JURNAL JEUMPA
JURNAL PENDIDIKAN SAINS & BIOLOGI

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

Kajian Literatur: Penggunaan Teknologi Pembelajaran untuk Pengajaran Bioteknologi

Literature Review: The Use of Learning Technology for Teaching Biotechnology

Najira, 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

Pada abad ke-21 ini, semua manusia akan menghadapi banyak tantangan global sehingga perlu mempersiapkan diri agar memiliki sejumlah keterampilan, pengajaran biologi tidak berubah secara substansial sejak tahun 1980an, meskipun ilmu pengetahuan telah berubah dengan pesat dimana isu pengajaran bioteknologi yang efektif masih harus diberikan. Tujuan review ini untuk mengetahui teknologi Pendidikan yang telah digunakan pada pembelajaran bioteknologi dengan metode penelitian berupa *PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)* yang merupakan pengkutipan pada artikel terindeks scopus yang terbit pada tahun 2017-2023 guna untuk mendata teknologi Pendidikan yang telah digunakan untuk pengajaran bioteknologi. Dalam Literature review ini terdapat 45% penggunaan secara digital, dan 11% menggunakan analog yang dimana menunjukan adanya kemajuan dalam pengajaran bioteknologi yang menggunakan media digital sebagai alat untuk mendukung proses belajar mengajar. Penggunaan teknologi pengajaran untuk belajar bioteknologi menunjukkan adanya kualitas yang sangat mempengaruhi hasil belajar siswa. Multimedia dalam website atau aplikasi pembelajaran interaktif yang menggunakan unsur gambar (visual) dan unsur suara pengiring (audio). Unsur-unsur di atas kemungkinan besar akan mempengaruhi penguasaan konsep siswa secara signifikan di kelas eksperimen dengan kehadiran animasi dalam media juga meningkatkan pemahaman konsep dan meningkatkan pembelajaran.
Kata Kunci: Bioteknologi; pengajaran; teknologi pendidikan.

ABSTRACT

In the 21st century, all humans will face many global challenges so they need to prepare themselves to have a number of skills. Biology teaching has not changed substantially since the 1980s, even though science has changed so rapidly that the issue of effective biotechnology teaching still has to be addressed. The purpose of this review is to find out educational technology that has been used in biotechnology learning with a research method in the form of PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) which is a quotation in Scopus indexed articles published in 2017-2023 in order to collect data on educational technology. has been used for teaching biotechnology. In this literature review, there is 45% digital use, and 11% analog use, which shows progress in teaching biotechnology which uses digital media as a tool to support the teaching and learning process. The use of teaching technology to learn biotechnology shows that there are qualities that greatly influence student learning outcomes. Multimedia on websites or interactive learning applications that use image elements (visual) and accompanying sound elements (audio). The elements above are likely to significantly influence students' mastery of concepts in experimental classes with the presence of animation in the media also increasing concept understanding and improving learning.
Keywords: Biotechnology; learning technology; teaching.

Manuskrip disubmisi pada 06-12-2023;
disetujui pada 17-03-2024.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

PENDAHULUAN

Pengajaran biologi di seluruh Negeri harus berkembang seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan. Namun, ada tahun 2003 Dewan Riset Nasional Amerika Serikat (NRC) dalam laporan mencatat bahwa pengajaran biologi tidak berubah secara substansial sejak tahun 1980an, meskipun ilmu pengetahuan telah berubah dengan pesat (Wisch et al., 2018). Dengan adanya perkembangan abad ke-21 ini, semua manusia akan menghadapi banyak tantangan global sehingga mereka perlu mempersiapkan diri agar memiliki keterampilan menghadapi perkembangan di era disrupsi dan globalisasi (Atmojo & Sajidan, 2020; Thompson & Miller, 2017; Musa et al., 2012). Untuk memenuhi tingginya permintaan pasar abad 21st terhadap produk-produk berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi diperlukan sistem pendidikan yang mampu menjawab tantangan tersebut (Utomo et al., 2020) Salah satu bidang ilmu pengetahuan yang sangat mempengaruhi hidup masyarakat kita adalah bidang bioteknologi (Dawson, 2007). Bioteknologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari pemanfaatan prinsip-prinsip ilmiah yang menggunakan makhluk hidup untuk menghasilkan produk dan jasa untuk kepentingan manusia (Putra, 2013). Penggunaan Bioteknologi sebagai ilmu maupun sebagai alat yang bertanggung jawab dalam meningkatkan kemajuan secara cepat dalam berbagai bidang kehidupan. Pesatnya perkembangan ilmu dan teknologi menjadikan Bioteknologi salah satu bidang ilmu yang harus dikuasai bangsa Indonesia (Zulpadly et al., 2016).

