Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)
Vol. 15, No. 3, Tahun 2026, Hal: 962 - 967
ISSN: 2685 - 9289
https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu

PENGARUH PEMBELAJARAN BERBASIS AI GENERATIF BERLANDASKAN C-K FRAMEWORK TERHADAP PEMAHAMAN KONSEP DAN LITERASI DIGITAL SISWA

The Impact of Generative AI-Based Learning on Students' Conceptual Based on the C-K Framework On Understanding and Digital Literacy

Chindy Bulan Chintyanur
Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Pendidikan Indonesia
Email : chindybulan@upi.edu

Mimin Nurjhani Kusumastuti
Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia
Email : mimin-nk@upi.edu

Dadang Machmudin
Pendidikan Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia
Email : dadangm@upi.edu
Corresponding author : mimin-nk@upi.edu

Abstrak

Perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) Generatif memberikan peluang baru dalam pembelajaran melalui penyediaan informasi yang cepat dan interaktif. Namun, pemanfaatannya memerlukan kerangka pembelajaran yang mampu mengarahkan peserta didik dalam membangun pengetahuan secara kritis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pembelajaran berbasis AI Generatif berlandaskan *Concept–Knowledge* (C-K*) Framework* terhadap pemahaman konsep dan literasi digital siswa pada materi Sistem Pertahanan Tubuh Manusia. Penelitian menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain *Nonequivalent Control Group Design* yang melibatkan satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol. Instrumen penelitian berupa tes pemahaman konsep sebanyak 25 soal pilihan ganda (reliabilitas = 0,88) dan angket literasi digital yang terdiri atas 15 pernyataan dengan empat indikator, yaitu akses, evaluasi, kreasi, serta refleksi dan etika. Analisis data menggunakan uji Mann–Whitney dan korelasi Spearman Rank. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada pemahaman konsep antara kelas eksperimen dan kelas kontrol (p = 0,006). Literasi digital siswa pada kelas eksperimen berada pada kategori sangat tinggi (81,0%), dengan indikator evaluasi memperoleh persentase tertinggi (82,5%) dan akses terendah (78,3%). Korelasi antara pemahaman konsep dan literasi digital tergolong sangat lemah dan tidak signifikan (ρ = 0,055; p = 0,773). Pembelajaran berbasis AI Generatif berlandaskan C-K Framework berpengaruh terhadap peningkatan pemahaman konsep dan mendukung pengembangan literasi digital siswa melalui proses konstruksi pengetahuan yang sistematis.
Kata kunci: AI Generatif, C-K Framework, literasi digital, pemahaman konsep.

Abstract

The development of Generative Artificial Intelligence (AI) offers new opportunities in learning through the provision of fast and interactive information. However, its utilization requires a learning framework that can guide students in constructing knowledge critically. This study aims to analyze the effect of Generative AI-based learning based on the Concept-Knowledge (C-K) Framework on students' conceptual understanding and digital literacy in the Human Immune System topic. The study used a quasi-experimental method with a Nonequivalent Control Group Design involving one experimental class and one control class. The research instruments consisted of a conceptual understanding test consisting of 25 multiple-choice questions (reliability = 0.88) and a digital literacy questionnaire consisting of 15 statements with four indicators: access, evaluation, creation, and reflection and ethics. Data analysis used the Mann-Whitney test and Spearman Rank correlation. The results showed a significant difference in conceptual understanding between the experimental and control classes (p = 0.006). Students' digital literacy in the experimental class was in the very high category (81.0%), with the evaluation indicator achieving the highest percentage (82.5%) and the access indicator achieving the lowest (78.3%). The correlation between conceptual understanding and digital literacy was very weak and insignificant (ρ = 0.055; p = 0.773). Generative AI-based learning based on the C-K Framework significantly improved conceptual

Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)
Vol. 15, No. 3, Tahun 2026, Hal: 962 - 967
ISSN: 2685 - 9289
https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu

understanding and supported the development of students' digital literacy through a systematic knowledge construction process.
Keywords: Generative AI, C-K Framework, digital literacy, conceptual understanding.

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik untuk menguasai dua kompetensi yang saling melengkapi, yaitu penguasaan konsep keilmuan yang mendalam dan kecakapan literasi digital yang memadai untuk menghadapi arus informasi yang terus berkembang. Dalam pembelajaran Biologi, penguasaan konsep menjadi prasyarat penting bagi peserta didik untuk dapat menginterpretasikan fenomena biologis secara ilmiah, sementara literasi digital menjadi instrumen navigasi yang memungkinkan peserta didik memanfaatkan teknologi secara kritis, kreatif, dan bertanggung jawab dalam proses belajarnya (Rustaman et al., 2002). Materi sistem pertahanan tubuh (sistem imun) secara konsisten dilaporkan sulit dipahami peserta didik karena karakteristik konsepnya yang kompleks dan cakupan materinya yang luas (Alfiraida, 2018), sehingga turut berkontribusi pada munculnya miskonsepsi pada konsep sistem kekebalan tubuh (Pribadi, 2018). Karakteristik materi yang abstrak, melibatkan interaksi berbagai sel, molekul, dan mekanisme fisiologis yang tidak dapat diamati secara langsung, menjadi permasalahan tersendiri bagi guru dalam merancang pembelajaran yang mampu membantu peserta didik membangun pemahaman konsep sekaligus kecakapan digital secara bersamaan.

