



Kebutuhan Terhadap Laboratorium Virtual Berbasis Masalah pada Materi Sistem Peredaran Darah

Yulia Ramdinawati Syam^{1*}, Surti Kurniasih² 

^{1,2}Department of Science Education, School of Postgraduate, Pakuan University, Bogor, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received January 09, 2023

Revised January 12, 2023

Accepted March 10, 2023

Available online March 25, 2023

Kata Kunci :

Analisis Kebutuhan, Laboratorium Virtual, Laboratorium Berbasis Masalah

Keywords:

Needs Analysis, Virtual Laboratory, Problem Based Laboratory



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright ©2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha

ABSTRAK

Pembelajaran Biologi yang bermakna memerlukan suatu pembelajaran yang dilaksanakan percobaan langsung atau disebut dengan praktikum dalam proses pembelajarannya. Kurangnya sarana dan prasarana di laboratorium mengakibatkan kendala dalam pelaksanaan praktikum di sekolah. Perkembangan teknologi dapat digunakan oleh guru untuk memberikan solusi terhadap permasalahan pada praktikum Biologi yaitu dengan menggunakan laboratorium virtual. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kebutuhan pengembangan laboratorium virtual berbasis masalah pada materi sistem peredaran darah. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data menggunakan observasi, angket dan wawancara. Subjek penelitian adalah 5 orang guru Biologi dan 64 siswa kelas XI MIPA salah satu Madrasah Negeri di Kabupaten Bogor, Indonesia. Tahap analisis kebutuhan terdiri dari penilaian kebutuhan dan analisis kebutuhan. Analisis kebutuhan dilakukan dengan melihat kesenjangan dan kebutuhan terhadap laboratorium virtual oleh siswa dan guru. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlu adanya pengembangan laboratorium virtual berbasis masalah pada materi sistem peredaran darah untuk mendukung proses pembelajaran Biologi pada siswa.

ABSTRACT

Meaningful Biology learning requires practicum in the learning process. The lack of facilities and infrastructure in the laboratory resulted in obstacles in the implementation of practicums in schools. Technological developments can be used by teachers to provide solutions to problems in Biology labs, namely by using a virtual laboratory. This study aims to analyze the needs of the development of a problem-based virtual laboratory on the circulatory system material. The research method used is descriptive qualitative with data collection techniques using observation, questionnaires and interviews. The research subjects were 5 Biology teachers and 64 students of class XI MIPA, one of the State Madrasahs in Bogor Regency, Indonesia. The needs analysis stage consists of a needs assessment and needs analysis. Needs analysis was carried out by looking at the gaps and needs for virtual laboratories by students and teachers. The results of the study show that a virtual laboratory is needed which is associated with contextual problems, especially in the circulatory system material, therefore it is necessary to develop a problem-based virtual laboratory to support students' Biology learning process.

1. PENDAHULUAN

Biologi merupakan salah satu mata pelajaran inti dalam program IPA di sekolah menengah Atas. Dalam pembelajaran biologi tidak hanya berisi tentang penguasaan konsep pengetahuan saja tetapi juga tentang proses penemuan yang melibatkan ketrampilan proses dan proses berpikir melalui metode ilmiah, karena itu perlu disertakannya keterlibatan aktif siswa seperti observasi dan kegiatan laboratorium agar pembelajaran Biologi lebih bermakna (Simbolon, 2015; Winarni, 2020). Melalui praktikum di laboratorium selain dapat mengembangkan keterampilan proses siswa juga pemahaman terhadap materi (Candra & Hidayati, 2020; Rahmawati et al., 2021). Penggunaan laboratorium di sekolah sering mengalami kendala, seperti hanya buka pada jam pelajaran yang dijadwalkan, ketidakamanan dalam kegiatan praktikum atau keterbatasan akses ke peralatan yang langka dan mahal dalam banyak kasus akan menyebabkan pemanfaatan laboratorium sekolah oleh siswa menjadi rendah (Orobor & Orobor, 2020; Sukenti, 2021). Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya inovasi atau alat bantu dalam meningkatkan pengalaman

*Corresponding author

E-mail addresses: yulia.072621004@umpak.ac.id (Yulia Ramdinawati Syam)

belajar siswa melalui kegiatan praktikum, sehingga siswa dapat membangun pengetahuannya sendiri dan menggunakan pengalamannya untuk memahami konsep materi (Nirmala & Darmawati, 2021; Sitio et al., 2022).

