



Research Article



## Pengaruh Bahan Ajar Mikrobiologi Multimedia Terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap Kemampuan Berpikir Kritis dan Komunikasi Mahasiswa

Trio Ageng Prayitno<sup>1\*</sup>, Nuril Hidayati<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Pendidikan Biologi, IKIP Budi Utomo, Indonesia

Email: [trioageng@gmail.com](mailto:trioageng@gmail.com)\*, [hidayatinuril20@gmail.com](mailto:hidayatinuril20@gmail.com)

Penerbit	ABSTRACT
Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Nusantara PGRI Kediri	<p>The use of multimedia microbiology teaching materials integrated with STEM to empower students' critical thinking and communication skills has not been carried out optimally. The aim of the study was to determine the effect of STEM (M-STEM) integrated multimedia microbiology teaching materials on students' critical thinking and communication skills. The study method is quasi-experimental through a non-equivalent control group design pretest-posttest research design. The independent variable of the study is M-STEM microbiology teaching materials, and the dependent variable of the study is students' critical thinking and communication skills. The research sample was students from the Biology Education Study Program at IKIP Budi Utomo who were taking a Microbiology course. Class A is the research experimental class and class B is the control class. The research instrument was a multiple-choice type test for pretest and posttest questions. The research data are pre-test and post-test scores from the experimental class and control class which will be tested for prerequisites (normality and homogeneity) first and then will be tested with the ANAKOVA test with SPSS. The results of this study indicate that there is an effect of STEM (M-STEM) integrated multimedia microbiology teaching materials on students' critical thinking skills (<math>\text{sig} &lt; 0.05</math>) and student communication (<math>\text{sig} &lt; 0.05</math>). The research concludes that multimedia-integrated STEM (M-STEM) microbiology teaching materials have a positive effect on students' critical thinking skills and communication.</p> <p><b>Keywords: Communication; critical thinking; multimedia, STEM</b></p>
	<p style="text-align: center;"><b>ABSTRAK</b></p> <p>Penggunaan bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM untuk memberdayakan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa belum dilakukan secara optimal. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap keterampilan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa. Metode penelitian adalah kuasi eksperimen melalui desain rancangan penelitian <i>non-equivalent control group design pretest-posttest</i>. Variabel bebas penelitian adalah bahan ajar mikrobiologi M-STEM, dan variabel terikat penelitian adalah kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa. Sampel penelitian adalah mahasiswa dari Program Studi Pendidikan Biologi di kampus IKIP Budi Utomo yang sedang mengikuti mata kuliah Mikrobiologi. Kelas A adalah kelas eksperimen penelitian dan kelas B adalah kelas kontrol. Instrumen penelitian adalah berupa</p>

tes tipe pilihan ganda untuk soal pretes dan postes. Data penelitian adalah skor pretes dan postes dari kelas eksperimen dan kelas kontrol yang akan diuji prasyarat (normalitas dan homogenitas) terlebih dahulu dan selanjutnya akan diuji dengan uji ANAKOVA dengan SPSS. Hasil penelitian ini menunjukkan ada pengaruh bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap keterampilan berpikir kritis mahasiswa ( $\text{sig}<0,05$ ) dan komunikasi mahasiswa ( $\text{sig}<0,05$ ). Simpulan penelitian adalah terdapat pengaruh positif dari pemanfaatan bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap keterampilan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa.

