

Pengaruh *Artificial Intelligence (Ai) Lumen5* dalam Pembelajaran Biologi Terhadap Kemandirian Belajar Siswa

Sarfiana Yasse¹, Sitti Asmah², Sri Wahyuni^{3*}

^{1,2,3} Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Bone, Indonesia

*Email corresponden: sriwahyuni@unimbone.ac.id

ABSTRAK

Kemandirian belajar siswa dalam pembelajaran Biologi masih tergolong rendah karena proses pembelajaran yang berlangsung secara konvensional dan berpusat pada guru, sementara materi Biologi banyak memuat konsep abstrak yang memerlukan visualisasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan kemandirian belajar siswa antara pembelajaran Biologi berbantuan *Artificial Intelligence (AI) Lumen5* dan pembelajaran konvensional di SMA Negeri 18 Bone. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimen semu tipe posttest-only control group design. Sampel terdiri atas 60 siswa kelas X yang dipilih melalui purposive sampling, meliputi 30 siswa kelas eksperimen dan 30 siswa kelas kontrol. Data dikumpulkan menggunakan angket kemandirian belajar berbasis lima indikator, yaitu inisiatif dan keterampilan belajar, perencanaan belajar, pemantauan belajar, eksekusi belajar, dan evaluasi belajar, kemudian dianalisis melalui statistik deskriptif dan inferensial (uji normalitas, uji homogenitas, dan independent samples t-test). Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kemandirian belajar kelas eksperimen sebesar 86,03, lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 81,13, dengan nilai signifikansi t-test sebesar 0,002 ($p < 0,05$). Temuan ini membuktikan bahwa pembelajaran Biologi berbantuan AI *Lumen5* berpengaruh signifikan terhadap kemandirian belajar siswa melalui penyajian materi audiovisual yang fleksibel, menarik, dan mudah diakses, sehingga dapat dipertimbangkan sebagai alternatif media pembelajaran Biologi di sekolah menengah.

Kata Kunci: Kemandirian Belajar; Media Pembelajaran; Pembelajaran Biologi; AI *Lumen5*.

ABSTRACT

Students' learning independence in Biology instruction remains relatively low because classroom learning is still teacher-centered and conventional, whereas Biology contains many abstract concepts that require visualization. This study aimed to analyze the difference in students' learning independence between Biology instruction assisted by Artificial Intelligence (AI) Lumen5 and conventional instruction at SMA Negeri 18 Bone. A quantitative approach with a quasi-experimental posttest-only control group design was employed. The sample consisted of 60 tenth-grade students selected through purposive sampling, comprising 30 students in the experimental class and 30 in the control class. Data were collected using a learning-independence questionnaire based on five indicators-learning initiative and skills, learning

planning, learning monitoring, learning execution, and learning evaluation-and analyzed descriptively and inferentially (normality test, homogeneity test, and independent samples t-test). The results showed that the mean learning-independence score of the experimental class was 86.03, higher than that of the control class at 81.13, with a t-test significance value of 0.002 ($p < 0.05$). These findings indicate that AI Lumen5-assisted Biology instruction significantly affects students' learning independence through flexible, engaging, and easily accessible audiovisual materials, and may thus be considered an alternative instructional medium for secondary-level Biology.

Keywords: AI Lumen5; Biology instruction; instructional media; learning independence; quasi-experimental.

PENDAHULUAN

Era pendidikan abad ke-21 menuntut transformasi paradigma pembelajaran dari model yang berpusat pada guru menuju pembelajaran yang lebih personal, fleksibel, dan berbasis teknologi, sejalan dengan pesatnya adopsi *Artificial Intelligence* (AI) di berbagai jenjang pendidikan (Waita, Yiswi, & Kristiahadi, 2025). Kajian bibliometrik terhadap ratusan publikasi internasional pada rentang tahun 2000-2025 menegaskan bahwa riset mengenai integrasi AI dalam pendidikan biologi mengalami peningkatan tajam sejak 2018 dan mencapai puncaknya pada 2023, yang menandakan bahwa pemanfaatan AI sebagai alat bantu visualisasi konsep biologi yang abstrak masih menjadi bidang kajian yang terus berkembang dan relevan untuk dieksplorasi lebih lanjut (Lidiastuti, Rahmawati, & Fadillah, 2025). Kondisi ini sejalan dengan karakteristik biologi sebagai cabang ilmu pengetahuan alam yang sarat konsep, proses, dan struktur yang memerlukan representasi visual agar mudah dipahami peserta didik, seperti struktur sel, mekanisme genetika, hingga dinamika ekosistem (Harefa, Lase, & Zega, 2022).

