JURNAL JEUMPA
JURNAL PENDIDIKAN SAINS & BIOLOGI

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

Laboratorium Konvensional vs Laboratorium Virtual dalam Efektivitas dan Motivasi Pembelajaran Biologi: Studi Literatur

Conventional Laboratory vs Virtual Laboratory in Effectiveness and Motivation for Biology Learning: A Literature Study

Farhan Muharam Saleh, Riandi*, Hertien Koosbandiah Surtikanti

Program Studi Pendidikan Biologi, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung, Jawa Barat, 40154, Indonesia

corresponding author: rian@upi.edu

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi informasi yang berkembang pesat pada abad ke-21 memiliki potensi besar dalam pembelajaran biologi. Teknologi informasi telah menjadikan kegiatan praktikum tidak hanya dilaksanakan secara konvensional saja, namun juga secara virtual. Studi literatur ini bertujuan untuk mengkaji mengenai laboratorium konvensional dan virtual dalam efektivitas dan motivasi pembelajaran biologi, sehingga dapat dijadikan sebagai rujukan dalam pemilihan metode praktikum biologi. Studi literatur ini menggunakan desain *literature review*. Kriteria pengumpulan artikel inklusi, yaitu artikel internasional terindeks scopus dengan tema yang sesuai, terbit antara 2018-2023, dan bukan artikel *literatur review*. Artikel yang telah terkumpul dianalisis dengan *simplified approach*. Hasil studi literatur ini menunjukan bahwa laboratorium virtual memiliki karakteristik pemilihan topik biologi yang umumnya bersifat abstrak. Laboratorium virtual juga mendapatkan hasil yang positif dalam peningkatan hasil belajar dan meningkatkan motivasi, meskipun beberapa temuan menyatakan bahwa motivasi pada penggunaan laboratorium virtual tidak selalu memberikan peningkatan atau tidak ada perbedaan yang nyata dengan laboratorium konvensional. Laboratorium virtual tidak dapat seutuhnya menggantikan peranan laboratorium konvensional, tetapi dapat mengoptimalkan proses pembelajaran serta melengkapi kekurangan laboratorium konvensional dan menjadi alternatif ketika pelaksanaan labortorium konvensional tidak memungkinkan.

Kata Kunci: Efektivitas; laboratorium konvensional; laboratorium virtual; motivasi.

ABSTRACT

The use of information technology which is developing rapidly in the 21st century has great potential in biology learning. Information technology has made practicum activities not only carried out conventionally, but also virtually. This literature study aims to examine conventional and virtual laboratories in the effectiveness and motivation of biology learning, so that it can be used as a reference in selecting biology practicum methods. This literature study uses a literature review design. The criteria for collecting inclusion articles are international articles indexed by Scopus with an appropriate theme, published between 2018-2023, and not literature review articles. The articles that have been collected are analyzed using a simplified approach. The results of this literature study show that virtual laboratories have the characteristics of selecting biological topics which are generally abstract in nature. Virtual laboratories also get positive results in improving learning outcomes and increasing motivation, although several findings state that motivation for using virtual laboratories does not always provide an increase or there is no significant difference from conventional laboratories. Virtual laboratories cannot completely replace the role of conventional laboratories, but it can optimize the learning process and complement the shortcomings of conventional laboratories and become an alternative when implementing conventional laboratories is not possible.

Keywords: Conventional laboratory; effectiveness; motivation; virtual laboratory.

Manuskrip disubmisi pada 11-12-2023;
disetujui pada 05-03-2024.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

PENDAHULUAN

Pembelajaran yang merupakan kegiatan utama dari proses pendidikan haruslah terdapat proses pemerolehan ilmu dan pengetahuan, keterampilan dan pembentukan sikap pada peserta didik (Akbar et al., 2021; Djamaluddin & Wardana, 2019; Ibrahim et al., 2023). Biologi dalam pembelajarannya tidak lepas dari banyaknya konsep-konsep yang bersifat abstrak. Biologi dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup dengan aspek kajian yang sangat luas meliputi semua jenis makhluk hidup beserta proses yang di dalamnya sehingga biologi banyak tersusun dari teori-teori tentang kehidupan. Kegiatan praktikum dalam pembelajaran biologi dapat menjadi pilihan untuk membuktikan teori-teori tersebut (Dewi et al., 2014). Praktikum sering dianggap sebagai cara pembelajaran di mana teori, konsep, prinsip, prosedur kerja, dan keterampilan diterapkan dalam situasi nyata atau simulasi, baik dengan panduan guru atau pembimbing, maupun secara independen (Djamarah, 2015). Pentingnya praktikum dalam pembelajaran biologi dikarenakan dapat menjadi sarana untuk meningkatkan pemahaman siswa, melatih pemrosesan informasi-informasi yang didapat, dan berorientasi pada keaktifan peserta didik sehingga diharapkan dapat membentuk sikap ilmiah (Ulfa, 2016).

