

Penggunaan Media Pembelajaran Digital dalam Memvisualisasikan Proses Mikroskopis Ekskresi Ginjal: Studi Literatur

Intan Nisfiya ^{*1}
Muhammad Suwignyo Prayogo ²
Annisa Asykarun Ni'mah ³

^{1,2,3} Universitas Islam Negeri Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, Indonesia

*e-mail: intannisfiya14@gmail.com¹, wignyoprayogo@uinkhas.ac.id², asykarun@gmail.com³

Abstrak

Integrasi teknologi dalam pendidikan sangat penting untuk memvisualisasikan konsep-konsep abstrak, khususnya pada sistem ekskresi manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas media pembelajaran digital dalam menjelaskan proses mikroskopis pada ginjal yang sering sulit dipahami oleh siswa. Kebaruan penelitian ini terletak pada fokusnya yang secara khusus mengkaji integrasi simulasi interaktif, video animasi, dan augmented reality dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ginjal, yang masih terbatas dalam penelitian sebelumnya. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan menganalisis sumber-sumber dari basis data akademik yang berkaitan dengan media pembelajaran digital dalam pendidikan biologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media digital mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa melalui visualisasi proses filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi yang lebih jelas dan interaktif. Simulasi interaktif membantu siswa memahami proses yang tidak dapat diamati secara langsung, sementara augmented reality memberikan pengalaman belajar yang imersif. Secara keseluruhan, media pembelajaran digital efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa pada materi sistem ekskresi ginjal.

Kata kunci: Media Pembelajaran Digital, Sistem Ekskresi Ginjal, Proses Mikroskopis, Pendidikan Biologi

Abstract

The integration of technology in education is important for visualizing abstract concepts, particularly in the human excretory system. This study aims to review the effectiveness of digital learning media in explaining the microscopic processes of the kidney, which are often difficult for students to understand. This research is novel because it specifically examines the integration of interactive simulations, animated videos, and augmented reality in visualizing kidney microscopic processes, which is still limited in previous studies. The method used is a literature review by analyzing academic database sources related to digital learning media in biology education. The results show that digital media can improve students' conceptual understanding through clearer and more interactive visualization of filtration, reabsorption, and secretion processes. Interactive simulations help students understand processes that cannot be directly observed, while augmented reality provides immersive learning experiences. Overall, digital learning media is effective in improving students' conceptual understanding and learning motivation in the kidney excretory system topic.

Keywords: Digital Learning Media, Kidney Excretory System, Microscopic Processes, Biology Education

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dalam pendidikan saat ini telah mengubah cara pembelajaran berlangsung, terutama dalam membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak yang sulit diamati secara langsung. Pada materi sistem ekskresi manusia, khususnya proses mikroskopis ginjal seperti filtrasi, reabsorpsi, dan sekresi, siswa sering mengalami kesulitan karena proses tersebut terjadi pada tingkat seluler yang tidak dapat dilihat secara kasat mata. Kondisi ini menuntut adanya inovasi media pembelajaran yang mampu menyajikan konsep secara lebih konkret, visual, dan interaktif agar proses pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Implementasi Kurikulum Merdeka yang dicanangkan oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi juga mendorong pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran untuk menciptakan proses belajar yang lebih fleksibel, kontekstual, dan berpusat

pada peserta didik (Kemendikbudristek, 2022). Kebijakan tersebut memperkuat urgensi penggunaan media pembelajaran berbasis digital dalam membantu siswa memahami konsep abstrak seperti proses mikroskopis pada sistem ekskresi manusia melalui pendekatan visual dan interaktif.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa media pembelajaran digital memiliki pengaruh positif terhadap pemahaman konsep siswa. Studi So et al. (2019) menegaskan bahwa penggunaan multimedia interaktif dalam pembelajaran sains mampu meningkatkan keterlibatan dan pemahaman konsep kompleks. Penelitian (Miranda et al., 2022; Wahyudi & Fatimah 2025) juga menunjukkan bahwa video animasi efektif dalam membantu siswa memahami proses biologis yang bersifat abstrak. Selain itu, Magana et al. (2024) menemukan bahwa teknologi augmented reality dapat meningkatkan pengalaman belajar imersif dan memperkuat pemahaman konseptual siswa dalam pembelajaran biologi. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada media secara terpisah dan belum secara spesifik mengkaji integrasi berbagai media digital dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ginjal secara terpadu.

