasi baru yang diperlukan untuk memecahkan masalah. Herayanti & Habibi (2015) mengungkapkan bahwa PBL dapat membantu meningkatkan rasa ingin tahu, keterampilan berpikir, dan kreativitas peserta didik.

Salah satu bentuk penyelidikan dalam model PBL adalah melalui eksperimen. Metode eksperimen dalam PBL menekankan peserta didik pada investigasi yang lebih autentik untuk menemukan solusi real untuk masalah yang real. Namun investigasi berupa eksperimen ini juga dapat disajikan dalam bentuk program komputer dengan tujuan peserta didik dapat menjelaskan dan mempresentasikan apa yang telah dipelajari (Arends, 2012:407).

Salah satu contoh pemanfaatan teknologi komputer dalam pembelajaran fisika adalah penggunaan laboratorium virtual. Penggunaan laboratorium virtual dengan panduan komputer melibatkan pengguna dalam aktivitas-aktivitas yang menuntut proses mental didalam pembelajaran. Berbagai bentuk interaksi dapat dimunculkan melalui media komputer seperti penyajian praktik dan latihan, tutorial, permainan, simulasi, penemuan, dan pemecahan masalah (Gunawan dan Liliyasi, 2012). Pemanfaatan laboratorium virtual untuk menunjang eksperimen mempunyai pengaruh positif terhadap pemahaman konsep peserta didik (Gire, et al., 2010; Gunawan, et al., 2017). Selain itu juga dapat meningkatkan minat dan motivasi belajar peserta didik (Karagoz, 2010, Tuysuz, 2010).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka kajian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendeskripsikan bagaimana implementasi pembelajaran berbasis masalah (PBL) berbantuan laboratorium virtual dalam pembelajaran fisika, serta mengkaji bagaimana pengaruhnya terhadap peningkatan pemahaman konsep fisika peserta didik berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti lainnya.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan penelitian ini adalah studi literatur. Studi literatur didasarkan pada dua pertimbangan kriteria, yaitu literatur yang dijadikan dasar memiliki kaitan langsung dengan topik pertanyaan yang ingin diungkap (bukan literatur sekunder) dan konten dari literatur tersebut dapat diyakini validitas dan kredibilitasnya, yaitu bersumber dari literatur yang dipublikasikan oleh penerbit yang bereputasi nasional dan internasional. Berdasarkan kriteria tersebut, beberapa literatur dipilih menjadi sumber data utama dalam kajian ini. Metode yang digunakan dalam penulisan ini berupa studi kepustakaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Landasan Filosofis dan Psikologis *Problem Based Learning*

Landasan filosofis untuk *problem based learning* (PBL) diberikan oleh Jhon Dewey pada awal abad ke-20 dalam karyanya *Democracy and Education* (1916). Dewey menggambarkan pandangan pendidikan di mana sekolah akan mencerminkan masyarakat yang lebih luas dan ruang kelas akan menjadi laboratorium untuk penyelidikan dan pemecahan masalah dalam kehidupan nyata. Pedagogi Dewey mendorong para guru untuk melibatkan siswa dalam proyek-proyek yang berorientasi pada masalah dan membantu mereka menyelidiki masalah-masalah sosial dan intelektual yang penting. Dewey dan murid-muridnya, berargumentasi bahwa pembelajaran di sekolah harus memiliki tujuan, bukan abstrak, dan bahwa pembelajaran yang memiliki tujuan dapat dicapai dengan meminta anak-anak dalam kelompok kecil mengerjakan proyek yang mereka pilih dan minati. Visi pembelajaran yang bertujuan atau berpusat pada masalah yang didorong oleh keinginan bawaan siswa untuk mengeksplorasi situasi yang bermakna secara pribadi jelas menghubungkan pembelajaran berbasis masalah dengan filosofi pendidikan dan pedagogi Dewey.