Oleh karena itu, pengajaran pendidikan di sekolah tentang isu-isu bioteknologi harus membantu siswa menjadi “warga negara yang melek bioteknologi yang memahami konsep-konsep bioteknologi modern serta prinsip-prinsip dasar bioteknologi” (Paš et al., 2019). Penguasaan materi masih sangat kurang dari guru, siswa maupun masyarakat umum terhadap ilmu bioteknologi, disebabkan karena kesulitan siswa dalam pembelajaran bioteknologi di sekolah, sehingga di perlukan penyiapan yang matang dalam pembelajaran di bidang ini (Zulpadly et al., 2016) bahkan dari jumlah siswa yang diteliti di Australia, sepertiganya mempunyai pemahaman yang rendah atau tidak terhadap bioteknologi (Sohan et al., 2003) kesulitan pemahaman diantaranya kurangnya penggunaan alat dan teknologi untuk mengamati terjadinya proses bioteknologi.

Penelitian dalam bentuk kajian pustaka yang dilaksanakan peneliti ini bertujuan untuk mengumpulkan data terkait teknologi pendidikan yang digunakan dan berorientasi dalam membantu proses pengajaran bioteknologi di dunia pendidikan. Kajian pustaka ini diharapkan dapat memberikan gambaran teknologi terkini yang dapat digunakan sebagai referensi untuk pengajaran bioteknologi yang dibutuhkan.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)*. Metode PRISMA yang terdiri dari 4 tahap yaitu pencarian data mengggunakan halaman penyedia data kemudian data untuk diulas dengan menggunakan kata kunci dan topik yang telah di tentukan; penapisan data yang digunakan untuk penyaringan data yang telah di dapatkan agar data sesuai dengan topik yang akan dibahas; penilaian kualitas (kelayakan) data Penilaian kualitas data berdasarkan teks lengkap dan kriteria insklusi dan ekslusi yang telah di tentukan; hasil pencarian data terpilih selanjutnya akan yang diulas lebih komprehensif untuk mencari persamaan dan perbedaan berdasarkan data yang telah di dapat (Moher et al., 2009) Pengkajian artikel yang dilakukan dengan pencarian online terhadap artikel-artikel yang dipublikasikan pada publisehr internasional terindeks Scopus yang dipublikasi pada rentang 2017-2023.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang didapatkan pada penelitian ini terdapat sebanyak 10 artikel terpilih melalui aliran PRISMA yang telah dilakukan (Gambar 1). Hasil review dapat dibuktikan dengan dituliskan dalam bentuk tabel yang mencakup judul artikel, jurnal Q1-Q2, tahun 2017-2023, dan hasil pada artikel.



Gambar 1. Grafik alir PRISMA dalam metode penelitian

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

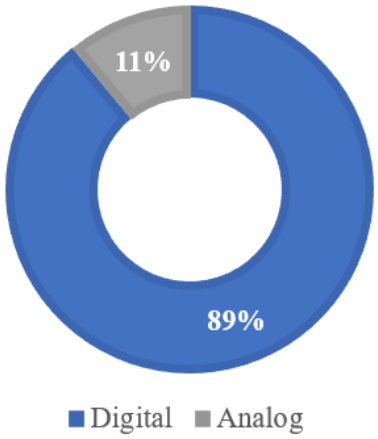
Tabel. 1 Teknologi Pendidikan dalam Pengajaran Bioteknologi