Kajian literatur terhadap pembelajaran biologi berbasis AI di Indonesia mengungkap bahwa aplikasi pembuat video pembelajaran berbasis kecerdasan buatan telah banyak dimanfaatkan sebagai sumber belajar dan alat bantu pemahaman konsep pada materi sistem pencernaan, ekskresi, keanekaragaman hayati, ekosistem, dan genetika, sekaligus mendukung aktivitas diskusi dan kolaborasi siswa. Salah satu platform yang banyak digunakan untuk keperluan tersebut adalah *Lumen5*, yaitu aplikasi berbasis AI yang mengonversi teks menjadi video pembelajaran audiovisual tanpa memerlukan keterampilan desain atau penyuntingan video dari penggunanya (Sawitri, 2025). Efektivitas *Lumen5* telah dibuktikan pada berbagai konteks mata pelajaran, misalnya pengembangan video pembelajaran materi hidrokarbon yang dinyatakan sangat layak digunakan secara teoretis maupun praktis (Kimia, Keguruan, & Jambi, 2025), maupun pada peningkatan keterampilan berpikir kritis peserta didik melalui perbedaan skor pretest-posttest yang signifikan setelah pembelajaran berbantuan *Lumen5*. Sejumlah program pelatihan bagi guru pada 2025 turut memperkuat urgensi literasi AI di kalangan pendidik untuk memproduksi konten video pembelajaran secara mandiri (Kanthi, Amien, Maulidi, Sijabat, & Palandi, 2025).

Meskipun berbagai kajian tersebut telah menunjukkan kelayakan dan dampak positif *Lumen5* terhadap hasil belajar, keterampilan berpikir kritis, maupun keterlibatan siswa, penelitian yang secara spesifik mengaitkan pemanfaatan *Lumen5* dengan kemandirian belajar (*self-directed learning*) siswa pada pembelajaran Biologi di jenjang SMA masih terbatas. Kesenjangan penelitian ini menjadi penting untuk dikaji mengingat kemandirian belajar merupakan kompetensi fundamental abad ke-21 yang menuntut peserta didik mampu mengelola waktu, menetapkan tujuan, memantau proses, serta mengevaluasi hasil belajarnya secara mandiri, sebagaimana ditegaskan dalam kajian *self-regulated learning* di berbagai jenjang pendidikan (Afidah & Waluya, 2024; Damayanti & Afriansyah, 2024). Kebaruan penelitian ini terletak pada pengintegrasian media video berbasis AI *Lumen5* secara khusus pada pembelajaran Biologi sekolah menengah atas dengan variabel terikat kemandirian belajar yang diukur melalui lima indikator sekaligus, yaitu inisiatif dan keterampilan belajar, perencanaan belajar, pemantauan belajar, eksekusi belajar, dan evaluasi belajar, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif dibandingkan penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada kelayakan media atau hasil belajar kognitif semata.

Urgensi kajian ini semakin nyata bila dikaitkan dengan kondisi riil di lapangan. Berdasarkan hasil observasi awal bersama guru Biologi di SMA Negeri 18 Bone, tingkat kemandirian belajar siswa masih tergolong rendah. Sebagian besar siswa belum mampu mengelola waktu belajar secara mandiri, jarang mencari referensi tambahan di luar penjelasan guru, dan belum terbiasa memanfaatkan teknologi digital sebagai penunjang pembelajaran. Pembelajaran Biologi di sekolah tersebut juga masih didominasi metode ceramah dan buku teks, sehingga siswa cenderung pasif serta bergantung sepenuhnya pada penjelasan guru dalam memahami konsep-konsep kompleks seperti sistem organ, genetika, dan ekosistem. Kondisi ini memperkuat temuan bahwa penerapan teknologi berbasis AI di sekolah masih menghadapi kendala berupa rendahnya literasi digital guru dan siswa serta minimnya pelatihan pemanfaatan media digital dalam pembelajaran (Hanila & Alghaffaru, 2023; Pakpahan, Studi, Informasi, & Bina, 2021).