Abad ke-21 dikenal sebagai era pengetahuan, ekonomi berbasis pengetahuan, teknologi informasi, globalisasi, revolusi industri 4.0, dan sejenisnya. Perubahan yang berlangsung dengan cepat ini memiliki potensi untuk memberikan peluang yang signifikan jika dapat dimanfaatkan dengan baik (Rosnaeni, 2021; Syahputra et al., 2023). Pemanfaatan teknologi informasi yang berkembang pesat pada abad ke-21 ini memiliki potensi besar dalam bidang pembelajaran. Pembelajaran di era abad 21 ini mengalami perkembangan pesat melalui digitalisasi yang memudahkan dalam hal penyampaian materi, penilaian dan sumber belajar yang semakin terbuka. Pemanfaatan teknologi yang semakin berkembang menjadikan adanya opsi dalam kegiatan praktikum, tidak hanya dapat dilakukan secara konvensional (dengan laboratorium fisik) melainkan dapat dilakukan juga secara virtual (dengan laboratorium virtual). Laboratorium konvensional, juga disebut sebagai laboratorium fisik adalah bagian yang efektif dalam pendidikan, terutama pendidikan sains di mana siswa memperoleh pengetahuan teoritis dan keterampilan praktis sedangkan laboratorium virtual dapat didefinisikan sebagai simulasi eksperimen laboratorium nyata yang peralatan laboratoriumnya disimulasikan di komputer, bukan secara nyata. (Byukusenge et al., 2023).

Laboratorium konvensional maupun laboratorium virtual memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Laboratorium konvensional memberikan pengalaman langsung sesuai aslinya dan memberikan interaksi sosial serta kolaborasi antara peserta didik

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

dan instruktur (Scheckler, 2003), walaupun begitu laboratorium konvensional memiliki kekurangan seperti perlunya biaya perawatan yang tinggi dan peralatan yang tidak lengkap (Chang et al., 2021; Fisher et al., 2012). Sebaliknya, laboratorium virtual memiliki kelebihan dalam segi kepraktisan, seperti dapat diakses kapan dan dimana saja (Chang et al., 2021). Dikarenakan terdapat kelebihan dan kekurangan pada laboratorium konvensional dan virtual, beberapa studi literatur mengenai pengaruh laboratorium virtual dalam pengajaran sains telah banyak dilakukan namun sebagian besar mencakup dari disiplin ilmu lain, seperti fisika, kimia dan teknik (Byukusenge et al., 2022). Selain itu, pemanfaatan laboratorium virtual sebagai opsi pengganti untuk laboratorium konvensional telah menimbulkan sejumlah argumen kontroversial, dan banyak peneliti kini tengah membandingkan efek diantara kedua metode tersebut (Byukusenge et al., 2023). Oleh karena itu, tujuan peneliti melakukan kajian literatur mengenai laboratorium konvensional dan laboratorium virtual dalam efektivitas yaitu peningkatan hasil belajar seperti pemahaman konsep dan keterampilan serta motivasi pembelajaran biologi diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pemilihan metode praktikum biologi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain *Literature review* atau tinjauan pustaka. *Literature review* adalah metode yang digunakan untuk mengumpulkan, mencari, meninjau, dan mendiskusikan data atau sumber yang berkaitan dengan suatu topik, yang dapat ditemukan dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, internet, dan sumber referensi lainnya yang relevan (Runtuwarow et al., 2020).

Data dalam penelitian ini berasal dari hasil penelitian yang sudah diterbitkan dalam jurnal internasional bereputasi. Peneliti melakukan pencarian jurnal penelitian yang relevan secara online yang berasal dari database elektronik terpercaya seperti *Google scholar*, *ERIC* dan *ScienceDirect* dengan tema efektivitas dan motivasi pada laboratorium virtual/laboratorium konvensional dalam pembelajaran biologi.

Kriteria pengumpulan artikel inklusi, yaitu: 1) Artikel memiliki tema yang relevan dengan tujuan studi literatur; 2) artikel dipublikasikan pada rentang tahun 2018 sampai 2023; 3) artikel berupa publikasi internasional yang terindeks scopus; dan 4) artikel yang dikaji bukan merupakan artikel berjenis *literatur review*. Artikel yang telah terkumpul dianalisis dengan *simplified approach*, yaitu kompilasi dari artikel-artikel yang telah diperoleh lalu disederhanakan (Aveyard, 2023).