**Kata kunci:** Berpikir kritis, komunikasi, multimedia, STEM

## PENDAHULUAN

Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (2018) menuntut Perguruan Tinggi pada Era Revolusi Industri (RI) 4.0 agar memiliki paradigma Tri Dharma yang selaras dengan Era RI 4.0 yaitu pembelajaran tiga literasi baru seperti digital, teknologi dan human serta mengedepankan belajar sepanjang hayat. Era RI 4.0 mendesak pembelajaran tidak cukup dengan literasi lama sehingga diperlukan sebuah inovasi untuk mencari strategi dalam pengembangan kapasitas kognitif atau intelektual mahasiswa (Ahmad, 2018). Wahyuni (2018) dan Yusnaini & Slamet (2019) mengungkapkan pendidik harus memiliki kompetensi tinggi agar menstimulasi perkembangan kemampuan mahasiswa. Kompetensi mahasiswa yang harus disiapkan adalah inovatif dan kemampuan abad 21 seperti kemampuan berpikir kritis, kemampuan kreatif, kemampuan kolaborasi, dan kemampuan komunikasi (Hermana, 2019; Zubaidah, 2018). Kemampuan berpikir kritis dan kemampuan komunikasi memiliki hubungan yang sangat erat dalam diri seseorang, dimana berpikir kritis itu merupakan kemampuan menggunakan pengetahuan untuk mengetahui masalah dan menemukan solusi dengan tepat (Kozikoglu, 2019; Widiawati et al., 2018). Selanjutnya komunikasi adalah kemampuan menyampaikan gagasan dan solusi dengan cara terbaik melalui lisan dan tulisan (Zubaidah, 2018; Fajrina et al., 2020). Hasil observasi di pembelajaran Mikrobiologi pada Program Studi Pendidikan Biologi di kampus IKIP Budi Utomo menunjukkan bahwa pembelajaran mikrobiologi belum menggunakan bahan ajar yang mendukung pembelajaran Era 4.0 dengan strategi *e-learning* dan *internet of things*, serta pembelajaran belum menggunakan model yang mendukung pencapaian kemampuan berpikir kritis, kemampuan kreatif, kemampuan kolaborasi, dan kemampuan komunikasi dari mahasiswa. Masalah ini menjadi penting untuk segera diselesaikan agar lulusan memiliki bekal bermasyarakat di Era RI 4.0.

Salah satu solusi inovatif dari masalah tersebut di atas adalah penggunaan bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa. Penggunaan bahan ajar mikrobiologi M-STEM perlu dilakukan karena bahan ajar tersebut telah mengkolaborasikan digital, teknologi dan human untuk strategi pembelajaran *e-learning* dan *internet of things*. Almara'beh et al. (2016) menjelaskan bahan ajar mikrobiologi M-STEM telah memadukan teks, audio, video, internet, dan perangkat komputer serta pendukung pembelajaran yang lebih dinamis. Pembelajaran STEM atau yang dikenal dengan istilah STEM diintegrasikan ke bahan ajar mikrobiologi multimedia karena model ini dapat memberdayakan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi. Pembelajaran STEM dapat memotivasi mahasiswa untuk merencanakan, penyelidikan, engineering, interpretasikan data, berpikir kritis, berinovasi, mencipta dan berkolaborasi (Bybee, 2011; Kennedy & Odell, 2014). Penggunaan multimedia STEM education di Perguruan Tinggi

mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa Pendidikan Biologi (Hidayati & Irmawati, 2019; Hidayati et al., 2019).

Prayitno & Hidayati (2020) menyatakan bahan ajar mikrobiologi M-STEM telah dikembangkan dan memenuhi kriteria valid dari segi materi, media, kegunaan oleh dosen, dan keterbacaan oleh mahasiswa. Namun bahan ajar mikrobiologi M-STEM itu belum pernah dimanfaatkan untuk memberdayakan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa. Sedangkan di penelitian ini, bahan ajar mikrobiologi M-STEM akan dimanfaatkan untuk menguji kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa melalui metode penelitian kuasi eksperimen. Apriyanti et al. (2017), Kareem (2018), Kaur et al. (2015), Xu (2017), dan Zhang (2005) terfokus pada efektivitas multimedia pada peningkatan capaian pembelajaran dan interaksi pembelajaran. Pada penelitian El-Deghaidy & Mansour (2015), McDonald (2016), dan EL-Deghaidy et al. (2017) menjelaskan model STEM penting bagi seorang pendidik. Hidayati & Irmawati (2019) dan Hidayati et al. (2019) multimedia terintegrasi STEM education yang digunakan di Perguruan Tinggi dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa di pembelajaran anatomi fisiologi manusia melalui metode penelitian kuasi eksperimen dan metode penelitian tindakan kelas. Pada penelitian ini, STEM diintegrasikan ke multimedia dan diuji pengaruhnya terhadap kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa di pembelajaran mikrobiologi melalui metode penelitian kuasi eksperimen. Berdasarkan penjelasan pembeda penelitian dan kebaruan penelitian di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap keterampilan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah penelitian kuasi eksperimen melalui desain rancangan *non-equivalent control group design pretest-posttest* (Mahanal et al., 2010). Rancangan penelitian kuasi eksperimen tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Variabel bebas penelitian adalah bahan ajar Mikrobiologi M-STEM, dan variabel terikatnya adalah kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa.