Judul	Teknologi	Klasifikasi	Hasil
Blended Learning: An effective approach for Online Teaching and Learning	Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle)	Digital	Menggunakan Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle) sebagai platform Learning Management System (LMS). Hasil dari LMS adalah sebuah platform yang menyediakan fasilitas pengelolaan mata kuliah untuk proses belajar mengajar. Pembelajaran campuran berpotensi menggantikan metode belajar/mengajar di kelas tradisional.
Creating Bioethics Distance Learning Through Virtual Reality	Virtual Reality	Digital	VR dapat berkontribusi pada pengembangan nilai-nilai bioetika dan pengambilan keputusan yang bertanggung jawab dalam bioteknologi dengan menyediakan lingkungan belajar yang kaya bagi siswa dan memperkuat nilai-nilai bioetika yang memandu tindakan menuju hasil yang sesuai secara sosial.
Exploring the use of virtual laboratory simulations before, during, and post COVID-19 recovery phase: An Animal Biotechnology case study	Labster Cell Culture Basics	Digital	Hasil penelitian pada penggunaan simulasi Labster Cell Culture Basics menunjukkan bahwa siswa memandang positif penggunaan simulasi laboratorium virtual tersebut dianggap memberikan penjelasan yang jelas, pengalaman realistis, dan meningkatkan pemahaman tentang prinsip-prinsip yang mendasarinya.
The Effectiveness of STEAM-Based Biotechnology Module Equipped with Flash Animation for Biology Learning in High School	Module Equipped with Flash Animation	Digital	Penelitian ini dapat memberikan konsep dasar bagi peneliti lain yang ingin fokus pada pengembangan buku atau modul berbasis pendekatan STEAM untuk memberikan perhatian lebih pada aspek seni serta aktivitas proses desain rekayasa guna merangsang pengembangan kreativitas dan keterampilan. siswa.
Preliminary Studies of the Development of Local Wisdom-Based Biotechnology Module for Biology Students	Local Wisdom Based Biotechnology Module	Digital	Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa sangat setuju dengan pengembangan modul Bioteknologi berbasis kearifan lokal (dengan persentase 100%). Kesimpulannya, perlu dikembangkan modul mata pelajaran Bioteknologi berbasis kearifan lokal bagi siswa biologi untuk membantu siswa memahami materi pembelajaran dalam proses pembelajaran.
Efficacy of a Meiosis Learning Module Developed for the Virtual Cell Animation Collection	Meiosis Learning Module	Digital	Hasil analisis data dalam jurnal ini menunjukkan bahwa kelompok yang menggunakan modul pembelajaran online memiliki skor peningkatan yang signifikan lebih tinggi dalam pemahaman meiosis dibandingkan dengan kelompok yang mengikuti metode pengajaran tradisional berupa ceramah di kelas.
Post-Digital Learning for Rural Development: A Case Study of Open Biotec MOOCs in Colombia	Post-Digital Learning	Digital	Hasil studi menunjukkan bagaimana pengalaman belajar yang dirancang dalam Open Biotec MOOC meningkatkan tingkat pengetahuan siswa di bidang bioteknologi, menawarkan peluang untuk membangun komunitas pembelajaran berkelanjutan dengan partisipasi dan tindakan kolaboratif yang dimediasi oleh alat virtual.
Development of STEM tissue culture module in promoting plant biotechnology	tissue culture module	Analog	Pengembangan modul kultur jaringan STEM sebagai alat peraga untuk memperkenalkan bioteknologi tanaman dan memaparkan keragaman karir STEM. Modul ini terdiri dari empat kegiatan berfokus pada identifikasi benih, transportasi air pada tanaman, boneka rumput dan jaringan wortel budaya. modul ini merupakan alat bantu pengajaran yang menjanjikan

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

Judul	Teknologi	Klasifikasi	Hasil
			untuk mempromosikan STEM khususnya di bidang bioteknologi tanaman.
Biosphere 2 as an informal learning platform to assess motivation, fascination, and cognitive achievement for sustainability.	A Site Biosphere 2	Digital	Pada hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh yang cukup besar dari ketertarikan atau motivasi terhadap nilai pengetahuan, untuk menumbuhkan motivasi dan ketertarikan serta meningkatkan pengetahuan sistem.
Project-based entrepreneurial learning (PBEL): a blended model for startup creations at higher education institutions	mobile-based	Digital	Penggunaan PEBL efektif dan berdampak positif dalam menciptakan pembelajaran kewirausahaan dengan menghasilkan produk berdasarkan hasil projek yang dirancang oleh para siswa. Penelitian ini menghasilkan prototife aplikasi homecare fisioterapi berbasis mobile, body scrub daun nangka, masker daun mimba, produk minyak gosok aromaterapi,dll para siswa yang menghasilkan produk dapat meneruskan melakukan pengembangan untuk bisa dipasarkan lebih jauh pada masa yang akan datang.

Berdasarkan Tabel 1, didapatkan hasil bahwa banyak teknologi yang dapat digunakan dalam pembelajan bioteknologi di dunia pendidikan seperti modul, aplikasi, laboratorium virtual dan lain sebagainya untuk mencapai tujuan pembelajaran yang di komposisikan oleh sekolah. Berdasarkan jenisnya, teknologi pembelajaran di klasifikasikan dalam bentuk analog dan digital. penggunaan teknologi pendidikan berbasis digital sebesar 89%, sedangkan 11% lainnya menggunakan analog atau media belajar dicetak untuk proses belajar mengajar (Gambar 2). Hal ini menunjukkan eksistensi dari penggunaan teknologi sudah semakin tinggi didunia pendidikan.