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pencarian artikel yang memenuhi kriteria, ditemukan sebanyak 19 artikel yang relevan dengan topik penelitian. Informasi terkait analisis dan sintesis dari artikel ini disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Laboratorium konvensional dan virtual dalam pembelajaran Biologi

No	Penulis	Judul	Topik	Hasil
1	(Al-nakhle, 2022)	The effectiveness of scenario-based virtual laboratory simulations to improve learning outcomes and scientific report writing skills	Biologi Molekuler	simulasi laboratorium virtual berbasis skenario (SB-VLS) dapat meningkatkan keterampilan menulis laporan ilmiah, pengetahuan, motivasi intrinsik, dan efikasi diri siswa
2	(Barrow et al., 2023)	Virtual reality for biochemistry education: the cellular factory	Biokimia	Penggunaan teknologi realitas virtual (VR) meningkatkan pemahaman dan keterlibatan siswa
3	(Chang et al., 2021)	Comparison of virtual microscopy and real microscopy for learning oral pathology laboratory course among dental students	Histopatologi	penggunaan mikroskop virtual dan slide virtual yang didigitalisasi memiliki tingkat penerimaan yang lebih tinggi dan kemampuan diagnosis histopatologi yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan mikroskop nyata dan slide kaca tradisional
4	(Ibrahem et al., 2022)	Interaction between cognitive styles and genders when using virtual laboratories and its influence on students of health college's laboratory skills and cognitive load during the Corona pandemic	Mikrobiologi	Penggunaan Laboratorium Virtual (VL) dapat mengurangi beban kognitif, meningkatkan keterampilan laboratorium.
5	(Lamb et al., 2018)	Comparison of virtual reality and hands on activities in science education via functional near infrared spectroscopy	Replikasi DNA	VR menghasilkan hasil yang lebih baik pada pengujian konten dibandingkan dengan kondisi lainnya. Lingkungan berbasis VR yang realistis, lingkungan berbasis SEG, dan lingkungan langsung menghasilkan intensitas pemrosesan yang serupa.
6	(Lestari et al., 2023)	Efect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientifc literacy ability in a science course	Fotosintesis	kelompok eksperimen 1 (kombinasi laboratorium virtual dengan metode demonstrasi) memberikan kontribusi paling efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi sains jika dibandingkan dengan kelompok eksperimen 2 (laboratorium virtual saja) dan kelompok kontrol (metode demonstrasi saja).
7	(Lopez et al., 2021)	Virtual reality vs traditional education: Is there any advantage in human neuroanatomy teaching?	Neuroanatomi	Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan dalam kinerja antara kedua kelompok. Ini menunjukkan bahwa penggunaan realitas virtual tampaknya memberikan keuntungan dalam mengidentifikasi struktur dan menjelaskan implikasi fungsional pada materi neuroanatomi manusia
8	(Makransky et al., 2019)	Equivalence of using a desktop virtual reality science simulation at home and in class	Mikrobiologi	Kelompok di rumah (Virtual reality) dan di ruang kelas (Virtual reality) tidak berbeda secara signifikan dalam hal skor hasil belajar pasca tes, atau dalam ukuran motivasi intrinsik atau efisiensi diri
9	(Whitworth et al., 2018)	Interactive Computer Simulations as Pedagogical Tools in Biology Labs	Kinetika Enzim	Menggabungkan laboratorium praktik dengan simulasi komputer dari eksperimen yang sama (di sini digambarkan sebagai "perlakuan") meningkatkan skor posttest rata-rata 1,59 SD dibandingkan dengan kelompok kontrol (hanya praktik)