**Tabel 1. Desain Rancangan Penelitian Kuasi Eksperimen *Non-equivalent Control Group Design pretest-posttest***

Kelas eksperimen (kelas A)	A1	P1	A2
Kelas kontrol (kelas B)	B1	P2	B2

Keterangan

A1, B1 = Pretes

A2, B2 = Postes

P1 = Pembelajaran dengan bahan ajar mikrobiologi M-STEM

P2 = Pembelajaran tanpa bahan ajar mikrobiologi M-STEM

Sampel penelitian adalah mahasiswa pada Program Studi Pendidikan Biologi di IKIP Budi Utomo yang sedang menempuh matakuliah Mikrobiologi yang terdiri atas 2 kelas (A & B). Dimana, kelas A adalah kelas eksperimen penelitian yang diberi perlakuan melalui pembelajaran dengan bahan ajar mikrobiologi M-STEM yang telah memenuhi kriteria valid dari segi materi, media, kegunaan oleh dosen, dan keterbacaan oleh mahasiswa (Prayitno & Hidayati, 2020). Sedangkan, kelas B adalah kelas kontrol penelitian yang tanpa diberi perlakuan dengan pembelajaran tanpa bahan ajar mikrobiologi M-STEM. Tampilan bahan ajar mikrobiologi M-STEM dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes tipe pilihan ganda untuk soal pretes dan

postes. Teknik pengumpulan data penelitian adalah dilakukan melalui pemberian soal pretes dan soal postes di kelas eksperimen dan kelas kontrol penelitian. Data penelitian adalah skor pretes dan postes baik kelas eksperimen dan kelas kontrol. Data skor pretes dan postes tersebut terlebih dahulu diuji dengan uji prasyarat yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Selanjutnya akan dilakukan uji hipotesis yaitu uji ANAKOVA melalui SPSS for Windows.



Gambar 1. Tampilan Bahan Ajar Mikrobiologi M-STEM untuk Menu Awal Materi Sejarah Mikrobiologi



Gambar 2. Tampilan Bahan Ajar Mikrobiologi M-STEM untuk Isi Materi Sejarah Mikrobiologi



Gambar 3. Tampilan Bahan Ajar Mikrobiologi M-STEM untuk Worksheet Terintegrasi STEM

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil atau temuan penelitian pengaruh bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap kemampuan berpikir kritis menunjukkan bahwa data kemampuan berpikir kritis mahasiswa terdistribusi normal dengan nilai signifikansi uji sebesar 0,229 ( $\text{sig} > 0,05$ ) dan terdistribusi

homogen dengan nilai signifikansi uji sebesar 0,207 ( $\text{sig} > 0,05$ ). Selanjutnya, hasil uji ANAKOVA kemampuan berpikir kritis mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Uji ANAKOVA Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa**

Source	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2	2491.738	19.151	.000
Total	40			
Corrected Total	39			

Tabel 2 menunjukkan bahwa bahan ajar mikrobiologi terintegrasi STEM (M-STEM) berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa dengan nilai signifikansi uji ANAKOVA sebesar 0,00 ( $\text{sig} < 0,05$ ).

Hasil penelitian kuasi eksperimen pengaruh bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) terhadap kemampuan komunikasi mahasiswa menunjukkan bahwa data kemampuan komunikasi terdistribusi normalitas dengan nilai signifikansi uji sebesar 0,43 ( $\text{sig} > 0,05$ ) dan homogen dengan nilai signifikansi uji sebesar 0,122 ( $\text{sig} > 0,05$ ). Selanjutnya, hasil uji ANAKOVA kemampuan komunikasi mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Uji ANAKOVA Kemampuan Komunikasi Mahasiswa**

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2	330.995	9.625	.000
Total	40			
Corrected Total	39			

Tabel 3 menunjukkan bahwa bahan ajar mikrobiologi terintegrasi STEM (M-STEM) berpengaruh terhadap kemampuan komunikasi mahasiswa dengan nilai signifikansi uji ANAKOVA sebesar 0,00 ( $\text{sig} < 0,05$ ).

Bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) berpengaruh terhadap kemampuan berpikir kritis mahasiswa ( $\text{sig} < 0,05$ ) dan keterampilan komunikasi mahasiswa ( $\text{sig} < 0,05$ ). Hal ini dikarenakan bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) mendorong interaksi dosen dengan mahasiswa menjadi lebih intens, pelaksanaan pembelajaran lebih terfokus pada capaian pembelajaran, membuat mahasiswa lebih antusias dan termotivasi dalam belajar (Hidayati & Irmawati, 2019; Almara'beh et al., 2016; Leow & Neo, 2014; Kaur et al., 2015). Bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) disajikan dengan sangat menarik yaitu memuat teks, gambar, video, musik, link *google form*, tombol navigasi, penghargaan, dan animasi. Selain itu, bahan ajar mikrobiologi M-STEM juga didesain dengan tampilan yang menarik dari aspek ukuran huruf, tata letak teks dan gambar, serta menu-menu di setiap BAB dari materi mikrobiologi yang dipelajari sehingga mudah dioperasikan oleh mahasiswa dengan menggunakan perangkat digital seperti komputer atau *handphone* dengan sistem android dan memudahkan mahasiswa dalam menguasai konsep materi yang dipelajari (Prayitno & Hidayati, 2017; Almara'beh et al., 2016; Hartoyo & Abdul Gafur, 2019; Kaur et al., 2015; Leow & Neo, 2014). Materi mikrobiologi yang disajikan pada bahan ajar mikrobiologi M-STEM dinyatakan valid dan tidak terjadi kesalahan konsep serta materi disajikan secara sistematis yaitu dimulai pada konsep materi yang sederhana ke konsep materi yang lebih kompleks sehingga menstimulus mahasiswa dalam berpikir tingkat tinggi (Hidayati, Pangestuti, et al., 2019); Hidayati & Irmawati, 2019; Azizah et al., 2018; Korres & Tsami, 2010). Selanjutnya, pada bahan ajar mikrobiologi M-STEM memuat pendekatan STEM yang dapat mengarahkan mahasiswa untuk menyelesaikan

masalah, mendiskusikan dan mengkomunikasikan solusi yang diperoleh kepada orang lain (Baharin et al., 2018). Menurut Bybee, (2011), Hidayati et al., 2019, Hidayati & Irmawati (2019), dan Kennedy & Odell (2014) bahwa pembelajaran STEM juga mampu memotivasi mahasiswa untuk merencanakan, penyelidikan, engineering, interpretasikan data, berpikir kritis, berinovasi, mencipta dan berkolaborasi.

## SIMPULAN

Bahan ajar mikrobiologi multimedia terintegrasi STEM (M-STEM) berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa dengan nilai signifikansi masing-masing sebesar 0,00 ( $\text{sig} < 0,05$ ). Bahan ajar mikrobiologi M-STEM sebagai media pembelajaran mikrobiologi dapat membantu mahasiswa untuk memahami konsep mikrobiologi dan memberdayakan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi mahasiswa. Bahan ajar mikrobiologi M-STEM dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan pembelajaran inovatif dan sebagai kajian studi lebih lanjut dalam menyajikan materi biologi lainnya yang lebih kompleks untuk kemampuan kreatif dan kolaborasi mahasiswa.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Ristek dan Teknologi (Kemendikbudristek), LLDIKTI Wilayah VII Jawa Timur, dan LPPM IKIP Budi Utomo sebagai sponsor utama pada penelitian, serta pihak lain yang terlibat pada pelaksanaan penelitian.