Disinilah peran teknologi dapat digunakan untuk membantu dalam proses pembelajaran, karena saat ini integrasi teknologi dalam kegiatan belajar mengajar merupakan aspek penting dalam mencapai keberhasilan pengajaran (Irdalisa, 2022; Kusuma, 2020). Guru dituntut untuk menguasai teknologi agar dapat dengan mudah membuat sendiri media, materi, dan alat pembelajaran dengan teknologi terkini. Kemajuan teknologi informasi saat ini dapat digunakan oleh guru untuk memberikan solusi terhadap permasalahan pada praktikum Biologi seperti keterbatasan saran dan prasarana, kesulitan akses saat pandemi, ketidakamanan alat dan bahan, dan permasalahan biaya pada praktikum riil di laboratorium dengan memberikan solusi alternatif menggunakan laboratorium virtual (Ferreira, 2010; Major et al., 2022; Rahim et al., 2019; Wang, 2018).

Laboratorium virtual dapat didefinisikan sebagai serangkaian alat-alat laboratorium yang berbentuk perangkat lunak (software) komputer berbasis multimedia interaktif berbentuk simulasi, eksperimen dan atau animasi baik secara lokal maupun jarak jauh melalui internet untuk mensimulasikan kegiatan seperti di laboratorium sesungguhnya (I. Aripin & Suryaningsih, 2021; Orobor & Orobor, 2020). Dengan menggunakan teknologi laboratorium virtual terkini menjadikan lingkungan tempat siswa berada dapat dilaksanakan kegiatan pembelajaran dan mengeksplorasi sistem peredaran darah tanpa harus mengalami keterbatasan fisik dari laboratorium konvensional (Ahmadi, 2017; Stahre Wästberg et al., 2019). Laboratorium virtual dapat membantu peserta didik untuk mengeksplorasi dan memvisualisasikan konsep-konsep abstrak terutama dalam menerapkan konsep pengetahuan dan meningkatkan literasi sains peserta didik (Ipin Aripin & Suryaningsih, 2020; Putri et al., 2021). Hasil belajar siswa juga keterampilan kolaborasi siswa (Junita et al., 2021; Verawati et al., 2022). Selain itu, penggunaan laboratorium virtual dapat digunakan oleh siapapun pada waktu yang sama, serta dapat diakses dimanapun dan kapanpun (Harjono et al., 2017; Putra et al., 2020). Laboratorium virtual juga menyediakan versi simulasi dari laboratorium tradisional yang berkenaan dengan pembelajaran berpusat pada siswa (A. Asrizal et al., 2018; Faour et al., 2018). Kegiatan praktikum pada laboratorium virtual untuk pembelajaran Biologi harus disesuaikan dengan kompetensi dasar dan indikator pembelajaran sehingga dapat digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran dan memudahkan siswa dalam memahami materi yang dipelajari. Salah satu materi biologi yang dianggap sulit oleh siswa adalah sistem peredaran darah (Nisak, 2021; Sukenti, 2021). Berdasarkan uraian diatas maka artikel ini akan menganalisis kebutuhan terhadap laboratorium virtual sistem peredaran darah dan bagaimana solusi ini dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Secara keseluruhan, artikel ini bertujuan mengidentifikasi kebutuhan dalam mengembangkan laboratorium virtual yang efektif dan efisien untuk membantu siswa memahami dan mempelajari sistem peredaran darah dengan lebih baik. Juga menganalisis kebutuhan terhadap pengembangan laboratorium virtual sistem peredaran darah sebagai solusi alternatif guru dalam pembelajaran Biologi. Dalam pembelajaran biologi pembelajaran yang harusnya dapat berjalan dengan baik dan bermakna dituntut untuk menjalankan pembelajaran praktikum. Dengan adanya labolatorium akan membantu terciptanya pembelajaran yang bermakna. Pelaksanaan praktikum dapat dimudahkan dengan adanya laboratorium virtual yang membuat pembelajaran efektif dan efisien. Selain itu penelitian ini dapat dijadikan sebagai rujukan bagi pengembang laboratorium virtual dalam membangun lingkungan pembelajaran yang menarik dan efektif dalam pemahaman konsep sistem peredaran darah.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif. Subjek penelitian pada 64 siswa kelas XI program MIPA Madrasah Aliyah Negeri 4 Bogor dan 5 orang guru biologi pada Madrasah Aliyah di kabupaten Bogor. Teknik pengumpulan data menggunakan observasi, angket dan wawancara. Observasi dilakukan pada 4 madrasah di kabupaten Bogor, wawancara yang dilakukan adalah wawancara semi terstruktur yang dilakukan pada guru Biologi, sedangkan quesioner dengan penyebaran angket berisi 10 pernyataan tentang kebutuhan siswa terhadap laboratorium virtual dan 8 pernyataan tentang laboratorium virtual berbasis masalah pada materi sistem peredaran darah. Pernyataan menggunakan skala likert yang terdiri dari 5 poin dengan kriteria sangat setuju adalah 5, 4 untuk setuju, 3 untuk sedikit tidak setuju, 2 untuk tidak setuju dan 1 untuk sangat tidak setuju.