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

No	Penulis	Judul	Topik	Hasil
10	(Wu & Chiang, 2022)	Comparison of virtual microscopy and real microscopy for learning oral histology laboratory course among dental students	Histologi	Tingkat penerimaan mikroskop virtual yang jauh lebih tinggi dibandingkan mikroskop cahaya nyata untuk mempelajari mata kuliah laboratorium histologi mulut. Selain itu, mahasiswa kedokteran gigi yang menggunakan mikroskop virtual dengan slide virtual digital untuk mempelajari mata kuliah laboratorium histologi mulut memiliki kemampuan diagnosis histologis yang jauh lebih baik dibandingkan mereka yang menggunakan mikroskop cahaya nyata dengan slide kaca tradisional
11	(Havlíčková et al., 2018)	Can Virtual Dissection Replace Traditional Hands-on Dissection in School Biology Laboratory Work?	Diseksi/ Pembedahan	Perkembangan komputer dalam menggantikan pembedahan langsung, pembedahan virtual telah diterima secara positif oleh guru Biologi Ceko berdasarkan survei yang melibatkan 489 guru. Perbedaan antara keduanya dalam hal motivasi dan preferensi guru tidak terlalu signifikan. Meskipun terdapat perbedaan dalam penerimaan pembedahan langsung dan virtual untuk organisme tertentu dan dalam praktik sekolah sebenarnya
12	(Pande et al., 2021)	Long-term effectiveness of immersive VR simulations in undergraduate science learning: lessons from a media-comparison study	Ekologi dan Keanekaragaman	Kinerja pengetahuan siswa dalam kelompok iVR meningkat secara signifikan dari waktu ke waktu, sedangkan kelompok video tidak mengalami perubahan yang signifikan. Meskipun tidak ada perbedaan dalam motivasi intrinsik dan efikasi diri antara kedua kelompok, Enjoyment dari kelompok iVR lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok video.
13	(Pollock, 2022)	Student performance and perceptions of anatomy and physiology across faceto-face, hybrid, and online teaching lab styles	Anatomi dan Fisiologi	Mahasiswa lab hibrida melaporkan pengalaman yang lebih baik dan kepuasan yang lebih besar, menghadiri lebih banyak lab, dan mengungguli mahasiswa lab online. Namun, mahasiswa lab tatap muka mengungguli mahasiswa lab hibrida.
14	(Serrano-Perez et al., 2023)	Traditional vs. Virtual Laboratories in Health Sciences Education	Basic Science Subjects (Biofisika, Mikrobiologi, Biokimia)	Hasil menunjukkan bahwa dalam hal kepuasan, peningkatan kinerja, peningkatan motivasi, pengalaman belajar langsung/ tradisional lab (TL) dinilai lebih tinggi daripada laboratorium virtual (VL) oleh mahasiswa, terutama di Kedokteran Gigi.
15	(Tsirulnikov et al., 2023)	Game on: immersive virtual laboratory simulation improves student learning outcomes & motivation	Ekspresigen/ Terapi gen viral (Genetika)	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan simulasi virtual berdampak positif pada motivasi dan hasil pembelajaran peserta
16	(Zhou et al., 2020)	Virtual & augmented reality for biological microscope in experiment education	Penggunaan Mikroskop/ Sel	VR/AR berpengaruh signifikan dalam membantu belajar siswa baru, dan memberikan pengaruh positif dalam membantu siswa menguasai keterampilan eksperimen namun tidak signifikan pada siswa senior. Siswa yang menggunakan pembelajaran berbantuan VR/AR memiliki kekuatan konsentrasi yang sama dengan siswa yang tidak menggunakan pembelajaran berbantuan VR/AR
17	(Byukusenge et al., 2023)	Exploring Students' Perceptions of Virtual and Physical Laboratory Activities and Usage in Secondary Schools	Enzim dan uji makanan	Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kegiatan laboratorium membantu siswa untuk memahami konsep aktivitas enzim dan uji makanan (89% PL(physical lab); 62% VL(virtual lab)) dan 78% PL; 66% VL setuju "kegiatan laboratorium membantu saya

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

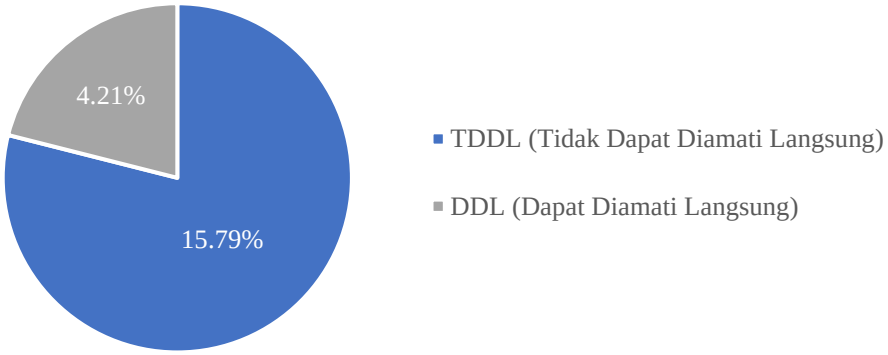
No	Penulis	Judul	Topik	Hasil
				belajar bagaimana memanipulasi bahan laboratorium". mayoritas responden menyatakan bahwa VL tidak dapat menggantikan PL.
18	(Coan et al., 2020)	Teaching Biochemistry and Molecular Biology With Virtual Reality — Lesson Creation and Student Response	Biologi molekuler	Siswa sangat menyukai laboratorium VR dan merasa bahwa visualisasi VR meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi. Hasil survei, observasi, dan kinerja siswa mendukung kesuksesan laboratorium VR dalam mencapai tujuan pendidikan mereka
19	(Paxinou et al., 2020)	Implementation and Evaluation of a ThreeDimensional Virtual Reality Biology Lab versus Conventional Didactic Practices in Lab Experimenting with the Photonic Microscope	Penggunaan mikroskop	Metode Pengajaran dengan Virtual Reality Lab memiliki efek yang sangat kuat terhadap peningkatan nilai siswa, diikuti oleh Metode Pengajaran dengan Video yang memiliki efek kuat. Sementara itu, Metode Pengajaran Konvensional memiliki efek yang moderat. Percobaan dengan mikroskop nyata. hanya 4,05% dari jumlah total jawaban yang diberikan oleh siswa Kelompok VR yang termasuk dalam kategori ketidakmampuan untuk menyelesaikan langkah eksperimen, sedangkan di antara Kelompok C (konvensional) dan Kelompok V (video), persentasenya mencapai 8,87% dan 7,69%.