Psikolog Eropa Jean Piaget dan Lev Vygotsky juga berperan penting dalam mengembangkan konsep konstruktivisme dan memberikan dukungan teoritis yang menjadi landasan pembelajaran berbasis masalah. Menurut Piaget, pedagogi yang baik harus mencakup pemberian situasi pada anak dimana ia bisa bereksperimen, dalam arti luas- mencoba banyak hal untuk melihat apa yang terjadi, memanipulasi berbagai hal, memanipulasi simbol, mengajukan pertanyaan, dan mencari jawaban sendiri, merekonsiliasi apa yang ia temukan di suatu waktu dengan apa yang ia temukan di waktu lain, membandingkan temuannya dengan temuan anak-anak lain. Sedangkan menurut Vygotsky, Dalam pencarian pemahaman, individu menghubungkan pengetahuan baru dengan pengetahuan sebelumnya dan membangun makna baru. Vygotsky percaya bahwa interaksi sosial dengan orang lain dapat memacu konstruksi ide-ide baru dan meningkatkan perkembangan intelektual peserta didik (Arends, 2012).

B. *Problem Based Learning* sebagai Pembelajaran Abad 21

Pembelajaran abad 21 adalah sebuah pendekatan terhadap proses belajar yang menekankan pada kemampuan dan keterampilan yang diperlukan oleh individu di era modern, termasuk kemampuan untuk belajar secara mandiri, bekerja sama dalam tim, dan menggunakan teknologi secara efektif. Peserta didik tidak hanya dituntut untuk mahir dalam ilmu pengetahuan. Lebih dari itu, peserta didik juga harus terampil dalam menggunakan teknologi, menjadi insan literat, serta berakhlak yang baik. Itulah mengapa kompetensi yang harus dimiliki di abad 21 ini disebut sebagai 4C yang mencakup *creativity and innovation, collaboration, communication, and critical thinking and problem solving*.

Salah satu model pembelajaran yang disarankan dalam abad 21 adalah model *Problem Based Learning*. Model pembelajaran ini lahir dari adanya perubahan yang sangat mendasar disebabkan pergeseran pandangan dalam memahami bagaimana peserta didik belajar. Belajar tidak lagi dipandang sebagai proses menerima informasi untuk disimpan pada memori peserta didik yang diperoleh melalui pengulangan praktek dan penguatan, namun peserta didik belajar dengan mendekati setiap persoalan baru dengan pengetahuan yang telah ia miliki, mengasimilasi informasi baru dan membangun pengertian sendiri. (Puspitasari, 2011).

Model PBL didasarkan pada prinsip menggunakan masalah sebagai titik awal akuisisi dan integrasi pengetahuan baru. Model PBL menggunakan masalah nyata sebagai konteks bagi peserta didik untuk belajar berpikir kritis, keterampilan pemecahan masalah, dan memperoleh pengetahuan mengenai esensi konsep. Peserta didik harus terlibat untuk memecahkan suatu masalah melalui tahap-tahap metode ilmiah sehingga peserta didik dapat mempelajari pengetahuan yang berhubungan dengan masalah tersebut dan sekaligus memiliki keterampilan untuk memecahkan masalah.

Dalam model PBL ini, guru lebih banyak berperan sebagai fasilitator, pembimbing dan motivator. Guru mengajukan masalah otentik/mengorientasikan peserta didik kepada permasalahan nyata (*real world*), memfasilitasi/membimbing (*scaffolding*) dalam proses penyelidikan, memfasilitasi dialog antara peserta didik, menyediakan bahan ajar peserta didik serta memberikan dukungan dalam upaya meningkatkan temuan dan perkembangan intelektual peserta didik (Murdiana, 2020).

Keunggulan Problem Based Learning

Menurut Nur (2011), PBL memiliki beberapa keunggulan, diantaranya: (1) peserta didik lebih memahami konsep yang diajarkan sebab mereka sendiri yang menemukan konsep tersebut; (2) melibatkan secara aktif memecahkan masalah dan menuntut keterampilan berpikir peserta didik yang lebih tinggi; (3) pengetahuan tertanam berdasarkan skemata yang dimiliki peserta didik sehingga pembelajaran lebih bermakna; (4) peserta didik dapat merasakan manfaat pembelajaran sebab masalah-masalah yang diselesaikan langsung dikaitkan dengan kehidupan nyata, hal ini dapat meningkatkan motivasi dan ketertarikan peserta didik terhadap bahan yang dipelajari; (5) menjadikan peserta didik lebih mandiri dan dewasa, mampu memberi aspirasi dan menerima pendapat orang lain, menanamkan sikap sosial yang positif diantara peserta didik; dan (6) pengkondisian peserta didik dalam belajar kelompok yang saling berinteraksi terhadap pembelajar dan temannya sehingga pencapaian ketuntasan belajar peserta didik dapat diharapkan.