Tahap analisis kebutuhan terdiri dari penilaian kebutuhan dan analisis kebutuhan (Amin & Nurhadi, 2020; sugiyono, 2012). Tahap pertama adalah tahap penilaian kebutuhan. Penilaian kebutuhan pada penentuan keadaan saat ini dan yang diinginkan serta jenis masalah yang muncul. Pada tahap pertama penilaian atau analisis berupa penilaian kebutuhan. Tahap penilaian kebutuhan ini akan menentukan apakah ada kesenjangan antara kondisi yang diinginkan dengan kondisi saat ini. Jika terdapat gap, langkah

selanjutnya adalah melakukan analisis kebutuhan untuk kemudian menentukan jenis intervensi yang dibutuhkan untuk menutup gap tersebut. Penilaian kebutuhan dilakukan dengan melakukan wawancara langsung, menyebarkan angket kepada siswa dan observasi. Tujuan dari penilaian ini adalah untuk mengetahui kesenjangan antara kondisi riil dengan kondisi yang diinginkan. Observasi dilakukan untuk melihat kondisi laboratorium pada madrasah dan pemanfaatannya secara langsung. Wawancara dengan guru untuk memperoleh data bagaimana proses praktikum yang dilakukan di sekolah, kendala dalam melakukan praktikum dan kebutuhan media yang diharapkan oleh guru. Kuesioner untuk siswa dilakukan untuk mengetahui kebutuhan siswa terhadap laboratorium virtual berbasis masalah, materi pelajaran Biologi yang membutuhkan laboratorium virtual.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

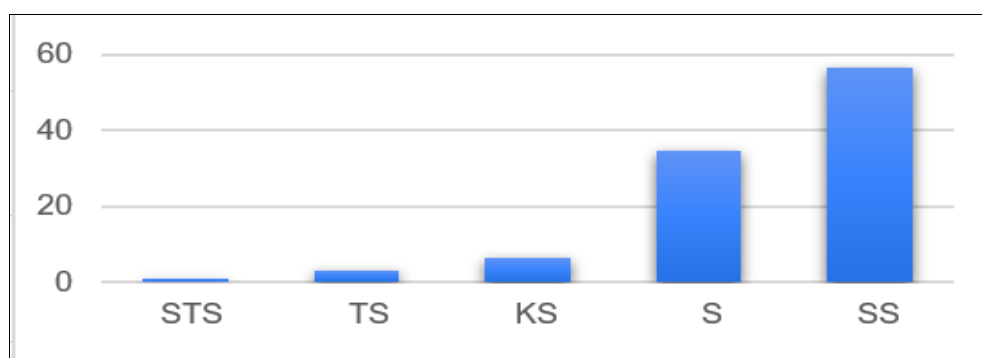
Hasil

Hasil observasi yang dilakukan pada 4 Madrasah di kabupaten Bogor, diketahui 3 madrasah sudah memiliki ruang laboratorium walaupun dengan peralatan yang belum memadai, 1 madrasah menggunakan ruang kelas sebagai laboratorium Fisika, Kimia dan Biologi secara bergantian. Yang hal ini tentu menjadi hambatan dalam pelaksanaan praktikum.