Berdasarkan hal tersebut, terdapat kesenjangan penelitian yang menunjukkan bahwa kajian mengenai integrasi simulasi interaktif, video animasi, dan augmented reality dalam satu kesatuan pembelajaran masih terbatas. Padahal, pendekatan terintegrasi berpotensi lebih efektif dalam membantu siswa memahami proses kompleks secara bertahap dan sistematis. Selain itu, perkembangan pembelajaran berbasis hybrid pascapandemi menuntut pemanfaatan media digital yang tidak hanya menarik, tetapi juga mampu menjangkau berbagai kondisi akses teknologi di sekolah, termasuk di daerah dengan keterbatasan fasilitas. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk mengkaji efektivitas media pembelajaran digital terintegrasi dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ginjal pada materi sistem ekskresi manusia.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana efektivitas penggunaan media pembelajaran digital dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ekskresi ginjal pada pembelajaran biologi, dan (2) bagaimana integrasi berbagai media pembelajaran digital, seperti simulasi interaktif, video animasi, dan augmented reality, dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa terhadap proses mikroskopis ginjal. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efektivitas penggunaan media pembelajaran digital serta mengkaji peran integrasi berbagai jenis media, seperti simulasi interaktif, video animasi, dan augmented reality, dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa terhadap proses mikroskopis ginjal.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi pembelajaran biologi yang lebih inovatif dan berbasis teknologi, khususnya dalam memvisualisasikan konsep mikroskopis yang kompleks. Hasil kajian ini juga diharapkan menjadi referensi bagi pendidik dalam memilih dan mengintegrasikan media pembelajaran digital secara efektif guna meningkatkan kualitas pembelajaran di era digital.

METODE

Metode penelitian ini menggunakan jenis penelitian studi perpustakaan (library research) yang mengkaji secara sistematis berbagai literatur ilmiah terkait pemanfaatan media pembelajaran digital dalam materi sistem ekskresi manusia di jenjang pendidikan dasar dan menengah. Subjek penelitian berupa artikel jurnal, hasil penelitian, dan laporan pengembangan media pembelajaran digital yang dapat diakses melalui database nasional maupun internasional. Kriteria pemilihan sumber meliputi publikasi 5–10 tahun terakhir, relevansi dengan media digital dalam pembelajaran biologi, serta ketersediaan data terkait pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa.

Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui identifikasi kata kunci seperti “media animasi sistem ekskresi”, “media digital interaktif biologi”, “bahan ajar digital”, dan “augmented reality dalam pembelajaran biologi” yang digunakan untuk menelusuri database jurnal dan repositori ilmiah. Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kesesuaian tema, kelengkapan data, dan kualitas publikasi. Data dari literatur terpilih dicatat secara sistematis, meliputi judul, tahun, tujuan, jenis media, metode, serta temuan utama terkait pemahaman konsep dan motivasi belajar.

Instrumen penelitian berupa lembar kaji dokumen yang digunakan untuk mengorganisasi informasi dari setiap artikel, mencakup identitas penelitian, jenis media digital, materi, tingkat pendidikan, metode, hasil, dan implikasi. Data dianalisis secara kualitatif melalui teknik analisis dokumen dengan tahapan reduksi data, penyajian dalam bentuk sintesis naratif, serta penarikan kesimpulan berdasarkan pola temuan dari berbagai studi terdahulu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran digital memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep siswa, khususnya pada materi biologi seperti sistem ekskresi. Temuan (E.Mayer, 2020) menyatakan bahwa integrasi unsur visual dan verbal dalam pembelajaran mampu meningkatkan pemrosesan informasi siswa. Temuan lain, Miranda et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan media animasi secara signifikan meningkatkan hasil belajar dibandingkan dengan media konvensional seperti PowerPoint.

Selain itu, Penggunaan multimedia dalam proses pembelajaran dapat membuat konsep yang tidak dapat divisualisasikan menjadi lebih konkrit sehingga siswa mudah memahami konsep yang diajarkan (Jannah & Pratiwi, 2021;Zulkarnaini et al., 2025). Penelitian Simarmata et al. (2024) menunjukkan bahwa media video animasi berbasis Problem Based Learning pada materi sistem ekskresi memiliki tingkat validitas yang tinggi dan layak digunakan dalam pembelajaran. Penelitian Kusumadyanta & Wibowo (2024) juga menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis aplikasi Android efektif digunakan dalam pembelajaran sistem ekskresi di tingkat SMA.