## RUJUKAN

- Ahmad, I. (2018). *Proses Pembelajaran Digital dalam Era Revolusi Industri 4.0*. [http://kimia.unnes.ac.id/v1/wp-content/uploads/2018/02/V11-Dirjen-Belmawa-IA\\_Belmawa-Rakernas-Ristekdikti-Medan-Final-16-01-18.pdf](http://kimia.unnes.ac.id/v1/wp-content/uploads/2018/02/V11-Dirjen-Belmawa-IA_Belmawa-Rakernas-Ristekdikti-Medan-Final-16-01-18.pdf)
- Almara'beh, H., Amer, E. F., & Sulieman, A. (2016). Effectiveness of Multimedia Learning Tools in Education. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 5(12), 761–764. [https://www.ijarcsse.com/12\\_December2015.html](https://www.ijarcsse.com/12_December2015.html)
- Apriyanti, N., Nur, R. I., Rahim, S. S. A., & Shaharom, M. S. N. (2017). The Effectiveness of Using Multimedia in Teaching Physics to Gauge Student Learning Outcomes In The Senior High School in Indonesia. *International Research Journal of Education and Sciences (IRJES)*, 1(2), 11–14. <http://www.masree.info/wp-content/uploads/2017/10/IRJES-VOL-1-ISSUE-2-ARTICLE-3-1.pdf>
- Azizah, Z. F., Kusumaningtyas, A. A., & Anugraheni, A. D. (2018). Validasi preliminary product Fung-Cube pada pembelajaran fungi untuk siswa SMA. *JURNAL BIOEDUKATIKA*, 6(1), 15–21. <https://doi.org/10.26555/bioedukatika.v6i1.7364>
- Baharin, N., Kamarudin, N., & Manaf, U. K. A. (2018). Integrating STEM Education Approach in Enhancing Higher Order Thinking Skills. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(7), 810–822. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v8-i7/4421>
- Bybee, R. W. (2011). Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms: Understanding A Framework for K-12 Science Education. In *Handbook of Conversation Design for Instructional Applications* (Issue December 2011). <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-597-9.ch013>
- El-Deghaidy, H., & Mansour, N. (2015). Science Teachers' Perceptions of STEM Education: Possibilities and Challenges. *International Journal of Learning and Teaching*, 1(1), 51–54. <https://doi.org/10.18178/ijlt.1.1.51-54>

- EL-Deghaidy, H., Mansour, N., Alzaghibi, M., & Alhammad, K. (2017). Context of STEM integration in schools: Views from in-service science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2459–2484. <https://doi.org/10.12973/EURASIA.2017.01235A>
- Fajrina, S., Lufri, & Ahda, Y. (2020). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) as A Learning Approach to Improve 21st Century Skills: A Review. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (IJOE)*, 16(07), 95. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v16i07.14101>
- Hartoyo, & Abdul Gafur, D. (2019). Development and Testing of Biology Learning Multimedia Effectiveness. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1), 1–13. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012004>
- Hermana, J. (2019). *Kompetensi yang Dibutuhkan Pada Era Disrupsi IR 4.0*. <http://konaspi.unp.ac.id/dokumen/download/?id=24>
- Hidayati, N., & Irmawati, F. (2019). Developing Digital Multimedia of Human Anatomy and Physiology Material Based on STEM Education. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 5(3), 497–510. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i3.8584>
- Hidayati, N., Irmawati, F., & Prayitno, T. A. (2019). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Biologi Melalui Multimedia STEM Education. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 4(2), 84–92. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v4i2.536>
- Hidayati, N., Pangestuti, A. A., & Prayitno, T. A. (2019). Edmodo Mobile: Developing E-Module Biology Cell for Online Learning Community. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1), 94–108. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.v12n1.94-108>
- Kareem, A. A. (2018). The Use of Multimedia in Teaching Biology and Its Impact on Students' Learning Outcomes. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences*, 9(1), 157–165. <https://dergipark.org.tr/download/article-file/531778>
- Kaur, R., Sharma, K., & Singh, S. (2015). Effectiveness of Multimedia Approach on the Academic Achievement of Class 8th students in English. *International Journal of Applied Research*, 1(9), 467–471. <http://www.allresearchjournal.com/archives/2015/vol1issue9/PartH/1-9-127.pdf>
- Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi. (2018). *Mempersiapkan SDM Indonesia di Era Industri 4.0*. <http://sdgcenter.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2018/09/Kemenristekdikti-Mempersiapkan-SDM-Indonesia-di-Era-Industri-4.0.pdf>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging Students In STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246–258. <http://www.icaseonline.net/sei/september2014/p1.pdf>
- Korres, K., & Tsami, E. (2010). Supporting the development of critical thinking skills in secondary education through the use of interdisciplinary statistics' and mathematics' problems. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, 13(5), 491–507. <https://doi.org/10.1080/09720502.2010.10700716>
- Kozikoglu, I. (2019). Investigating Critical Thinking in Prospective Teachers: Metacognitive Skills, Problem Solving Skills and Academic Self-Efficacy. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(2), 111–130. <http://jsser.org/index.php/jsser/article/view/362/371>
- Leow, F. T., & Neo, M. (2014). Interactive multimedia learning: Innovating classroom education in a Malaysian university. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(2), 99–110. <http://www.tojet.net/>