Analisis kebutuhan guru berdasarkan hasil wawancara dengan 5 guru Biologi di 5 Madrasah Aliyah di kabupaten Bogor menunjukkan bahwa materi sistem peredaran darah merupakan materi yang dianggap sulit oleh siswa karena masih banyak nilai yang diperoleh belum memenuhi kriteria ketuntasan belajar. Guru sendiri menganggap bahwa selain penyampaian konsep, perlu adanya pengalaman belajar yang membantu memahami materi seperti praktikum di laboratorium. Dari beberapa guru madrasah menganggap praktikum pada laboratorium sekolah mengalami kendala terkait dengan kurang memadainya sarana dan prasana yang ada, karena itu mereka mencari alternatif pembelajaran yang dapat membantu keterampilan berpikir siswa. Para guru berharap adanya laboratorium virtual sebagai salah satu alternatif kegiatan praktikum di sekolah.

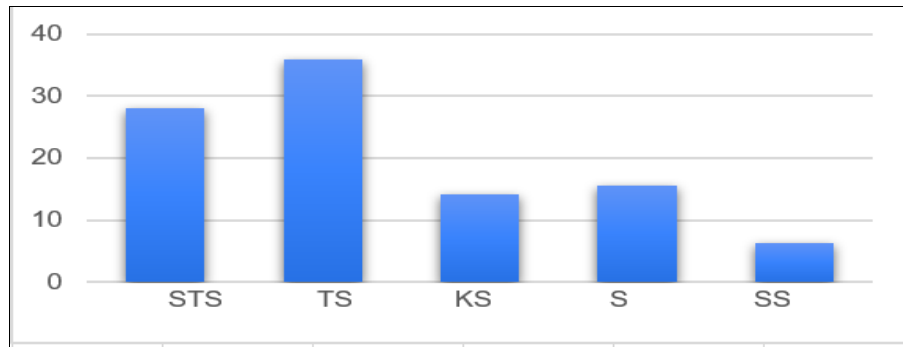
Analisis kebutuhan siswa terhadap laboratorium virtual sistem peredaran darah dilakukan melalui dua pendekatan. Pendekatan tersebut meliputi analisis kebutuhan siswa terhadap laboratorium virtual dan analisis materi pelajaran biologi yang dapat digunakan menggunakan pendekatan berbasis masalah dan laboratorium virtual yang telah digunakan.

Teknologi memiliki peranan penting dalam pembelajaran, guru harus menggunakan teknologi tepat guna (media pembelajaran) untuk mendukung proses pembelajaran biologi termasuk kedalamnya adalah pembuatan laboratorium virtual untuk memfasilitasi siswa dalam pemecahan masalah dan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Karena itu pengembangan pengajaran berbasis teknologi seperti laboratorium virtual diperlukan. Berikut hasil analisis kebutuhan siswa berdasarkan studi yang dilakukan terhadap 64 siswa kelas XI MIPA Madrasah Aliyah Negeri 4 Bogor.



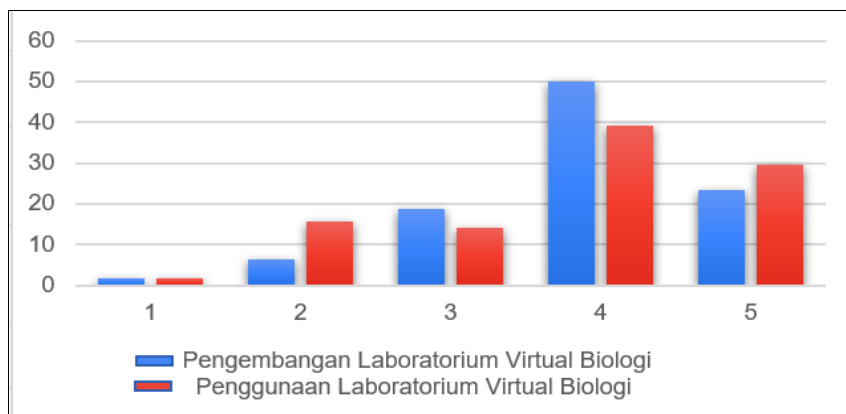
Gambar 1. Pembelajaran Biologi dengan Praktikum

Pada [Gambar 1](#) di jelaskan bahwa 90,7% siswa menyukai pembelajaran Biologi dengan disertai praktikum untuk memahami materi dibandingkan hanya teori pada buku text saja tetapi kondisi peralatan laboratorium sekolah yang dianggap oleh 64% siswa kurang memadai seperti pada [Gambar 2](#). Padahal banyak materi yang dianggap cukup sulit oleh siswa seperti materi sistem peredaran darah.