Di sisi lain, pengembangan media digital dalam bentuk yang lebih inovatif seperti komik digital, flipbook, dan media tiga dimensi juga memberikan hasil yang positif dalam pembelajaran. Penelitian Suwanda et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan komik digital mampu meningkatkan minat belajar dan pemahaman siswa pada materi sistem ekskresi.

Selanjutnya, penelitian (Andi et al., 2023;Nurwidiyanti & Sari, 2022) menemukan bahwa media berbasis flipbook dapat meningkatkan literasi sains siswa. Juga, penggunaan media seperti animasi, simulasi, dan e-flipbook membantu siswa memahami konsep melalui visualisasi yang lebih konkret dan interaktif (Ulva et al., 2025). Selain itu, penelitian Pratiwi & Afandi (2022) menunjukkan bahwa media tiga dimensi berbasis Android memiliki tingkat kelayakan yang tinggi dan efektif digunakan dalam membantu visualisasi konsep sistem ekskresi.

Selain itu, penggunaan teknologi imersif seperti virtual reality dan augmented reality memberikan dampak positif terhadap keterlibatan dan pengalaman belajar siswa. Penelitian Radianti et al. (2020) menunjukkan bahwa teknologi imersif memungkinkan siswa memahami konsep kompleks melalui simulasi yang menyerupai kondisi nyata. Temuan lain dari Garzón & Acevedo (2019) menunjukkan bahwa visualisasi tiga dimensi membantu siswa dalam memahami struktur dan proses biologis yang tidak dapat diamati secara langsung.

Temuan lain dari penelitian terbaru menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis virtual reality memiliki pengaruh positif terhadap hasil belajar siswa, dengan efek sedang terhadap peningkatan pencapaian akademik dalam berbagai konteks pembelajaran kolaboratif (Chen et al., 2026). Selain itu, studi lain menunjukkan bahwa lingkungan virtual mampu meningkatkan keterlibatan kognitif, perilaku, dan afektif siswa serta membantu pemahaman konsep yang bersifat abstrak melalui pengalaman belajar yang imersif (Lin et al., 2024)

Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan multimodal yang menggabungkan simulasi interaktif, video animasi, dan augmented reality memberikan hasil yang lebih optimal dalam pembelajaran. Integrasi berbagai media digital tersebut terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep siswa, keterlibatan dalam proses belajar, serta motivasi belajar secara keseluruhan, khususnya pada materi sistem ekskresi yang memiliki karakteristik kompleks dan bersifat mikroskopis.

Tabel.1 Ringkasan Hasil Kajian Literatur

Kategori Temuan	Uraian Temuan	Sumber
Multimedia (Visual & Verbal)	Integrasi unsur visual dan verbal meningkatkan pemrosesan informasi dan pemahaman konsep siswa	(E.Mayer, 2020), (Hamidah et al., 2025)
Animasi	Media animasi lebih efektif dibandingkan media konvensional dalam meningkatkan hasil belajar	(Miranda, Setiadi, et al., 2022), (Samosir et al., 2021)
Multimedia Interaktif	Multimedia membantu mengonkretkan konsep abstrak sehingga lebih mudah dipahami siswa	(Jannah & Pratiwi, 2021), (Zulkarnaini et al., 2025)
Video Pembelajaran	Media video animasi berbasis Problem Based Learning valid dan layak digunakan dalam pembelajaran	(Simarmata et al., 2024)
Aplikasi Android	Media berbasis aplikasi Android efektif meningkatkan pemahaman siswa	(Kusumadyanta & Wibowo, 2024)
Media Visual Inovatif	Komik digital dan flipbook meningkatkan minat belajar dan literasi sains siswa	(Andi et al., 2023), (Nurwidiyanti & Sari, 2022), (Suwanda et al., 2023)
Simulasi digital	Animasi, simulasi, dan e-flipbook membantu visualisasi konsep secara interaktif	(Ulva et al., 2025)

Media 3D	Media tiga dimensi efektif (Pratiwi & Afandi, 2022) dalam membantu visualisasi konsep abstrak
Visualisasi 3D	Visualisasi tiga dimensi (Garzón & Acevedo, 2019) membantu memahami struktur biologis yang tidak terlihat langsung
Teknologi Imersif	VR dan AR meningkatkan (Lin et al., 2024), (Chen et al., 2026), (Radianti et al., 2020) pengalaman belajar, pemahaman konsep, dan keterlibatan siswa

Pembahasan

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran digital efektif dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ekskresi ginjal sekaligus meningkatkan pemahaman konsep siswa. Secara teoretis, efektivitas ini dapat dijelaskan melalui *cognitive theory of multimedia learning*, di mana integrasi informasi visual dan verbal memungkinkan terjadinya pemrosesan ganda (*dual coding*) (Idrus & Isyanto, 2023; Lin et al., 2024). Mekanisme ini berkontribusi pada peningkatan retensi dan transfer pengetahuan, terutama pada materi sistem ekskresi yang bersifat abstrak dan tidak dapat diamati secara langsung. Dengan demikian, keberhasilan media digital terletak pada kemampuannya menyajikan representasi konseptual yang selaras dengan cara kerja kognitif siswa.