Secara teoretis, keunggulan *Lumen5* dalam memadukan teks, gambar, animasi, dan audio sejalan dengan *Cognitive Theory of Multimedia Learning* yang menyatakan bahwa proses belajar berlangsung lebih efektif apabila informasi disajikan melalui kombinasi kata dan gambar secara bersamaan (Mayer, 2021). Prinsip ini semakin relevan pada era kecerdasan buatan, sebagaimana ditunjukkan oleh kajian implementasi teori multimedia pada perancangan asisten video edukatif berbasis AI yang mampu meningkatkan pemahaman dan keterlibatan pengguna secara signifikan (Alshaikh, Al-Malki, & Almasre, 2024). Dengan demikian, integrasi *Lumen5* pada pembelajaran Biologi diduga tidak hanya memperjelas penyajian konsep abstrak, tetapi juga membuka ruang bagi siswa untuk mengulang, mengatur ritme, dan mengevaluasi pemahamannya secara mandiri, yang merupakan inti dari konstruk

kemandirian belajar. Berdasarkan uraian fenomena, kesenjangan penelitian, dan kajian teoretis tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan kemandirian belajar siswa antara pembelajaran Biologi yang dibantu AI *Lumen5* dan pembelajaran konvensional di SMA Negeri 18 Bone.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen semu (*quasi-experimental design*) tipe *posttest-only control group design*, yang dipilih karena peneliti melibatkan dua kelas yang telah tersedia secara alami di sekolah tanpa melakukan pengacakan individu. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas X SMA Negeri 18 Bone yang berjumlah 184 orang, tersebar pada enam kelas paralel. Sampel penelitian ditentukan melalui teknik purposive sampling sehingga diperoleh 60 siswa yang terbagi menjadi kelas X E.1 sebagai kelas eksperimen (30 siswa) yang memperoleh pembelajaran Biologi berbantuan media video AI *Lumen5*, dan kelas X E.2 sebagai kelas kontrol (30 siswa) yang memperoleh pembelajaran konvensional tanpa media *Lumen5*. Kedua kelas memperoleh materi ajar dan alokasi waktu yang setara agar perbedaan hasil dapat dikaitkan secara langsung dengan perlakuan media pembelajaran yang diberikan.

Instrumen utama penelitian berupa angket kemandirian belajar yang disusun berdasarkan lima indikator, yaitu inisiatif dan keterampilan belajar, perencanaan belajar, pemantauan belajar, eksekusi belajar, dan evaluasi belajar, terdiri atas 25 pernyataan dengan empat pilihan jawaban berskala Likert (sangat sering, sering, kadang-kadang, dan tidak pernah) yang diberi skor 4 hingga 1. Angket telah melalui pengujian validitas dan reliabilitas sebelum digunakan sebagai alat ukur di lapangan, sehingga layak digunakan untuk mengukur kemandirian belajar siswa. Data juga dilengkapi dengan teknik dokumentasi berupa foto, catatan, dan data pendukung dari pihak sekolah. Pengumpulan data dilakukan satu kali pada akhir pembelajaran (posttest) setelah kedua kelas menyelesaikan rangkaian pembelajaran sesuai perlakuan masing-masing.

Data dianalisis melalui dua tahap, yaitu analisis statistik deskriptif dan analisis statistik inferensial dengan bantuan SPSS for Windows versi 26. Analisis deskriptif digunakan untuk menghitung nilai rata-rata (mean), median, standar deviasi, nilai minimum-maksimum, serta distribusi frekuensi dan persentase kemandirian belajar pada masing-masing kelas, yang selanjutnya dikategorikan ke dalam lima kategori (sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah). Analisis inferensial diawali dengan uji prasyarat berupa uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* (karena jumlah sampel per kelompok kurang dari 50) dan uji homogenitas varians menggunakan uji Levene, dengan kriteria data dinyatakan normal dan homogen apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05. Setelah data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan independent samples t-test pada taraf signifikansi 0,05 untuk menentukan ada tidaknya pengaruh penggunaan AI *Lumen5*

terhadap kemandirian belajar siswa, dengan kriteria H_0 ditolak apabila nilai signifikansi (*2-tailed*) lebih kecil dari 0,05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian melibatkan 60 siswa kelas X SMA Negeri 18 Bone yang terbagi atas kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing berjumlah 30 siswa. Hasil analisis statistik deskriptif terhadap skor angket kemandirian belajar pada kedua kelompok disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Skor Kemandirian Belajar

Statistik	n	Mean	SD	Min-Maks
Kelas eksperimen (AI <i>Lumen5</i>)	30	86,03	5,404	77–96
Kelas kontrol (konvensional)	30	81,13	6,056	71–92

Sumber: Olahan data SPSS versi 26 (2026).