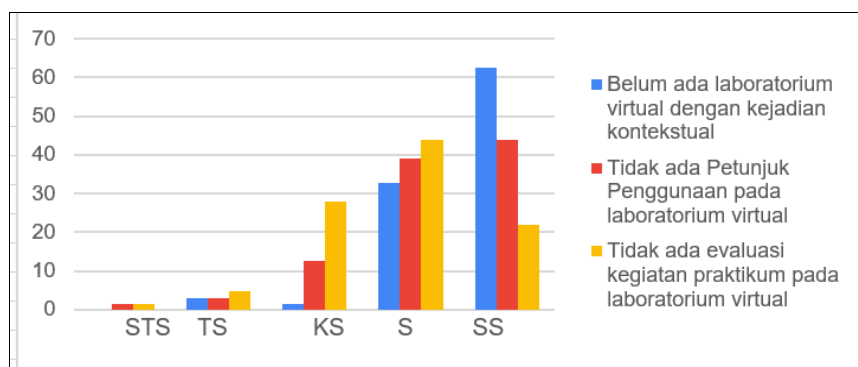


Gambar 2. Kelengkapan Peralatan Laboratorium

Pentingnya praktikum dalam pembelajaran biologi karena itu 73,4% siswa setuju untuk mengembangkan laboratorium virtual berbasis masalah tentang materi sistem peredaran darah dan 68,8% siswa juga bersedia menggunakan laboratorium virtual untuk menunjang proses pembelajaran Biologi. Sementara itu pada Gambar 3, dan Gambar 4 dijelaskan, dari laboratorium virtual yang ada dan pernah digunakan di sekolah belum ditemukan laboratorium yang menggunakan kejadian kontekstual sebagai masalah dalam kegiatan praktikum. Padahal Biologi merupakan bagian dari ilmu alam yang mencakup fakta atau data, hukum-hukum, dan prinsip hasil proses ilmiah yang membutuhkan pemecahan masalah (Andalia et al., 2019; Sukenti, 2021). Laboratorium virtual yang sering digunakan saat ini belum memberikan petunjuk penggunaan dan evaluasi kegiatan praktikum yang telah dilakukan.



Gambar 3. Pengembangan dan Penggunaan Laboratorium Virtual



Gambar 4. Analisis Penggunaan Laboratorium Virtual disekolah

Discussion

Berdasarkan hasil observasi, wawancara guru dan kuesioner pada siswa dapat diketahui bahwa adanya pembelajaran Biologi yang belum menggunakan praktikum sebagai salah satu sarana dalam pembelajaran yang menunjang dan memeberikan motivasi belajar pada siswa. Hal ini disebabkan oleh kurangnya ketersediaan alat dan bahan serta kondisi laboratorium yang kurang memadai. Karena itu adanya media alternatif praktikum seperti laboratorium virtual perlu dikembangkan. Laboratorium virtual

yang sudah pernah digunakan oleh siswa di sekolah ternyata memiliki beberapa kekurangan seperti tidak adanya petunjuk penggunaan atau evaluasi dari proses praktikum yang dilakukan, ini dirasakan oleh para siswa. Laboratorium yang pernah digunakan juga belum ada yang berbasis pada masalah-masalah kontekstual yang berkaitan langsung dengan kehidupan siswa, yang tentu saja akan menarik minat siswa untuk melakukan praktikum dalam menemukan solusi permasalahan yang dihadapinya.

Analisis yang dapat dilakukan berdasarkan kesenjangan di atas adalah diperlukannya media pembelajaran untuk memfasilitasi praktikum dalam pembelajaran. Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa media yang dibutuhkan adalah media simulasi praktikum seperti pada laboratorium secara langsung sesuai aslinya. Kebutuhan tersebut terjawab dengan laboratorium virtual. Analisis kebutuhan laboratorium virtual juga dilakukan oleh penelitian sebelumnya (Bunyamin et al., 2021; Solikhin et al., 2019). Siswa dan guru di survei untuk mengetahui kebutuhan praktikum dengan menggunakan laboratorium virtual untuk mendukung pembelajaran praktik di sekolah. Sejalan dengan hal tersebut, peneliti juga melakukan studi literatur untuk mengidentifikasi materi yang memerlukan laboratorium virtual yang potensial. Berdasarkan studi literatur diketahui bahwa materi sistem peredaran darah terutama untuk uji golongan darah dan tekanan darah memerlukan kegiatan praktikum dalam proses pembelajarannya. Terkait dengan kondisi laboratorium di sekolah yang tidak memungkinkan untuk dilakukannya praktikum ini maka laboratorium virtual dapat membantu mengatasi permasalahan kurang memadainya sarana di laboratorium.