Berdasarkan Tabel 1, didapatkan topik biologi dalam penggunaan laboratorium konvensional dan virtual serta hasil yang didapatkan setelah menggunakan metode tersebut. Laboratorium virtual digunakan dalam pembelajaran biologi molekuler, biokimia, histologi/histopatologi, replikasi DNA, fotosintesis, neuroanatomi, mikrobiologi, enzim, diseksi/pembedahan, ekologi dan keanekaragaman, anatomi dan fisiologi, biofisika, genetika dan penggunaan mikroskop. Hasil dari pembelajaran yang diperoleh adalah menulis laporan ilmiah, motivasi, efikasi diri/persepsi, pemahaman konseptual, kemampuan diagnosis, keterampilan praktis, kemampuan literasi sains, dan kinerja.

Temuan dari hasil dari analisis didapatkan bahwa topik biologi yang digunakan dalam penggunaan laboratorium virtual (VL) didominasi oleh topik-topik yang bersifat abstrak dengan memiliki kesulitan dalam memvisualisasikannya atau mengamatinya secara langsung (Gambar 1). Hal tersebut menjadikan topik-topik yang bersifat abstrak dapat divisualisasikan secara jelas dengan bantuan teknologi laboratorium virtual maupun dengan *virtual reality* (VR). Kemajuan perangkat keras dan perangkat lunak komputer telah memungkinkan instruktur untuk memodelkan fenomena biologis yang kompleks (Whitworth et al., 2018). Selain itu, VL membantu siswa memahami desain eksperimen dan lebih mudah dioperasikan dibandingkan aktivitas laboratorium fisik (Byukusenge et al., 2023). Penelitian mengenai penggunaan laboratorium virtual dalam topik biologi yang bersifat abstrak juga telah mendapatkan hasil yang positif dalam peningkatan hasil belajar (Al-nakhle, 2022; Barrow et

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

al., 2023; Chang et al., 2021; Ibrahem et al., 2022; Khalil, 2019; Lestari et al., 2023; Paxinou et al., 2020; Tsirulnikov et al., 2023; Wu & Chiang, 2022). Topik biologi yang berkaitan dengan lingkungan seperti ekologi dan keanekaragaman dalam analisis ini terdapat satu artikel yang menerapkan penggunaan iVR (*immersive virtual reality*) dengan hasil menunjukan bahwa terjadi peningkatan pengetahuan dan responden mengaku menikmati pembelajaran dengan menggunakan iVR (Pande et al., 2021). Hal tersebut menjadikan bahwa penggunaan VL atau VR tidak selalu harus diterapkan pada konsep yang bersifat abstrak atau biologi yang bersifat mikro, namun pada topik ekologi juga dapat diterapkan.



Gambar 1. Perbandingan topik biologi abstrak/TDDL dan non-abstrak/DDL)

Penggunaan laboratorium virtual juga memiliki pengaruh positif terhadap keterampilan laboratorium. Keterampilan laboratorium meningkat setelah penggunaan VL dengan persentase siswa yang memiliki keterampilan laboratorium bagus sekali sebanyak 47,5%, bagus sebanyak 43,75% dan dapat diterima sebanyak 2,5 (Ibrahem et al., 2022). Mengenai keterampilan eksperimen penggunaan mikroskop yang diperoleh, menunjukkan bahwa rata-rata siswa yang memiliki pengalaman *virtual reality lab* menjadi lebih mampu dalam menangani mikroskop cahaya dibandingkan dengan kelompok konvensional dan video (Paxinou et al., 2020). Hal tersebut didasarkan dengan hanya 4,05% dari jumlah total jawaban yang diberikan oleh mahasiswa Kelompok VR yang termasuk dalam kategori ketidakmampuan untuk menyelesaikan langkah eksperimen, sedangkan di antara Kelompok C (konvensional) dan Kelompok V (video), persentasenya mencapai 8,87% dan 7,69% (Paxinou et al., 2020). Penggunaan VR (*virtual reality*) yang diintegrasikan dengan AR (*Augmented reality*), menunjukkan bahwa VR/AR berpengaruh signifikan dalam membantu belajar siswa baru, dan memberikan pengaruh positif dalam membantu siswa menguasai keterampilan eksperimen (Zhou et al., 2020). Pengaruh positif dari penggunaan VL atau VR dalam pembelajaran tidak lepas dari strategi berbasis aktivitas VL yang menarik minat siswa. Hal ini tidak menimbulkan

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

stres karena materi, fasilitas, dan peralatan virtual sudah tersedia. Faktor-faktor ini dapat meningkatkan kinerja siswa (Ibrahem et al., 2022).