Lebih lanjut, efektivitas media digital dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ginjal terlihat dari kemampuannya menyederhanakan proses kompleks seperti filtrasi, reabsorpsi, dan augmentasi. Penggunaan animasi, simulasi, dan video interaktif terbukti mampu menurunkan *cognitive load* siswa (Aswatun et al., 2025; Sweller et al., 2019). Sehingga memungkinkan terbentuknya *mental model* yang lebih akurat. Dengan demikian, media digital tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai mediator kognitif yang menjembatani konsep abstrak menjadi pengalaman belajar yang lebih konkret.

Integrasi berbagai perkembangan media inovatif seperti komik digital, flipbook, dan media berbasis aplikasi menunjukkan bahwa aspek afektif juga berperan penting dalam pembelajaran. Peningkatan minat dan motivasi belajar yang ditemukan dalam berbagai penelitian mengindikasikan bahwa desain media yang menarik secara visual dan interaktif mampu menciptakan *engagement* yang lebih tinggi. Keterlibatan ini tidak hanya berdampak pada perhatian siswa, tetapi juga pada kedalaman pemrosesan informasi. Artinya, semakin tinggi keterlibatan siswa, semakin besar peluang terjadinya pembelajaran bermakna (*meaningful learning*).

Temuan baru dari kajian ini menunjukkan bahwa efektivitas media digital tidak hanya ditentukan oleh jenis media yang digunakan, tetapi oleh tingkat integrasi antar media dalam membangun representasi berlapis (*layered representation*). Artinya, pembelajaran yang menggabungkan visualisasi makroskopis (misalnya struktur ginjal), mikroskopis (proses nefron), dan simulasi dinamis (alur filtrasi) secara terintegrasi menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam dibandingkan penyajian yang terpisah. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian terbaru yang menekankan pentingnya integrasi multimodal dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa (Zhang et al., 2023).

Selain itu, kajian ini juga menemukan bahwa media digital berpotensi mengembangkan keterampilan metakognitif siswa, terutama ketika media dirancang interaktif (misalnya melalui simulasi yang memungkinkan eksplorasi mandiri). Siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi

juga mengontrol proses belajarnya, seperti mengulang materi, mengamati perubahan variabel, dan mengevaluasi pemahamannya sendiri. Hal ini menunjukkan bahwa media digital dapat berkontribusi tidak hanya pada hasil belajar kognitif, tetapi juga pada regulasi diri dalam belajar.

Namun demikian, efektivitas media digital tidak bersifat otomatis. Hasil kajian juga mengindikasikan bahwa keberhasilan implementasi sangat dipengaruhi oleh desain instruksional dan integrasi pedagogis. Media yang tidak dirancang sesuai prinsip pembelajaran justru berpotensi menimbulkan *extraneous cognitive load* yang menghambat pemahaman (Kurt, 2025). Oleh karena itu, penggunaan media digital harus mempertimbangkan prinsip-prinsip seperti segmentasi, koherensi, dan signaling agar informasi yang disampaikan tetap terstruktur dan mudah diproses oleh siswa.

Selanjutnya, pemanfaatan teknologi imersif seperti virtual reality (VR) dan augmented reality (AR) menunjukkan dimensi baru dalam pembelajaran biologi. Teknologi ini memungkinkan siswa mengalami simulasi yang mendekati kondisi nyata, sehingga meningkatkan keterlibatan kognitif, afektif, dan psikomotorik secara simultan. Dalam konteks sistem ekskresi, VR dan AR memungkinkan eksplorasi struktur organ secara tiga dimensi serta pemahaman proses fisiologis secara real-time. Hal ini memperkuat pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*), yang terbukti lebih efektif dalam memahami konsep kompleks dibandingkan pendekatan ekspositori.

Lebih jauh lagi, integrasi berbagai jenis media dalam pendekatan multimodal terbukti memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan penggunaan media tunggal. Kombinasi animasi, simulasi, dan teknologi imersif menciptakan lingkungan belajar yang kaya representasi, sehingga mendukung berbagai gaya belajar siswa. Pendekatan ini juga selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan pada keterampilan berpikir kritis, literasi digital, dan kemampuan memecahkan masalah (Dewi, 2015).