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata skor kemandirian belajar kelas eksperimen (86,03) lebih tinggi daripada kelas kontrol (81,13), dengan standar deviasi kedua kelompok yang relatif kecil (5,404 dan 6,056), yang mengindikasikan sebaran data yang cukup homogen pada masing-masing kelompok. Pola ini diperkuat oleh distribusi frekuensi dan persentase kategori kemandirian belajar sebagaimana disajikan pada Tabel 2, yang menunjukkan bahwa proporsi siswa dengan kategori sangat tinggi jauh lebih besar pada kelas eksperimen (36%) dibandingkan kelas kontrol (13%), sementara seluruh siswa kelas eksperimen berada pada kategori tinggi hingga sangat tinggi tanpa satu pun berada pada kategori sedang, rendah, atau sangat rendah.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi dan Persentase Kategori Kemandirian Belajar

Kategori (interval skor)	Eksperimen n (%)	Kontrol n (%)
Sangat tinggi (89–100)	11 (36%)	4 (13%)
Tinggi (72–88)	19 (64%)	25 (84%)
Sedang (55–71)	0 (0%)	1 (3%)

Sumber: Olahan data angket penelitian (2026).

Hasil uji prasyarat menunjukkan bahwa data kedua kelompok berdistribusi normal, dengan nilai signifikansi uji *Shapiro-Wilk* sebesar 0,454 pada kelas eksperimen dan 0,390 pada kelas kontrol (keduanya $> 0,05$). Uji homogenitas melalui *Levene's test* berdasarkan mean menghasilkan nilai signifikansi 0,567 ($> 0,05$), sehingga varians kedua kelompok dinyatakan homogen dan data memenuhi syarat untuk dianalisis menggunakan *independent samples t-test* dengan asumsi varians sama. Hasil

pengujian hipotesis menunjukkan nilai signifikansi (*2-tailed*) sebesar 0,002 ($< 0,05$), sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti terdapat pengaruh yang signifikan antara penggunaan media AI *Lumen5* dan kemandirian belajar siswa pada pembelajaran Biologi di SMA Negeri 18 Bone.

Temuan ini mengonfirmasi bahwa pembelajaran Biologi berbantuan AI *Lumen5* berkontribusi secara nyata terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa dibandingkan pembelajaran konvensional. Merujuk pada konsep *self-directed learning*, kemandirian belajar merupakan proses ketika peserta didik secara aktif mengambil inisiatif untuk mengenali kebutuhan belajarnya, menentukan tujuan, memilih strategi yang sesuai, serta menilai hasil belajarnya sendiri (Maola et al., 2024). Definisi ini menunjukkan bahwa siswa yang mandiri tidak sekadar menerima informasi secara pasif dari guru, melainkan turut mengelola proses belajarnya secara aktif. Dalam penelitian ini, *Lumen5* memberikan akses yang fleksibel terhadap materi pembelajaran melalui video yang dapat diputar ulang kapan saja, sehingga siswa memiliki kendali lebih besar atas ritme dan strategi belajarnya.

Peningkatan kemandirian belajar pada kelas eksperimen dapat dijelaskan melalui karakteristik *Lumen5* yang menyajikan materi dalam bentuk audiovisual yang memadukan teks, gambar, animasi, dan narasi. Sejalan dengan *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, proses belajar akan lebih efektif apabila informasi disampaikan melalui perpaduan kata dan gambar secara simultan, karena kombinasi tersebut mengurangi beban kognitif dan memperkuat pembentukan model mental peserta didik (Mayer, 2021). Prinsip ini turut dikuatkan oleh kajian kontemporer terhadap asisten video edukatif berbasis AI yang menunjukkan bahwa penerapan teori multimedia pada konten yang dihasilkan secara otomatis mampu meningkatkan pemahaman dan keterlibatan belajar penggunanya (Alshaikh et al., 2024). Representasi visual semacam ini sangat relevan bagi pembelajaran Biologi yang sarat konsep abstrak, seperti struktur sel dan proses fotosintesis, karena membantu siswa memahami konsep melalui tahap ikonik sebelum beralih ke tahap simbolik (Nurdiyanti & Suyanto, 2021).