Motivasi dalam pembelajaran merupakan hal yang penting karena memiliki dampak terhadap proses belajar dan hasil akhirnya. Adanya motivasi, siswa dapat menumbuhkan aktivitas dan inisiatif, sehingga dapat mengarahkan serta menjaga ketekunan saat melakukan kegiatan pembelajaran (Rumhadi, 2017). Penggunaan laboratorium virtual dan pengaruhnya terhadap motivasi berdasarkan beberapa artikel yang telah dianalisis menunjukan bahwa laboratorium virtual dapat menstimulasi efikasi diri dan motivasi intrinsik siswa sehingga meningkatkan perolehan pengetahuan dan akibatnya, mempengaruhi kemampuan menulis mereka ketika menghasilkan laporan ilmiah (Al-nakhle, 2022). Pandangan peserta sangat mendukung VR, dengan 82% mengindikasikan bahwa latihan VR lebih memotivasi dibandingkan latihan pembelajaran tradisional dan teknologi VR (Tsirulnikov et al., 2023). Simulasi Labster (laboratorium virtual) yang telah dilakukan juga memiliki hasil yang serupa dengan VR yang telah diberikan, yakni 92% peserta melaporkan bahwa mereka menemukan simulasi tersebut lebih memotivasi dan secara keseluruhan peserta merasa puas dengan simulasi labster. Motivasi yang tinggi dalam menggunakan laboratorium virtual dapat berasal dari sifat simulasi yang bergerak cepat dan memberikan peluang untuk melakukan eksperimen unik (Tsirulnikov et al., 2023).

Temuan yang lain menyatakan bahwa motivasi pada penggunaan laboratorium virtual tidak selalu memberikan peningkatan atau tidak adanya perbedaan yang nyata antara laboratorium virtual dengan metode lain seperti video dan laboratorium konvensional (Byukusenge et al., 2023; Havlíčková et al., 2018; Pande et al., 2021; Serrano-Perez et al., 2023). Guru termotivasi dan sangat menghargai pembedahan langsung dan pembedahan virtual meskipun tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari kedua metode tersebut. Hal tersebut berkaitan dengan jenis organisme yang dibedah, seperti tanaman dengan melakukan pembedahan langsung terhadap tanaman sebanyak mungkin, karena mereka mengenali tanaman sebagai organisme yang paling dapat diterima untuk melakukan pembedahan langsung (Havlíčková et al., 2018). Penerimaan umum terhadap pembedahan virtual vertebrata dan jaringan manusia dapat dianggap sebagai kemajuan potensial, terutama dalam kasus di mana organisme tidak tersedia (Havlíčková et al., 2018). Selain itu, profil peserta didik menjadi faktor penting karena peserta didik yang merupakan calon profesional di bidang kesehatan menunjukan lebih termotivasi dan memiliki peningkatan kinerja yang lebih dengan percobaan laboratorium tradisional hal tersebut dikarenakan mereka tahu bahwa ketangkasan tangan

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

mungkin sangat berharga dalam rutinitas yang lebih berkaitan dengan praktik profesional mereka di masa depan (Serrano-Perez et al., 2023).

Berdasarkan hasil analisis dari artikel-artikel yang telah didapatkan beberapa penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan laboratorium virtual ataupun penggunaan *virtual reality* tidak dapat menggantikan laboratorium tradisional hal tersebut didasarkan pada respon dari sebagian besar peserta didik yang menyatakan bahwa tidak setuju dengan gagasan bahwa laboratorium virtual (VL) harus menggantikan laboratorium konvensional dalam biologi (Byukusenge et al., 2023; Coan et al., 2020; Ibrahem et al., 2022; Lestari et al., 2023; Tsirulnikov et al., 2023). Beberapa penelitian lain mengungkapkan hal yang berbeda bahwa laboratorium virtual dalam penelitiannya menyebutkan *virtual microscopy* dengan slide digital dapat secara bertahap menggantikan penggunaan mikroskop cahaya dengan slide kaca didasari oleh tingkat penerimaan yang lebih tinggi dan kemampuan diagnosis yang lebih baik (Chang et al., 2021; Wu & Chiang, 2022). Meskipun demikian, laboratorium virtual sejatinya tidak dapat menggantikan peranan laboratorium konvensional tetapi dapat menjawab tantangan yang ada, mengoptimalkan proses pembelajaran dan digunakan untuk mendukung serta melengkapi kekurangan peralatan laboratorium di sekolah (Ibrahem et al., 2022; Lestari et al., 2023).