Selain itu, PBL diyakini pula dapat menumbuhkan-kembangkan kemampuan kreatifitas peserta didik, baik secara individual maupun secara kelompok karena hampir di setiap langkah menuntut adanya keaktifan peserta didik.

Pelaksanaan Problem Based Learning

Lima fase PBL dan perilaku guru yang diinginkan untuk setiap fase dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Sintaks untuk Pembelajaran Berbasis Masalah

<i>Fase / Tahap</i>	<i>Perilaku Guru</i>
<i>Fase 1: Mengorientasikan peserta didik kepada masalah</i>	Guru menginformasikan tujuan-tujuan pembelajaran, mendeskripsikan kebutuhan-kebutuhan logistik penting, dan memotivasi peserta didik agar terlibat dalam pemecahan- masalah yang mereka pilih sendiri.
<i>Fase 2: Mengorganisasikan peserta didik untuk belajar</i>	Guru membantu peserta didik menentukan dan mengatur tugas-tugas belajar yang berhubungan dengan masalah itu.
<i>Fase 3: Membantu penyelidikan mandiri dan kelompok.</i>	Guru mendorong peserta didik mengumpulkan informasi yang sesuai, melaksanakan eksperimen, mencari penjelasan, dan solusi.
<i>Fase 4: Mengembangkan dan menyajikan hasil karya serta memamerkannya.</i>	Guru membantu peserta didik dalam merencanakan dan menyiapkan hasil karya yang sesuai seperti laporan, rekaman video, dan modal, serta membantu mereka berbagai karya mereka.
<i>Fase 5: menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah.</i>	Guru membantu peserta didik melakukan refleksi atas penyelidikan dan proses-proses yang mereka gunakan

(Arends, 2012: 411).

C. Laboratorium Virtual

Laboratorium virtual adalah alat untuk mencapai pendidikan berkualitas tinggi dengan menyediakan perangkat virtual, algoritma dan perangkat lainnya dalam bidang tertentu. Tujuannya adalah untuk memungkinkan peserta didik mengembangkan keterampilan dalam pemecahan masalah dan mengendalikan sendiri sesuai keperluan profesional mereka di masa depan (Gunawan, 2015).

Laboratorium virtual didefinisikan sebagai lingkungan yang interaktif untuk menciptakan dan melakukan eksperimen simulasi: taman bermain untuk bereksperimen. Ini terdiri dari *domain dependent* program simulasi, unit eksperimental disebut objek yang mencakup file data, alat yang beroperasi pada benda-benda, dan buku referensi (Jaya, 2012)

Secara teknis Nurhayati & Rohman (2015) mengemukakan bahwa laboratorium virtual merupakan alternatif fasilitas yang dapat digunakan dalam kegiatan belajar mengajar terutama pada materi bahan ajar yang menggunakan alat yang dinilai mengandung resiko kecelakaan kerja.

Selain itu, laboratorium virtual juga bisa menjadi alternatif bagi sekolah yang hanya memiliki jumlah alat yang terbatas.

Konsep laboratorium virtual dapat dibedakan menjadi dua konsep utama, yaitu: (1) konstelasi percobaan diganti dengan model komputer. Penelitian itu dilakukan dalam bentuk simulasi. Simulasi yang mewakili percobaan laboratorium riil dalam bentuk semirip mungkin disebut *virtual labs*, (2) eksperimen laboratorium dapat disebut virtual ketika percobaan dikendalikan tidak dengan manipulasi langsung dari peralatan laboratorium, tetapi melalui komputer, yang dihubungkan ke peralatan laboratorium yang sebenarnya melalui jaringan. Jenis *virtual laboratory* seperti ini disebut disebut *remote lab* (Harms, 2000).

Dalam pengembangan laboratorium virtual, perlu dilakukannya analisis yang meliputi beberapa aspek: (1) Aspek teknologi yang digunakan, baik *software* maupun *hardware* yang sesuai peruntukannya, lingkungan komunikasi virtual, simulator, lab, mesin virtual, alat assesmen otomatis, (2) Aspek pedagogi dan strateginya meliputi metode belajarnya, dokumentasi kegiatan, dan bahan lain yang mendukung, serta evaluasi, (3) Aspek sumber daya manusianya, baik staf pengajar, teknisi, dan staf akademik (jika dibutuhkan).