Gambar 2. Klasifikasi teknologi pembelajaran

Pembahasan

Berdasarkan hasil kajian yang dilakukan pada artikel yang dianalisis, pemanfaatan perkembangan teknologi dalam pengajaran bioteknologi telah banyak diterapkan di bidang pendidikan, disesuaikan dengan kurikulum masing-masing negara, guna mencapai tujuan

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

pembelajaran yang diinginkan. Berdasarkan penjelasan bahwa pengembangan diri menyesuaikan dengan dinamika zaman yang sangat cepat yang dipengaruhi oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan menggunakan digital seperti pembelajaran Konsep yang berkaitan dengan genetika dan bioteknologi (sidik jari DNA, analisis DNA, proyek genom, dan lainnya) yang sulit dipelajari (Orhan et al., 2018). Dengan adanya pembelajaran menggunakan digital dapat dijadikan sebagai inovasi, pembaharuan dan penyempurnaan dalam proses pembelajaran yang sulit dipelajari. Tak heran jika terdapat korelasi yang sangat kuat antara Pendidikan dan keterampilan serta penyerapan dan penggunaan teknologi digital di berbagai bidang kehidupan karena mendorong inovasi pembelajaran sangatlah penting (Centre for Educational Research and Innovation, 2016).

Pemanfaatan teknologi dalam dunia pendidikan Semakin hari semakin mengalami pertumbuhan dan kemajuan. Mendefinisikan dengan jelas tujuan teknologi pendidikan tidaklah mudah karena faktanya ia berkembang dari hari ke hari dan terlibat dalam berbagai bidang kehidupan dan pekerjaan. Dari sini akan dikemukakan beberapa tujuan sebagai berikut: teknologi pendidikan membuka cara pandang dan kegunaan dalam pengajaran; teknologi pengajaran dikenal dengan penerapan model pembelajaran, suguhan metode pengajaran dan pengetahuan ilmiah dalam proses pendidikan; teknologi pembelajaran berperan sebagai faktor dan unsur perubahan dalam didaktik pengajaran. Dalam keseluruhan proses pendidikan, teknologi pengajaran bertujuan untuk mencapai dua tujuan dasar yaitu: 1) Aspek pembelajaran intensif, pekerjaan pendidikan; dan 2) Aspek luas penyelenggaraan karya pendidikan. Teknologi pendidikan ditentukan oleh beberapa faktor, seperti cara, alat dan bentuk pekerjaan pendidikan; faktor pembelajaran: guru – murid; komunikasi dalam proses pengajaran; dan program pendidikan yang dirancang untuk teknologi modern (Murati, 2013).

Penggunaan media online interaktif melalui komputer dan telepon seluler sebagai bagian yang telah menjadi bagian digital berperan penting dalam meningkatkan motivasi dan minat siswa dalam proses pembelajaran (Priyambodo, 2012). Kami menemukan bahwa pembelajaran melalui media online interaktif dapat meningkatkan motivasi belajar sebesar 3.5%. Siswa mempunyai akses terhadap teknologi/media pembelajaran, termasuk pengembangan multimedia interaktif, yang memungkinkan dan efektif digunakan sebagai lingkungan belajar yang dapat digunakan siswa secara mandiri (Novianto et al, 2018).

Hal lain yang memungkinkan untuk meningkatkan arah dasar pemanfaatan teknologi informasi dalam Pendidikan dalam belajar Bioteknologi adalah: Informasi visual (gambar, alat bantu visual). Materi presentasi (latihan, tabel, ide). Simulator; memantau keterampilan dan

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

kinerja siswa. Dalam hal ini perangkat lunak tidak menggantikan peran guru, melainkan sebagai pelengkap Guru menggunakan sumber daya elektronik (presentasi kelas, permainan logika, set tes, sumber daya online) dalam pelajaran mereka. Pemanfaatan teknologi informasi pada semua tahapan pembelajaran, meliputi penjelasan, retensi, pengulangan, generalisasi, pemantauan materi baru, tugas-tugas kecil pendidikan jasmani, kegiatan ekstrakurikuler (Abdurashimovna, 2020).