- Mahanal, S., Darmawan, E., Corebima, A. D., & Zubaidah, S. (2010). Pengaruh Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) pada Materi Ekosistem terhadap Sikap dan Hasil Belajar Siswa SMAN 2 Malang. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v1i1.179>
- McDonald, C. V. (2016). STEM Education: A Review of the Contribution of the Disciplines of Science, Technology, Engineering and Mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530–569. <http://www.icasonline.net/sei/december2016/p4.pdf>
- Prayitno, T. A., & Hidayati, N. (2017). Pengembangan Multimedia Interaktif Bermuatan Materi Mikrobiologi Berbasis Edmodo Android. *Bioilmi: Jurnal Pendidikan*, 3(2), 86–93. <https://doi.org/10.19109/bioilmi.v3i2.1399>
- Prayitno, T. A., & Hidayati, N. (2020). Multimedia Development Based on Science Technology Engineering and Mathematics in Microbiology Learning. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 5(2), 234–247. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v5i2.879>
- Wahyuni, D. (2018). Peningkatan Kompetensi Guru Menuju Era Revolusi Industri 4.0. *Info Singkat (Kajian Singkat Terhadap Isu Aktual Dan Strategis) Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI 2018*, 10(24), 13–18. [https://berkas.dpr.go.id/puslit/files/info\\_singkat/Info\\_Singkat-X-24-II-P3DI-Desember-2018-218.pdf](https://berkas.dpr.go.id/puslit/files/info_singkat/Info_Singkat-X-24-II-P3DI-Desember-2018-218.pdf)
- Widiawati, L., Joyoatmojo, S., & Sudiyanto. (2018). Higher Order Thinking Skills As Effect of Problem Based Learning in The 21st Century Learning. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 5(3), 96–105. <https://ijmmu.com/index.php/ijmmu/article/view/223>
- Xu, X. (2017). Study on Effective Using of Multimedia Teaching System and Enhancing Teaching Effect. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(6), 187–195. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i06.7093>
- Yusnaini, & Slamet. (2019). Era Revolusi Industri 4.0: Tantangan dan Peluang dalam Upaya Meningkatkan Literasi Pendidikan. *Prosiding Seminar Nasional Program Pasca Sarjana Universitas PGRI Palembang*, 1(12 Januari 2019), 1073–1085. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/Prosidingpps/article/view/2668>
- Zhang, D. (2005). Interactive Multimedia-Based E-Learning : A Study of Effectiveness. *The American Journal of Distance Education*, 19(3), 149–162. [http://www.anitacrawley.net/Resources/Articles/Interactive\\_Multimedia-Based.pdf](http://www.anitacrawley.net/Resources/Articles/Interactive_Multimedia-Based.pdf)
- Zubaidah, S. (2018). Mengenal 4C: Learning and Innovation Skills untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0. *2nd Science Education National Conference, 13 October 2018*, 1–18. [https://www.researchgate.net/publication/332469989\\_MENGENAL\\_4C\\_LEARNING\\_AND\\_INNOVATION\\_SKILLS\\_UNTUK\\_MENGHADAPI\\_ERA\\_REVOLUSI\\_INDUSTRI\\_40\\_1](https://www.researchgate.net/publication/332469989_MENGENAL_4C_LEARNING_AND_INNOVATION_SKILLS_UNTUK_MENGHADAPI_ERA_REVOLUSI_INDUSTRI_40_1)