Apabila ditinjau dari lima indikator kemandirian belajar yang diukur, penggunaan AI *Lumen5* diduga mendukung hampir seluruh aspek, mulai dari inisiatif belajar hingga evaluasi belajar, karena siswa yang mandiri cenderung menetapkan tujuan, memantau pemahaman, serta menyesuaikan strategi belajar demi memperoleh hasil optimal (Rahmawati & Asmawan, 2024). Pola ini konsisten dengan temuan pada jenjang dan mata pelajaran lain yang menunjukkan bahwa kemandirian belajar berperan penting dalam membentuk tanggung jawab siswa terhadap proses belajarnya sendiri, sekaligus berkorelasi dengan pencapaian akademik yang lebih baik (Damayanti & Afriansyah, 2024; Zafrullah, Sultan, Ayuni, & Uleng, 2024). Dalam konteks penelitian ini, siswa kelas eksperimen tampak lebih aktif dan bertanggung jawab karena dapat mengakses materi video kapan saja sesuai kebutuhan, tanpa harus sepenuhnya bergantung pada penjelasan guru di kelas.

Temuan penelitian ini juga selaras dengan pandangan konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui

interaksi dengan berbagai sumber belajar (Woolfolk, 2021). *Lumen5* memberi ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi materi secara mandiri, sehingga proses belajar menjadi lebih bermakna dan berpotensi meningkatkan efikasi diri siswa dalam mengelola pembelajarannya. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa teknologi pembelajaran mampu memperkuat motivasi intrinsik karena memberikan kontrol yang lebih besar kepada siswa atas proses belajarnya (Schunk & Meece, 2022). Meskipun demikian, hasil ini perlu dimaknai secara proporsional. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen semu dengan dua kelas yang telah tersedia di sekolah tanpa pengacakan individu maupun pengukuran pretest, sehingga terdapat kemungkinan variabel lain turut memengaruhi hasil, seperti motivasi awal siswa, tingkat literasi digital, dan ketersediaan fasilitas belajar di rumah (Hanila & Alghaffaru, 2023). Oleh karena itu, temuan ini lebih tepat dimaknai sebagai bukti empiris awal mengenai potensi AI *Lumen5* dalam mendukung kemandirian belajar siswa, yang perlu diperkuat melalui penelitian lanjutan dengan desain pretest-posttest, jumlah sampel yang lebih besar, serta pengukuran variabel penyerta lainnya.

Temuan ini juga diperkuat oleh bukti pada skala yang lebih luas. Sebuah meta analisis terhadap 56 studi eksperimen dan kuasi-eksperimen mengonfirmasi bahwa pembelajaran berbantuan teknologi secara konsisten meningkatkan literasi digital peserta didik, salah satu prasyarat penting bagi kemandirian belajar di era digital (Wang & Fan, 2025). Pola serupa ditemukan pada mahasiswa perguruan tinggi, di mana literasi digital, efikasi diri terhadap teknologi, dan atmosfer digital terbukti secara signifikan memediasi peningkatan capaian belajar (Yuan, Yu, & Liu, 2025). Dalam konteks kemandirian belajar secara lebih spesifik, kajian sistematis terhadap penerapan self-regulated learning di era digital menegaskan bahwa teknologi pembelajaran termasuk media berbasis kecerdasan buatan berperan penting dalam memfasilitasi penetapan tujuan, pemantauan diri, dan refleksi belajar peserta didik (Faza & Lestari, 2025). Temuan-temuan ini memperkuat argumen bahwa peningkatan kemandirian belajar pada kelas eksperimen dalam penelitian ini bukan semata gejala lokal, melainkan sejalan dengan tren yang lebih luas mengenai kontribusi teknologi digital terhadap kemandirian dan capaian belajar siswa.