Pemanfaatan teknologi pendidikan dalam pembelajaran bioteknologi terbukti mempunyai karakteristik yang memberikan dampak signifikan terhadap hasil belajar siswa. Multimedia pada website atau aplikasi pembelajaran interaktif yang menggunakan unsur gambar (visual) dan unsur suara pengiringnya (audio). Faktor-faktor di atas diharapkan dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap perolehan konsep siswa di kelas laboratorium, serta meningkatkan pemahaman konsep dan meningkatkan pembelajaran, karena hadirnya media animasi (Puspita, 2008; Mayer & Moreno, 2002) . Dengan segala kelebihan tersebut, gambar animasi berfungsi sebagai media untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak. Video berbentuk animasi dapat menjadi bentuk penyederhanaan atau pemodelan konsep-konsep abstrak, membantu memvisualisasikan konsep-konsep tersebut sehingga konsep yang disajikan menjadi lebih realistis dan mudah untuk diamati (Puspita, 2008).

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian literatur ini diperoleh informasi bahwa terdapat kecenderungan pada pembelajaran bioteknologi dalam memanfaatkan teknologi digital. Hal ini mengindikasikan bahwa adanya kemajuan dalam pengajaran bioteknologi yang menggunakan media digital sebagai alat untuk mendukung proses belajar mengajar dimana pembelajaran bioteknologi termasuk sulit untuk dilakukan di sekolah. Dari kajian literatur ini diharapkan adanya penelitian nyata dalam penggunakaan teknologi pengajaran untuk mempelajari pembelajaran bioteknologi yang menyesuaikan dengan pemintaan pasar abad ke-21.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Allah Swt. yang telah memberikan kesempatan kepada kami dalam menyelesaikan kajian literatur ini. Terima kasih juga kepada dosen pengampu mata kuliah Kajian Hasil Riset Internasional Pendidikan Biologi, FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia dan pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

ISSN: 2356-069X
E-ISSN: 2715-4343
DOI: 10.33059/jj.v11i1.9101

REFERENSI

Abdurahimovna, U. F. (2020). Advantages of using electronic learning resources in the educational process. *European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences Vol*, *8*(8), 31-3.

Akbar, A., & Noviani, N. (2019, July). Tantangan dan solusi dalam perkembangan teknologi pendidikan di Indonesia. In *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang*.

Atmojo, I. R. W., & Sajidan (2020). Effectiveness of CEL-Badis Learning Model on Students' Creative-Thinking Skills: Case on The Topic of Simple Food Biotechnology. *International Journal of Instruction*, *13*(3), 329-342. https://doi.org/10.29333/iji.2020.13323a

Baierl, T. M., Bonine, K., Johnson, B., & Bogner, F. X. (2021). Biosphere 2 as an informal learning platform to assess motivation, fascination, and cognitive achievement for sustainability. *Studies in Educational Evaluation*, *70*, 101061. https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101061

Bhadri, G. N., & Patil, L. R. (2022). Blended learning: An effective approach for online teaching and learning. *Journal of Engineering Education Transformations*, *35*(1), 2394-1707.

Centre for Educational Research and I nnovation. (2016). *Innovating Education and Educating for Innovation; The Power of Digital Technologies and Skills*, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264265097-en

Dawson, V. (2007). An Exploration of High School (12–17 Year Old) Students' Understandings Of, and Attitudes Towards Biotechnology Processes. *Research in Science Education, 37(*1), 59–73. https://doi.org/10.1007/s11165-006-9016-7

Goff, E. E., Reindl, K. M., Johnson, C., McClean, P., Offerdahl, E. G., Schroeder, N. L., & White, A. R. (2017). Efficacy of a meiosis learning module developed for the virtual cell animation collection. *CBE—Life Sciences Education*, *16*(1), ar9. https://doi.org/10.1187/cbe.16-03-0141

Hamdani. 2011. *Strategi Belajar Mengajar*. Bandung : Pustaka Setia.

Harfouche, A. L., & Nakhle, F. (2020). Creating bioethics distance learning through virtual reality. *Trends in Biotechnology*, *38*(11), 1187-1192.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Animation as an aid to multimedia learning. *Educational psychology review*, *14*, 87-99.

Moher, D., & Tsertsvadze, A. (2006). Systematic reviews: when is an update an update?. *The Lancet*, *367*(9514), 881-883.

Moid, M. M., Alam, N. A. S. S., Rasidi, I. Z. A. N., Suliman, N. A., & Azman, H. H. (2021, May). Development of STEM tissue culture module in promoting plant biotechnology. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1882, No. 1, p. 012159). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012159

Mulyani, L., Alberida, H., & Ristiono, R. (2023). Literatur Review Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Keterampilan Berfikir Kritis Peserta Didik Pada Materi Sistem Respirasi Kelas X SMA. *Biochephy: Journal of Science Education*, *3*(1), 61-68.