KESIMPULAN

Laboratorium virtual memiliki karakteristik pemilihan topik-topik biologi yang umumnya bersifat abstrak. Laboratorium virtual juga telah mendapatkan hasil yang positif dalam peningkatan hasil belajar termasuk pengaruh positif terhadap keterampilan laboratorium. Laboratorium virtual dapat meningkatkan motivasi meskipun beberapa temuan menyatakan bahwa motivasi pada penggunaan laboratorium virtual tidak selalu memberikan peningkatan atau tidak adanya perbedaan yang nyata antara laboratorium virtual dengan metode lain. Laboratorium virtual tidak dapat menggantikan peranan laboratorium konvensional tetapi dapat mengoptimalkan proses pembelajaran serta melengkapi kekurangan laboratorium konvensional.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada dosen pengampu matakuliah Kajian Hasil Riset Internasional Pendidikan Biologi, FPMIPA, Universitas Indonesia yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan artikel ini.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9143

REFERENSI

Akbar, M. N., Dama, L., & Khalil, M. (2021). Studi Eksploratif Pemanfaatan Media Pembelajaran Biologi dalam Proses Pembelajaran Hybrid pada Masa Pandemi Covid-19 di SMA Negeri 1 Gorontalo. *Biologi Edukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, *13*(2), 55-60. https://doi.org/10.24815/jbe.v13i2.24265

Al-nakhle, H. (2022). The effectiveness of scenario-based virtual laboratory simulations to improve learning outcomes and scientific report writing skills. *PLOS ONE*, *17*(11), e0277359. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277359

Aveyard, H. (2023). *Doing a Literature Review in Health and Social Care: A Practical Guide 5e* (5th ed.). Open University Press.

Barrow, J., Hurst, W., Edman, J., Ariesen, N., & Krampe, C. (2023). Virtual reality for biochemistry education: the cellular factory. *Education and Information Technologies*. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11826-1

Byukusenge, C., Nsanganwimana, F., & Tarmo, A. P. (2022). Effectiveness of Virtual Laboratories in Teaching and Learning Biology: A Review of Literature. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *21*(6), 1–17. https://doi.org/10.26803/ijlter.21.6.1

Byukusenge, C., Nsanganwimana, F., & Tarmo, A. P. (2023). Exploring Students' Perceptions of Virtual and Physical Laboratory Activities and Usage in Secondary Schools. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *22*(5), 437–456. https://doi.org/10.26803/ijlter.22.5.22

Chang, J. Y.-F., Lin, T.-C., Wang, L.-H., Cheng, F.-C., & Chiang, C.-P. (2021). Comparison of virtual microscopy and real microscopy for learning oral pathology laboratory course among dental students. *Journal of Dental Sciences*, *16*(3), 840–845. https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.03.011

Coan, H., Goehle, G., & Youker, R. (2020). Teaching Biochemistry and Molecular Biology with Virtual Reality — Lesson Creation and Student Response. *Journal of Teaching and Learning*, *14*(1). https://doi.org/10.22329/jtl.v14i1.6234

Dewi, I. S., Sunariyati, S., & Neneng, L. (2014). Analisis kendala pelaksanaan praktikum biologi di SMA Negeri se-kota Palangka Raya. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematika*, *2*(1). https://doi.org/10.23971/eds.v2i1.16

Djamaluddin, A., & Wardana, W. (2019). *Belajar dan pembelajaran: 4 pilar peningkatan kompetensi pedagogis*. CV. Kaaffah Learning Center.

Djamarah, S. B. (2015). *Psikologi belajar*. Rineka cipta.

Fisher, A., Sekera, E., Payne, J., & Craig, P. (2012). Simulation of two dimensional electrophoresis and tandem mass spectrometry for teaching proteomics. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *40*(6), 393–399. https://doi.org/10.1002/bmb.20651

Havlíčková, V., Šorgo, A., & Bílek, M. (2018). Can Virtual Dissection Replace Traditional Hands-on Dissection in School Biology Laboratory Work? *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(4). https://doi.org/10.29333/ejmste/83679

Ibrahim, I., Akmal, N., & Khalil, M. (2023). Implementasi Mind Mapping Network Tree untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMA pada Materi Sistem Pertahanan Tubuh. *Jurnal Jeumpa*, *10*(1), 22-29. https://doi.org/10.33059/jj.v10i1.7285

Ibrahem, U. M., Alsaif, B. S., Alblaihed, M., Ahmed, S. S. I., Alshrif, H. A., Abdulkader, R. A., & Diab, H. M. (2022). Interaction between cognitive styles and genders when using virtual laboratories and its influence on students of health college's laboratory skills and cognitive load during the Corona pandemic. *Heliyon*, *8*(4), e09213. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09213

Khalil, M. (2019). *Pengembangan modul bioinformatika berbasis Problem Based Learning (PBL) berdasarkan hasil penelitian analisis virtual screening senyawa alami pada semanggi gunung (Hydrocotyle sibthorpioides) sebagai kandidat antivirus hepatitis B.* (Masters thesis, Universitas Negeri Malang). http://repository.um.ac.id/id/eprint/112705