Bagi sekolah yang sudah memiliki laboratorium lengkap, laboratorium virtual dapat digunakan untuk melakukan simulasi kegiatan praktikum sebelum melakukan eksperimen yang sebenarnya di laboratorium sekolah (Bunyamin et al., 2021; Dyrberg et al., 2017; Faour et al., 2018). Karena siswa merasa lebih percaya diri setelah menggunakan laboratorium virtual dalam menggunakan peralatan laboratorium yang sebenarnya. Sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa lab virtual merupakan kandidat terkuat untuk menggantikan eksperimen di laboratorium, ternyata laboratorium virtual dapat dijadikan sarana melatih keterampilan berpikir kritis serta meningkatkan hasil belajar siswa (Asrizal Asrizal et al., 2019; Major et al., 2022; Reny et al., 2018; Sari* et al., 2022). Walaupun penggunaan laboratorium virtual belum bisa menggantikan secara keseluruhan praktikum di laboratorium sebenarnya tetapi siswa menyukai fleksibilitas dan kenyamanannya. Tetapi simulasi eksperimen pada laboratorium virtual akan lebih efektif jika pada pelaksanaannya di sediakan petunjuk penggunaan (Makransky et al., 2019; Sommer & Sommer, 2019).

Pengembangan laboratorium virtual diperlukan dalam pembelajaran tetapi belum ada laboratorium virtual berbasis masalah pada materi sistem peredaran darah yang dikembangkan. Penggunaan Laboratorium virtual berbasis masalah kontekstual yang dilengkapi tidak hanya petunjuk penggunaan juga evaluasi dari kegiatan praktikum merupakan salah satu yang di diharapkan dapat membantu pelaksanaan pembelajaran Biologi di kelas.

Kebutuhan terhadap laboratorium virtual berbasis masalah yang dapat digunakan dalam berlatih meningkatkan motivasi belajar dan memberikan keterampilan berpikir pada siswa terutama keterampilan berpikir kritis yang dibutuhkan ternyata tidak hanya penting bagi siswa tetapi juga bagi guru dan sekolah untuk mendapatkan ketercapaian pengembangan keterampilan abad 21.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil angket kebutuhan siswa dapat disimpulkan bahwa perlu adanya laboratorium virtual pada materi sistem peredaran darah berbasis masalah yang dapat membantu proses pembelajaran Biologi. Hal ini juga di dukung oleh hasil wawancara yang diberikan pada guru Biologi mengenai keterbatasan laboratorium disekolah yang menjadi kendala dalam pelaksanaan praktikum pada proses pembelajaran. Analisis kebutuhan laboratorium virtual berbasis masalah pada materi sistem peredaran darah dapat menjadi acuan dalam mengembangkan media pembelajaran Biologi yang terintegrasi dengan Teknologi.

5. DAFTAR RUJUKAN

- Ahmadi, F. (2017). *Guru SD di era digital: pendekatan, media, inovasi*.
- Amin, S., & Nurhadi, A. (2020). Urgensi analisis kebutuhan diklat dalam meningkatkan kompetensi guru PAI dan budi pekerti. *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 3(2), 83–100. <https://doi.org/10.30868/im.v3i2.871>.
- Andalia, N., Ridhwan, M., Roslina, R., Afni, N., & AG, B. (2019). Implementation of Inquiry Method on Students' Critical Thinking Ability in the Concept of Structure and Function of Plant Networks. *International Journal for Educational and Vocational Studies*, 1(4), 373–378.