Meski demikian, terdapat tantangan dalam implementasi media digital, seperti keterbatasan infrastruktur, kompetensi guru dalam mengintegrasikan teknologi, serta potensi distraksi bagi siswa (Rahmi et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan strategi yang komprehensif, meliputi pelatihan guru, pengembangan media yang adaptif, serta kebijakan pendidikan yang mendukung integrasi teknologi secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa media pembelajaran digital efektif dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ekskresi ginjal dan meningkatkan pemahaman konsep siswa, terutama ketika diintegrasikan secara multimodal. Temuan baru penelitian ini menekankan pentingnya integrasi berlapis antar media serta peran media digital dalam mengembangkan metakognisi siswa, yang menjadi kontribusi penting dalam pengembangan pembelajaran biologi berbasis teknologi.

KESIMPULAN

Penggunaan media pembelajaran digital terbukti efektif dalam memvisualisasikan proses mikroskopis ekskresi ginjal serta meningkatkan pemahaman konsep siswa. Media seperti animasi, simulasi interaktif, dan augmented reality mampu menyajikan konsep abstrak secara lebih konkret dan mengurangi beban kognitif siswa. Integrasi berbagai media dalam pendekatan multimodal memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan penggunaan media tunggal. Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa efektivitas media digital dipengaruhi oleh integrasi berlapis antar media (*layered representation*) yang mampu menghubungkan visualisasi makroskopis, mikroskopis, dan dinamis. Selain itu, media digital juga berpotensi mengembangkan keterampilan metakognitif siswa dalam proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

Andi, I. N., Citrawathi, D. M., & Dewi, N. P. S. R. (2023). Media Pembelajaran Berbasis Flipbook pada Materi Sistem Ekskresi untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Kelas XI SMA. *Jurnal media*

- dan teknologi pendidikan*, 3(1). <https://doi.org/10.23887/jmt.v3i1.52961>
- Aswatun, M., Haifatrrahmah, & Sari, N. (2025). EFEKTIVITAS VIDEO PEMBELAJARAN ANIMASI DALAM MENINGKATKAN MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR SISWA SEKOLAH DASAR. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(4).
- Chen, C.-H., Kuo, P.-J., & Chang, S.-H. (2026). Effects of virtual reality-based collaborative learning on students' learning achievement: A meta-analysis. *ScienceDirect*. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2026.100785>
- Dewi, F. (2015). PROYEK BUKU DIGITAL: UPAYA PENINGKATAN KETERAMPILAN ABAD 21 CALON GURU SEKOLAH DASAR MELALUI MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS PROYEK. *UPI*, 9(2), 1–15.
- E.Mayer, R. (2020). *Multimedia Learningng*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of augmented reality in education. *Educational Research Review*. *Educational Research Review*. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100284>
- Hamidah, U., Muhtarom, Purwanti, E., & Maisaroh, I. (2025). Penggunaan Media visual dalam meningkatkan kemampuan komunikasi pada anak speech delay di SD Alam Pringsewu. *Jurnal Ilmiah Pembelajaran Sekolah Dasar*, 7(1), 79–87.
- Idrus, & Isyanto, N. (2023). *Pembelajaran berbasis kognitif multimedia pada kalbu perspektif al-qur'an*. 9(02), 89–98.
- Jannah, A. R., & Pratiwi, N. (2021). *Pengembangan bahan ajar digital pada materi sistem ekskresi manusia untuk siswa SMP kelas VIII*. 1(3), 206–215. <https://doi.org/10.17977/um067v1i3p206-215>
- Kemendikbudristek. (2022). *Rencana strategis (Renstra) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Kurt, D. S. (2025). *Cognitive Load Theory: Principles, Learning Processes, and Implications for Instructional Design*. Educational technology. <https://educationaltechnology.net/cognitive-load-theory-principles-learning-processes-and-implications-for-instructional-design/>
- Kusumadyanta, V. D. S., & Wibowo, Y. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Aplikasi Android Pada Materi Sistem Ekskresi Kelas XI SMA. *Jurnal ilmiah pendidikan biologi*, 10(3). <https://doi.org/10.22437/biodik.v10i3.20456>
- Lin, X. P., Li, B. Bin, Yao, Z. N., & Zhang, M. (2024). The impact of virtual reality on student engagement in the classroom—a critical review of the literature. *National Library of medicine*, 1(3), 206–215. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1360574>
- Magana, Y. Z., Feijoo-Garcia, M. A., Gu, Y., Popescu, V., Benes, B., & J., A. (2024). *Virtual and Augmented Reality in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: An Umbrella Review*. 15(9). <https://doi.org/10.3390/info15090515>
- Miranda, R. C., Setadi, A. E., Sunandar, A., Studi, P., Biologi, P., & Keguruan, F. (2022). *Efektivitas Media Animasi terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Sistem Ekskresi Manusia*. 7(2). <https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i2.6396>
- Miranda, R. C., Setiadi, A. E., & Sunandar, A. (2022). Efektivitas Media Animasi terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Sistem Ekskresi Manusia. *Biosfer: Jurnal biologi dan pendidikan biologi*, 7(2). <https://doi.org/10.23969/biosfer.v7i2.6396>
- Nurwidiyanti, A., & Sari, P. M. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Flipbook Berbasis Literasi Sains pada Pembelajaran IPA Sekolah Dasar. *Jurnal basicedu*, 6(4), 6949–6959. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3421>
- Pratiwi, M. A., & Afandi, B. (2022). Pengembangan Media 3 Dimensi Berbasis Android pada Materi Sistem Ekskresi. *Diklabio: Jurnal pendidikan dan pembelajaran biologi*, 6(1), 33–37. <https://doi.org/10.33369/diklabio.6.1.33-37>