Secara lebih spesifik pada pemanfaatan *Lumen5*, hasil penelitian ini konsisten dengan temuan terbaru yang menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif berbasis *Lumen5* efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik melalui perbedaan skor pretest-posttest yang signifikan (Netriwati et al., 2026), sehingga memperkuat bukti bahwa keunggulan *Lumen5* tidak terbatas pada satu variabel hasil belajar semata, tetapi meluas pada berbagai kompetensi abad ke-21, termasuk kemandirian belajar. Relevansi AI sebagai alat bantu visualisasi pada pembelajaran Biologi juga ditegaskan dalam kajian konseptual yang menyoroti peran AI dalam menyederhanakan kompleksitas struktur, proses, dan interaksi organisme hidup bagi peserta didik (Usak, 2024). Pada aras yang lebih luas, pemanfaatan kecerdasan buatan generatif seperti chatbot pembelajaran juga terbukti mampu mendorong self-regulated learning siswa dalam pembelajaran sains melalui personalisasi umpan balik dan dukungan penetapan tujuan belajar (Ng, Tan, & Leung,

2024), yang memiliki kemiripan konseptual dengan cara Lumen5 memberi siswa kendali atas ritme dan strategi belajarnya. Dalam konteks Indonesia, kemandirian belajar juga telah terbukti berkorelasi positif dengan hasil belajar siswa (Ilmaknun & Ulfah, 2023) serta dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi informasi secara umum (Karesina, Pulung, & Alfons, 2022), sehingga memperkuat relevansi penggunaan AI Lumen5 sebagai salah satu strategi pemanfaatan IT untuk penguatan kemandirian belajar siswa SMA.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis AI *Lumen5* berpengaruh signifikan terhadap kemandirian belajar siswa pada pembelajaran Biologi di SMA Negeri 18 Bone, dibuktikan melalui rata-rata skor kemandirian belajar kelas eksperimen (86,03) yang lebih tinggi daripada kelas kontrol (81,13) serta nilai signifikansi *independent samples t-test* sebesar 0,002 ($p < 0,05$). Siswa yang belajar menggunakan media *Lumen5* menunjukkan proporsi kategori kemandirian belajar sangat tinggi yang lebih besar dibandingkan siswa pada kelas konvensional, yang mengindikasikan bahwa penyajian materi Biologi secara audiovisual, fleksibel, dan mudah diakses dapat mendorong siswa untuk lebih mandiri dalam mengelola proses belajarnya. Dengan demikian, AI *Lumen5* layak dipertimbangkan sebagai salah satu alternatif media pembelajaran Biologi yang mendukung penguatan kemandirian belajar, literasi digital, dan partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran abad ke-21, dengan tetap memperhatikan kesiapan siswa, karakteristik materi, dan ketersediaan fasilitas teknologi di sekolah. Penelitian lanjutan dengan desain *pretest-posttest* dan sampel yang lebih luas disarankan untuk memperkuat generalisasi temuan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afidah, L. N., & Waluya, B. (2024). Systematic literature review: Literasi matematika dan kemandirian belajar pada pendekatan matematika realistik. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7, 821–828.
- Alshaikh, R., Al-Malki, N., & Almasre, M. (2024). The implementation of the cognitive theory of multimedia learning in the design and evaluation of an AI educational video assistant utilizing large language models. *Heliyon*, 10(3), 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25361>
- Damayanti, D., & Afriansyah, E. A. (2024). Kemandirian belajar matematis siswa menengah atas melalui flipped classroom learning. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 3(2), 241–252.
- Faza, A., & Lestari, I. A. (2025). Self-Regulated Learning in the Digital Age: A Systematic Review of Strategies, Technologies, Benefits, and Challenges. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 26(2), 23–58. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v26i2.8119>
- Hanila, S., & Alghaffaru, M. A. (2023). Pelatihan penggunaan artificial intelligence (AI) terhadap perkembangan teknologi pada pembelajaran siswa SMA 10 Sukarami Kota Bengkulu. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bengkulu*, 2(2), 221–226.
- Harefa, M., Lase, N. K., & Zega, N. A. (2022). Deskripsi minat dan motivasi belajar siswa pada pembelajaran biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Nusantara*, 1(2), 381–389.