D. Implementasi PBL Berbantuan Laboratorium Virtual dalam Pembelajaran Fisika

Pelajaran fisika adalah cabang ilmu alam yang seringkali membingungkan dan menantang bagi sebagian besar peserta didik. Konsep-konsep fisika yang abstrak dan rumit seringkali sulit untuk dipahami. Oleh karena itu, dibutuhkan model dan media pembelajaran yang cocok untuk mengajarkan konsep fisika. PBL (*Problem-Based Learning*) berbantuan laboratorium virtual termasuk salah satu yang direkomendasikan. PBL adalah model pembelajaran yang menekankan pemecahan masalah melalui pengalaman nyata. Sedangkan laboratorium virtual adalah media yang memungkinkan peserta didik untuk menjalani eksperimen dan simulasi fisika tanpa perlu berada di laboratorium fisika.

PBL adalah pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Model pembelajaran ini meminta peserta didik untuk memecahkan masalah dunia nyata dengan menggunakan pengetahuan dan keterampilan yang telah mereka pelajari. Dalam konteks fisika, PBL dapat diterapkan dengan memberikan peserta didik masalah fisika yang menantang. Masalah-masalah ini harus relevan dengan materi yang diajarkan dan memicu minat peserta didik. Melalui pemecahan masalah ini, peserta didik secara aktif terlibat dalam mengeksplorasi konsep-konsep fisika.

Laboratorium virtual adalah media yang sangat berharga dalam konteks ini. karena memungkinkan peserta didik untuk menjalankan eksperimen fisika dan simulasi tanpa perlu pergi ke laboratorium fisika konvensional. Dalam laboratorium virtual, peserta didik dapat mengatur variabel, mengamati perubahan, dan mengumpulkan data seolah-olah mereka sedang berada di laboratorium fisika yang sesungguhnya. Alat ini memberikan pengalaman nyata dalam penggunaan konsep-konsep fisika dalam situasi praktis.

Implementasi PBL berbantuan laboratorium virtual dapat mengikuti tahapan sintaks PBL dalam tabel 1 di atas. Namun, guru tetap harus melakukan beberapa persiapan sebelumnya. Diantaranya (1) menentukan materi dan tujuan pembelajaran yang jelas. Termasuk konsep-konsep fisika yang diinginkan peserta didik pahami; (2) mendesain kasus atau masalah yang relevan dengan materi yang akan diajarkan. Pastikan bahwa masalah tersebut menantang dan merangsang minat peserta didik. (3) menyediakan laboratorium virtual. Bisa dengan mengembangkan sendiri atau menggunakan lab virtual yang sudah tersedia (misalnya menggunakan aplikasi Phet Colorado). Lab virtual ini akan digunakan peserta didik untuk melaksanakan penyelidikan atau eksperimen (di fase 3 dalam sintaks PBL). (4) menyediakan Lembar Kerja Peserta didik (LKS). LKS ini mungkin akan dibutuhkan sebagai panduan peserta didik dalam melakukan penyelidikan mandiri atau kelompok.

Berbagai penelitian melaporkan bahwa implementasi PBL berbantuan laboratorium virtual menawarkan berbagai manfaat, diantaranya:

1. Mendorong pemahaman konsep fisika yang lebih baik melalui pengalaman praktis (Jiniarti, 2019; Yahya, 2019; Hermansyah, 2017)
2. Mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah (Herayanti & Habibi, 2015; Yulianti & Gunawan, 2019; Hastuti, 2016).
3. Meningkatkan minat peserta didik terhadap fisika melalui proses pemecahan masalah yang menarik (Gunawan, 2017).

4. Memfasilitasi kerja sama dalam kelompok dan komunikasi antar peserta didik (Ramadani, 2020)
5. Mempersiapkan peserta didik untuk menghadapi situasi dunia nyata yang melibatkan konsep fisika (Yahya & Fitriyanto, 2016)
6. Meningkatkan keterampilan abad 21 (Mayasari, dkk., 2016)

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dijabarkan, dapat ditarik kesimpulan bahwa model pembelajaran berbasis masalah berbantuan laboratorium virtual dapat menjadi salah satu alternatif model pembelajaran yang dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. Selain itu juga dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah peserta didik.