- Radianti, J., Majchrzak, tim A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Science Direct*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rahmi, A. N., Buabara, H., Fikriyah, A., & Miyazaki, N. (2024). Tantangan dan Solusi Dalam Menghadapi Era Digital : Pendidikan Anak di Zaman Teknologi. *UPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 3(3). <https://jurnal.jomparnd.com/index.php/jp>
- Samosir, M. O., Pratiwi, W. D., Nurhasanah, E., & Karawang, U. S. (2021). *EDUKATIF : JURNAL ILMU PENDIDIKAN Keefektifan Media Animasi dalam Meningkatkan Keterampilan Mendongeng pada Siswa Sekolah Menengah Pertama*. 3(5), 3215–3228. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i5.1248>
- Simarmata, I. S., Sumampouw, H. M., & Satiman, U. (2024). Pengembangan Multimedia Berbasis Video Animasi Pembelajaran Biologi dengan Tipe PBL Materi Sistem Ekskresi pada MAN Model 1 Manado. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1). <https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.13635>
- So, W. W. M., Chen, Y., & Wan, Z. H. (2019). Multimedia e-Learning and Self-Regulated Science Learning: a Study of Primary School Learners' Experiences and Perceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 28, 508–522.
- Suwanda, N. A., Ulfa, S. W., & Adlini, M. N. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Komik Digital Biologi Berbasis Pendidikan Karakter Pada Materi Sistem Ekskresi Untuk Peserta Didik Kelas XI SMA. *Jurnal pendidikan dan ilmu sosial*, 2(4). <https://doi.org/10.57218/jupeis.Vol2.Iss4.839>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2019). *Cognitive load theory in multimedia learning*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Ulva, S., Dita, N., Daningsih, E., & Candramila, W. (2025). *E-FLIPBOOK UNTUK MATERI FITOPLANKTON : INOVASI MEDIA PEMBELAJARAN DIGITAL BIOLOGI E-FLIPBOOK FOR FITOPLANKTON MATERIAL : AN INNOVATION IN*. 9, 75–88.
- Wahyudi, I. R., & Fatimah, F. (2025). *Efektivitas Media Video Animasi Terhadap Hasil Belajar Biologi Materi Sistem Pernapasan : Studi Kuasi Eksperimen di MA Miftahul Ulum Suren Efektivitas Media Video Animasi Terhadap Hasil Belajar Biologi Materi Sistem Pernapasan : Studi Kuasi Eksperimen di MA Miftahul Ulum Suren*. 5(10), 1145–1153.
- Zhang, L., Carter, R. A., & Qian, Y. (2023). Effects of multimedia learning on students' conceptual understanding: A meta-analysis. *Computers & Education*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104652>
- Zulkarnaini, A. P., Fitri, U., Kharisma, I., Yufengky, J., Lestari, A., & Ridha, M. (2025). Pemanfaatan Media Digital pada Pembelajaran Dasar-Dasar Biologi: Studi Survei Mahasiswa PGSD Semester 2. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(1). <https://doi.org/10.31004/jptam.v9i2.30531>