- <https://doi.org/10.29103/IJEVS.V1I4.1784>.
- Aripin, I., & Suryaningsih, Y. (2021). The development of prototype virtual laboratory through biology, technology, engineering, and mathematics (BTEM). *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012171. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012171>.
- Aripin, Ipin, & Suryaningsih, Y. (2020). *Developing BTEM-Based Virtual Biology Laboratory to Improve Students' Critical Thinking Skills on the Concept of Bacteria*. 9, 216–227.
- Asrizal, A., Hendri, A., Hidayati, H., & Festiyed, F. (2018). Penerapan Model Pembelajaran Penemuan Mengintegrasikan Laboratorium Virtual dan Hots untuk Meningkatkan Hasil Pembelajaran Siswa SMA Kelas XI. *Jurnal Pds Unp*, 1(1), 49–57. <http://pdsunp.ppi.unp.ac.id/index.php/PDSUNP/article/view/9>.
- Asrizal, Asrizal, Hendri, A., & Festiyed, F. (2019). *Penerapan Model Pembelajaran Penemuan Mengintegrasikan Laboratorium Virtual dan Hots untuk Meningkatkan Hasil Pembelajaran Siswa SMA Kelas XI*. November, 49–57. <https://doi.org/10.31227/osf.io/bknrf>.
- Bunyamin, E. M., Siregar, E. S., & Kusumawardani, D. K. (2021). Need Analysis of Virtual Laboratory for Vocational School Learning Practices During Covid-19 Pandemic. *Journal of Education Research and Evaluation*, 5(2), 192–199. <https://doi.org/10.23887/JERE.V5I2.32293>.
- Candra, R., & Hidayati, D. (2020). Penerapan Praktikum dalam Meningkatkan Keterampilan Proses dan Kerja Peserta Didik di Laboratorium IPA. *Jurnal Kependidikan Dan Sosial Keagamaan*, 6(1), 26–37. <https://doi.org/10.32923/edugama.v6i1.1289>.
- Dyrberg, N. R., Treusch, A. H., & Wiegand, C. (2017). Virtual laboratories in science education: students' motivation and experiences in two tertiary biology courses. *Journal of Biological Education*, 51(4), 358–374. <https://doi.org/10.1080/00219266.2016.1257498>.
- Faour, M. A., Ayoubi, Z., & Faour, Malak Abou; Ayoubi, Z. (2018). The Effect of Using Virtual Laboratory on Grade 10 Students' Conceptual Understanding and their Attitudes towards Physics. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 4(1), 54–68. <https://doi.org/10.21891/jeseh.387482>.
- Ferreira, et al. (2010). *Collaborative learning based on a micro-webserver remote test controller*.
- Harjono, A., Sahidu, H., & Herayanti, L. (2017). Virtual Laboratory Of Electricity Concept To Improve Prospective Physics Teachers' Creativity. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 13(2), 102–111. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v13i2.10152>.
- Irdalisa, et al. (2022). Technological Pedagogical Content Knowledge: Ability Prospective Teachers Biology Education Department In Jakarta Indonesia. *International Journal of Educational Research Review*, 114–123. <https://doi.org/10.24331/ijere.1050594>.
- Junita, A., Supriatno, B., & Purwianingsih, W. (2021). Profil keterampilan kolaborasi siswa SMA pada praktikum maya sistem ekskresi. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*, 4(2), 50–57. <https://doi.org/10.17509/AIJBE.V4I2.41480>.
- Kusuma, I. P. I. (2020). *Mengajar bahasa Inggris dengan teknologi: Teori dasar dan ide pengajaran*.
- Major, S., Hubálovská, M., & Loskot, R. (2022). Alternative Forms of Laboratory Teaching during the Lockdown Period Caused by the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Information and Education Technology*, 12(11), 1737–1747. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.11.1731>.
- Makransky, G., Mayer, R. E., Veitch, N., Hood, M., Christensen, K. B., & Gadegaard, H. (2019). Equivalence of using a desktop virtual reality science simulation at home and in class. *PLoS ONE*, 14(4), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214944>.
- Nirmala, W., & Darmawati, S. (2021). The Effectiveness of Discovery-Based Virtual Laboratory Learning to Improve Student Science Process Skills. *Journal of Education Technology*, 5(1), 103–112. <https://doi.org/10.23887/JET.V5I1.33368>.
- Nisak, N. Z. (2021). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar Biologi untuk Siswa SMA Ditinjau dari Tingkat Kesulitan Materi, Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi, dan Keaktifan Belajar Siswa. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 1(2), 128–133. <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v1i2.9629>.
- Orobor, A. I., & Orobor, H. E. (2020). a Review of Virtual Laboratory and Justification for Adoption in Nigeria Tertiary Educational Institutions. *International Journal of Open Information Technologies*, 8(2), 47–53.
- Putra, E. A., Sudiana, R., & Pamungkas, A. S. (2020). Pengembangan Smartphone Learning Management System (S-LMS) sebagai media pembelajaran matematika di SMA. *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 11(1), 36–45. <https://doi.org/10.15294/kreano.v11i1.21014>.
- Putri, L. A., Permanasari, A., Winarno, N., & Ahmad, N. J. (2021). Enhancing Student Scientific Literacy using Virtual Lab Activity with Inquiry-Based Learning. *Journal of Science Learning*, 4(2), 173–184. <https://doi.org/10.17509/jsl.v4i2.27561>.
- Rahim, F. R., Suherman, D. S., & Murtiani, M. (2019). Analisis Kompetensi Guru dalam Mempersiapkan Media

- Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Eksakta Pendidikan (Jep)*, 3(2), 133–141. <https://doi.org/10.24036/jep/vol3-iss2/367>.
- Rahmawati, D. N., Zahro, L., & Hidayatullah, A. F. (2021). Pembelajaran Praktikum pada Mahasiswa Prodi Biologi dan Pendidikan Biologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang di Masa Pandemi Covid-19. *Indonesian Journal of Science Learning (IJS�)*, 2(2), 109–116. <https://doi.org/10.15642/IJS�.V2I2.1238>.
- Reny, Sugiarti, & Salempa, P. (2018). Pengembangan Laboratorium Virtual Berbasis Multimedia Interaktif pada Pembelajaran Titrasi Asam Basa. *Chemistry Education Review (CER)*, 2(1), 32–41.
- Sari*, R. T., Angreni, S., & Salsa, F. J. (2022). Pengembangan Virtual-Lab Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 10(2), 391–402. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23833>.
- Simbolon, D. H. (2015). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terbimbing berbasis eksperimen riil dan laboratorium virtual terhadap hasil belajar fisika siswa. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 21(3), 299–316. <https://doi.org/10.24832/jpnk.v21i3.192>.
- Sitio, S., Silalahi, M. V., & Silaen, S. (2022). Pengaruh model pembelajaran project based learning dan problem based learning pada materi termokimia terhadap prestasi belajar siswa kelas XI SMA Negeri 1 ... E Desnylasari, S Mulyani, B Mulyani - Jurnal Pendidikan Kimia, 2016 - jurnal.fkip. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 4(6), 2965–2976. <https://doi.org/10.31004/jpdk.v4i6.8671>.
- Solikhin, F., Ikhsan, J., & Sugiyarto, K. H. (2019). A need analysis in developing virtual laboratory according to the chemistry teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1156(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1156/1/012020>.
- Sommer, B. A., & Sommer, R. (2019). A Virtual Lab in Research Methods. *Teaching of Psychology*, 30(2), 171–173. https://doi.org/10.1207/S15328023TOP3002_16.
- Stahre Wästberg, B., Eriksson, T., Karlsson, G., Sunnerstam, M., Axelsson, M., & Billger, M. (2019). Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. *Education and Information Technologies*, 24(3), 2059–2080. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-09857-0>.
- sugiyono. (2012). metode penelitian kuantitatif kualitatif dan r&d. In *Bandung Alf*.
- Sukenti, E. (2021). Pengembangan Laboratorium Virtual Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Pada Materi Sistem Sirkulasi. *Pedagonal: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.33751/pedagonal.v5i1.2572>.
- Verawati, N. N. S. P., Handriani, L. S., & Prahani, B. K. (2022). The Experimental Experience of Motion Kinematics in Biology Class Using PhET Virtual Simulation and Its Impact on Learning Outcomes. *International Journal of Essential Competencies in Education*, 1(1), 11–17. <https://doi.org/10.36312/ijece.v1i1.729>.
- Wang, F. (2018). Computer distance virtual experiment teaching application based on virtual reality technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(4), 83–94. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i04.8472>.
- Winarni, D. S. (2020). Effectiveness of Virtual Anatomy System (VAS) Media to Improve Students' Analysis Ability Towards Reproduction System Materials. *Indonesian Journal of Science and Education*, 4(1), 43–47. <https://doi.org/10.31002/IJOSE.V4I1.1422>.