Lamb, R., Antonenko, P., Etopio, E., & Seccia, A. (2018). Comparison of virtual reality and hands on activities in science education via functional near infrared spectroscopy. *Computers & Education*, *124*, 14–26. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.014

Lestari, D. P., Supahar, Paidi, Suwarjo, & Herianto. (2023). Effect of science virtual laboratory combination with demonstration methods on lower-secondary school students' scientific literacy ability in a science course. *Education and Information Technologies*. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11857-8

Lopez, M., Arriaga, J. G. C., Nigenda Álvarez, J. P., González, R. T., Elizondo-Leal, J. A., Valdez-García, J. E., & Carrión, B. (2021). Virtual reality vs traditional education: Is there any advantage in human neuroanatomy teaching? *Computers & Electrical Engineering*, *93*, 107282. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107282

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), e0214944.

Pande, P., Thit, A., Sørensen, A. E., Mojsoska, B., Moeller, M. E., & Jepsen, P. M. (2021). Long-term effectiveness of immersive VR simulations in undergraduate science learning: lessons from a media-comparison study. *Research in Learning Technology*, *29*. https://doi.org/10.25304/rlt.v29.2482

Paxinou, E., Panagiotakopoulos, C. T., Karatrantou, A., Kalles, D., & Sgourou, A. (2020). Implementation and Evaluation of a Three-Dimensional Virtual Reality Biology Lab versus Conventional Didactic Practices in Lab Experimenting with the Photonic Microscope. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *48*(1), 21–27. https://doi.org/10.1002/bmb.21307

Pollock, N. B. (2022). Student performance and perceptions of anatomy and physiology across face-to-face, hybrid, and online teaching lab styles. *Advances in Physiology Education*, *46*(3), 453–460. https://doi.org/10.1152/advan.00074.2022

Rosnaeni, R. (2021). Karakteristik dan Asesmen Pembelajaran Abad 21. *Jurnal Basicedu*, *5*(5), 4341–4350. https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.1548

Rumhadi, T. (2017). Urgensi motivasi dalam proses pembelajaran. *Inovasi-Jurnal Diklat Keagamaan*, *11*(1), 33–41. https://bdksurabaya.e-journal.id/bdksurabaya/article/download/47/25

Runtuwarow, R. R., Katuuk, M. E., & Malara, R. T. (2020). Evaluasi Hubungan Dukungan Keluarga Dan Kualitas Hidup Penderita Diabetes Melitus Tipe 2: Literatur Review. *Jurnal Keperawatan*, *8*(2), 44–57.

Scheckler, R. K. (2003). Virtual labs: a substitute for traditional labs? *International Journal of Developmental Biology*, *47*(2–3), 231–236.

Serrano-Perez, J. J., González-García, L., Flacco, N., Taberner-Cortés, A., García-Arnandis, I., Pérez-López, G., Pellín-Carcelén, A., & Romá-Mateo, C. (2023). Traditional vs. virtual laboratories in health sciences education. *Journal of Biological Education*, *57*(1), 36–50. https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1877776

Syahputra, M. R., Jayanthi, S., Mahyuny, S. R., & Khalil, M. (2023). Pengaruh Gaya Belajar terhadap Prestasi Belajar Biologi pada Siswa SMA. *Biologi Edukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, *15*(2). https://doi.org/10.24815/jbe.v15i2.35489

Tsirulnikov, D., Suart, C., Abdullah, R., Vulcu, F., & Mullarkey, C. E. (2023). Game on: immersive

virtual laboratory simulation improves student learning outcomes & motivation. *FEBS Open Bio*, *13*(3), 396–407. https://doi.org/10.1002/2211-5463.13567

Ulfa, S. W. (2016). Pembelajaran Berbasis Praktikum: Upaya Mengembangkan Sikap Ilmiah Siswa pada Pembelajaran Biologi. *Nizhamiyah*, *6*(1).

Whitworth, K., Leupen, S., Rakes, C., & Bustos, M. (2018). Interactive Computer Simulations as Pedagogical Tools in Biology Labs. *CBE—Life Sciences Education*, *17*(3), ar46. https://doi.org/10.1187/cbe.17-09-0208

Wu, Y.-H., & Chiang, C.-P. (2022). Comparison of virtual microscopy and real microscopy for learning oral histology laboratory course among dental students. *Journal of Dental Sciences*, *17*(3), 1201–1205. https://doi.org/10.1016/j.jds.2022.04.008

Zhou, X., Tang, L., Lin, D., & Han, W. (2020). Virtual & augmented reality for biological microscope in experiment education. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, *2*(4), 316–329. https://doi.org/10.1016/j.vrih.2020.07.004