Musa, F., Mufti, N., Latiff, R. A., & Amin, M. M. (2012). Project-based learning (PjBL): Inculcating soft skills in 21st century workplace. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *59*, 565-573. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.315

Novianto, L. A., Degeng, I. N. S., & Wedi, A. (2018). Pengembangan Multimedia Interaktif Mata Pelajaran IPA Pokok Bahasan Sistem Peredaran Darah Manusia Untuk Kelas VIII SMP Wahid Hasyim Malang. *Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan, 1*(3), 257-263.

Ocampo-López, C., Muñoz-Blandón, O., Rendón-Castrillón, L., & Ramírez-Carmona, M. (2023). Post-digital learning for rural development: A case study of open biotec MOOCs in Colombia. *Future Internet*, *15*(4), 141. https://doi.org/10.3390/fi15040141

Orhan, T. Y., & Sahin, N. (2018). The impact of innovative teaching approaches on biotechnology knowledge and laboratory experiences of science teachers. *Education Sciences*, *8*(4), 213. https://doi.org/10.3390/educsci8040213

Paš, M., Vogrinc, J., Raspor, P., Udovč Kneževič, N., & Čehovin Zajc, J. (2019). Biotechnology learning in Slovenian upper-secondary education: Gaining knowledge and forming attitudes. *Research in Science & Technological Education*, *37*(1), 110-125. https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1491473

Paš, M., Vogrinc, J., Raspor, P., Udovč Kneževič, N., & Čehovin Zajc, J. (2019). Biotechnology learning in Slovenian upper-secondary education: Gaining knowledge and forming attitudes. *Research in Science & Technological Education*, *37*(1), 110-125.

Priyambodo, E., Wiyarsi, A., & Permanasari, L. (2012). Pengaruh media pembelajaran interaktif berbasis web terhadap motivasi belajar mahasiswa. *Jurnal Kependidikan Penelitian Inovasi Pembelajaran*, *42*(2).

Puspita, L. (2008). Pembelajaran Bahasa Indonesia di Sekolah Dasar. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.

Putra, S.R. (2013). *Desain Evaluasi Belajar Berbasis Kinerja*. Yogyakarta: DIVA Press.

R Tri Priyono Budi, S., Sony Heru, P., & I Wayan Ruspendi, J. (2023). Project-based entrepreneurial learning (PBEL) a blended model for startup creations at higher education institutions. https://doi.org/10.1186/s13731-023-00276-1

Sohan, D. E., Waliczek, T. M., & Briers, G. E. (2002). Knowledge, attitudes, and perceptions regarding biotechnology among college students. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education*, *31*(1), 5-11.

Thompson, S. A., & Miller, K. L. (2018). Disruptive trends in higher education: Leadership skills for successful leaders. *Journal of Professional Nursing*. https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2017.11.008

Utomo, A. P., Hasanah, L., Hariyadi, S., Narulita, E., Suratno, & Umamah (2020). The Effectiveness of STEAM-Based Biotechnology Module Equipped with Flash Animation for Biology Learning in High School. *International Journal of Instruction*, *13*(2), 463-476. https://doi.org/10.29333/iji.2020.13232a.

Wena, M. (2011). *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer: Suatu Tinjauan Konseptual*. Jakarta: Bumi Aksara

Wisch, J. K., Farrell, E., Siegel, M., & Freyermuth, S. (2018). Misconceptions and persistence: Resources for targeting student alternative conceptions in biotechnology. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *46*(6), 602-611. https://doi.org/10.1002/bmb.21176

Yap, W. H., Teoh, M. L., Tang, Y. Q., & Goh, B. H. (2021). Exploring the use of virtual laboratory simulations before, during, and post COVID-19 recovery phase: An Animal Biotechnology case study. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *49*(5), 685-691. https://doi.org/10.1002/bmb.21562

Yulis, P. A. R., & Isda, M. N. (2021, March). Preliminary Studies of the Development of Local Wisdom-Based Biotechnology Module for Biology Students. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1842, No. 1, p. 012068). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012068

Zulpadly, Z., Harahap, F., & Edi, S. (2016). Analisis Kesulitan Belajar Siswa Materi Bioteknologi SMA Negeri Se-Kabupaten Rokan Hilir. *Jurnal Pendidikan Biologi*, *6*(1), 242-248.