- Ilmaknun, L., & Ulfah, M. (2023). Pengaruh Kemandirian Belajar terhadap Hasil Belajar. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(1), 416–423. <https://doi.org/10.55338/saintek.v5i1.1401>
- Kanthi, Y. A., Amien, M., Maulidi, R., Sijabat, D. R., & Palandi, J. F. (2025). Pelatihan pemanfaatan tools AI untuk pembuatan media pembelajaran bagi guru SMP Negeri 16 Malang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknologi*, 4(1), 11–17.
- Karesina, D. M., Pulung, R., & Alfons, A. (2022). Pemanfaatan Media Pembelajaran Berbasis IT dalam Meningkatkan Kemandirian Belajar Siswa di Era Digital. *DIDAXEI*, 3(2), 377–393. Retrieved from <https://ejournal.iaknambon.ac.id/index.php/DX/article/view/616>
- Kimia, P., Keguruan, F., & Jambi, U. (2025). Pengembangan video pembelajaran berbasis artificial intelligence berbantuan Lumen5 pada materi hidrokarbon di SMA/MA. *Jurnal Edukasi Kimia*, 3(4), 2006–2016.
- Lidiastuti, N., Rahmawati, S., & Fadillah, R. (2025). The role of artificial intelligence in enhancing biology education. *Jurnal Binomial*, 7(2), 298–307.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Netriwati, N., Muhammad, R. R., Kharesa, N., Wulandari, R., Putri, S., Adriansyah, A., & Arifin, M. (2026). Efektivitas Media Pembelajaran Interaktif Lumen5 terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 6(2), 1306–1314. <https://doi.org/10.36312/panthera.v6i2.1215>
- Ng, D. T. K., Tan, C. W., & Leung, J. K. L. (2024). Empowering Student Self-Regulated Learning and Science Education through ChatGPT: A Pioneering Pilot Study. *British Journal of Educational Technology*, 55(4), 1328–1353. <https://doi.org/10.1111/bjet.13454>
- Nurdiyanti, N., & Suyanto, S. (2021). Pengaruh media visual terhadap pemahaman konsep biologi siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 7(2), 145–153.
- Pakpahan, R., Studi, P., Informasi, S., & Bina, U. (2021). Analisa pengaruh implementasi artificial intelligence terhadap pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi Dan Komputer*, 5(2), 506–513. <https://doi.org/10.52362/jisicom.v5i2.616>
- Rahmawati, A. A., & Asmawan, M. C. (2024). Hasil belajar praktik akuntansi manufaktur ditinjau dari keaktifan belajar, kemandirian belajar, dan efektivitas pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Ekonomi Undiksha*, 13(2), 2131–2142.
- Sawitri, D. (2025). Artificial intelligence for a digital technology smart society in the era of society 5.0. *Jurnal Aplikasi Ilmu-Ilmu Sistem Informasi Dan Elektronika*, 5(1), 135–143. <https://doi.org/10.30811/jaise.v5i1.6441>
- Schunk, D. H., & Meece, J. L. (2022). *Motivation in education: Theory, research, and applications* (5th ed.). Pearson.
- Usak, M. (2024). Artificial Intelligence in Biology Education. *Journal of Baltic Science Education*, 23(5), 806–808. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.806>
- Waita, B. C., Yiswi, T. A., & Kristiahadi, A. (2025). Dampak artificial intelligence (AI) terhadap pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*, 6(7), 3112–3121.
- Wang, J., & Fan, W. (2025). The Effectiveness of Technology-Supported Learning in Improving Students' Digital Literacy: A Meta-Analysis of 56 Experimental and Quasi-Experimental Studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 41(6), e70137. <https://doi.org/10.1111/jcal.70137>
- Woolfolk, A. (2021). *Educational psychology* (14th ed.). Pearson.

- Yuan, N., Yu, Q., & Liu, W. (2025). The Impact of Digital Literacy on Learning Outcomes among College Students: The Mediating Effect of Digital Atmosphere, Self-Efficacy for Digital Technology and Digital Learning. *Frontiers in Education*, 10, 1641687. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1641687>
- Zafrullah, Z., Sultan, J., Ayuni, R. T., & Ulang, A. T. (2024). Analisis kemandirian belajar matematika siswa berdasarkan gender dan aspek di sekolah menengah atas. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, 15(1), 29–38.