Laboratorium virtual yang digunakan memungkinkan peserta didik untuk menjalani eksperimen dan simulasi fisika tanpa perlu berada di laboratorium fisika yang sesungguhnya. Proses pembelajaran menggunakan laboratorium virtual dapat menarik minat dan meningkatkan motivasi peserta didik untuk belajar fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach – ninth edition*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Gire, E., Carmichael, A., Chini, J. J., Rouinfar, A., Rebello, S., Smith, G., & Puntambekar, S. (2010). The Effects of Physical and Virtual Manipulatives on Students' Conceptual Learning About Pulleys. In *Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences- Volume 1*. International Society of the Learning Sciences.
- Gunawan. 2015. *Model Pembelajaran Sains Berbasis ICT*. Mataram: FKIP Universitas Mataram.
- Gunawan, G., Harjono, A., Sahidu, H., & Herayanti, L. (2017). Virtual laboratory to improve students' problem-solving skills on electricity concept. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 257-264.
- Gunawan, G., Setiawan, A., & Widyantoro, D. H. (2014). Model virtual laboratory fisika modern untuk meningkatkan keterampilan generik sains calon guru. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran (JPP)*, 20(1), 25-32.
- Harms, U. (2000, June). Virtual and remote labs in physics education. In *Second European Conference on Physics Teaching in Engineering Education* (pp. 140-146).
- Hastuti, A., Sahidu, H., & Gunawan, G. (2016). Pengaruh Model PBL Berbantuan Media Virtual Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(3), 129-135.
- Herayanti, L., & Habibi, H. (2015). Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi Komputer untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Calon Guru Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(1), 61-66.
- Hermansyah, H., Gunawan, G., & Harjono, A. (2017). Pengaruh penggunaan laboratoium virtual dalam pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap penguasaan konsep kalor peserta didik. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 3(2), 249-256.
- Jaya, H. (2012). Pengembangan laboratorium virtual untuk kegiatan paraktikum dan memfasilitasi pendidikan karakter di SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 2(1).
- Jiniarti, B. E., Harjono, A., & Makhrus, M. (2019). Pengembangan Perangkat Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Virtual Eksperimen Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Peserta Didik Pada Materi Alat-Alat Optik. *Jurnal Pijar Mipa*, 14(2), 25-30.
- Karagöz, Ö., & Özdener, N. (2010). EVALUATION OF THE USABILITY OF DIFFERENT VIRTUAL LAB SOFTWARE USED IN PHYSICS COURSES. *Bulgarian Journal of Science & Education Policy*, 4(2).
- Mayasari, T., Kadarohman, A., Rusdiana, D., & Kaniawati, I. (2016). Apakah model pembelajaran problem based learning dan project based learning mampu melatih keterampilan abad 21?. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 2(1), 48-55.
- Murdiana, I. N., Sukayasa, S., Hasbi, M., & Karniman, T. S. (2020). Pelatihan Penerapan Model-model Pembelajaran Inovatif untuk Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guna

- Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru-guru SD Gugus 3 Palu Utara. *Jurnal Kreatif Online*, 8(4).
- Nurhayati, N., & Rohman, I. (2015). Rancang Bangun Virtual Laboratory Pemuaian untuk SMP. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 1(1), 55-60.
- Ramadani, E. M., & Nana, N. (2020). Penerapan problem based learning berbantuan virtual lab phet pada pembelajaran fisika guna meningkatkan pemahaman konsep peserta didik sma: Literature review. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 8(1).
- Puspitasari, N. (2011, December). Pembelajaran berbasis masalah dengan strategi kooperatif Jigsaw untuk meningkatkan kemampuan koneksi matematis peserta didik sekolah menengah pertama. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika* (Vol. 1, pp. 107-114).
- Tüysüz, C. (2010). The Effect of the Virtual Laboratory on Students' Achievement and Attitude in Chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2(1).
- Yahya, F., & Fitriyanto, S. (2016). Pengaruh model pembelajaran berbasis masalah berbantuan simulasi interaktif terhadap keterampilan generik sains peserta didik SMA pada materi elastisitas. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 2(3), 136-141.
- Yahya, F., Hermansyah, H., & Fitriyanto, S. (2019). Virtual experiment untuk meningkatkan pemahaman siswa pada konsep getaran dan gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 5(1), 144-149.
- Yulianti, E., & Gunawan, I. (2019). Model pembelajaran problem based learning (PBL): Efeknya terhadap pemahaman konsep dan berpikir kritis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(3), 399-408.