Kehadiran AI generatif seperti ChatGPT membuka peluang baru dalam pembelajaran karena kemampuannya menyediakan respons instan, personalisasi belajar, dan dialog interaktif yang mendukung eksplorasi konsep peserta didik (Kasneci et al., 2023). Sejumlah penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas AI generatif dalam meningkatkan pemahaman konseptual pada materi Biologi yang kompleks. Baroud et al. (2025) menemukan bahwa pembelajaran berbantuan ChatGPT secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi genetika, sementara Rahman, Machmudin, dan Nuraeni (2025) membuktikan bahwa pembelajaran berbantuan chatbot AI efektif meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dan penguasaan konsep siswa pada materi perubahan lingkungan. Pada aspek literasi digital, Habibah, Ibrohim, dan Susilo (2025) melaporkan bahwa rerata literasi digital AI siswa kelas XI SMA masih berada pada kategori cukup, sementara Zebua, Ibrohim, dan Sulisetijono (2025) bahkan menemukan literasi digital AI siswa SMA berada pada kategori rendah. Kondisi ini turut diperkuat oleh data nasional, di mana Indeks Literasi Digital Indonesia berada pada skor 3,54 dari skala 5 pada tahun 2022, yang menunjukkan literasi digital masyarakat Indonesia secara umum masih berada pada kategori sedang (Kementerian Komunikasi dan Informatika & Katadata Insight Center, 2022).

Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah membuktikan manfaat AI generatif bagi pemahaman konsep maupun literasi digital secara terpisah, penelitian yang secara khusus mengkaji dampak ganda pembelajaran berbasis AI generatif terhadap kedua capaian belajar tersebut secara simultan, sekaligus menganalisis keterkaitan antara keduanya, masih jarang ditemukan. Aptyka et al. (2025) melaporkan bahwa pemanfaatan ChatGPT pada materi evolusi memberikan peningkatan pemahaman konseptual yang masih terbatas dan belum berdampak signifikan terhadap literasi digital siswa, sehingga hubungan antara kedua capaian belajar tersebut masih memerlukan kajian lebih lanjut pada konteks materi dan populasi yang berbeda, khususnya pada materi sistem pertahanan tubuh manusia yang belum banyak dikaji dari sudut pandang ini. Selain itu, kajian mengenai hubungan pemahaman konsep dan literasi digital pada pembelajaran berbasis AI generatif juga belum banyak ditinjau dari kerangka teoretis yang mampu menjelaskan mekanisme kognitif di baliknya. *C–K Framework* (*Concept-Knowledge Theory*) yang dikembangkan oleh Hatchuel dan Weil (2003, 2009) menawarkan perspektif yang relevan untuk membedah bagaimana interaksi antara ruang konsep (*Concept Space*) dan ruang pengetahuan (*Knowledge Space*) berlangsung ketika peserta didik memanfaatkan AI generatif sebagai mediator eksplorasi pengetahuan, namun kerangka ini belum banyak digunakan untuk menganalisis keterkaitan pemahaman konsep dan literasi digital secara bersamaan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis perbedaan pemahaman konsep antara siswa yang menggunakan pembelajaran berbasis AI generatif dengan siswa yang tidak menggunakannya, (2) mendeskripsikan gambaran literasi digital siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis AI generatif pada materi sistem pertahanan tubuh, dan (3) menganalisis hubungan antara pemahaman konsep dengan tingkat literasi digital siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis AI generatif, ditinjau dari *C–K Framework*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis bagi pengembangan kajian pembelajaran berbasis AI generatif dalam pendidikan Biologi, serta menjadi bahan pertimbangan praktis bagi guru dalam merancang pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep, tetapi juga pengembangan kecakapan literasi digital siswa secara seimbang.

Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)
Vol. 15, No. 3, Tahun 2026, Hal: 962 - 967
ISSN: 2685 - 9289
https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen (*quasi experimental*) dan desain *nonequivalent control group design*. Desain ini dipilih karena subjek penelitian merupakan siswa yang telah terbagi ke dalam kelas-kelas yang sudah terbentuk sebelumnya berdasarkan kebijakan administratif sekolah, sehingga tidak memungkinkan dilakukan randomisasi penuh terhadap siswa ke dalam kelompok eksperimen maupun kontrol. Kedua kelompok diberikan *pretest* untuk mengetahui kemampuan awal, kemudian diberikan perlakuan yang berbeda, dan diakhiri dengan *posttest* untuk mengetahui pemahaman konsep siswa setelah pembelajaran dilaksanakan. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran dengan LKPD berbasis *prompt* yang terintegrasi AI generatif (ChatGPT) untuk membantu siswa memperoleh dan mengeksplorasi informasi selama proses belajar, sedangkan kelas kontrol memperoleh pembelajaran dengan LKPD tanpa AI generatif, menggunakan sumber belajar berupa buku digital.

Populasi penelitian adalah seluruh peserta didik kelas XI IPA di SMAN 7 Bandung tahun ajaran 2026/2027 yang sedang mempelajari materi Sistem Pertahanan Tubuh Manusia. Sampel dipilih menggunakan teknik *convenience sampling* berdasarkan pertimbangan kemudahan akses, ketersediaan kelas, kesesuaian jadwal, dan izin sekolah, sehingga diperoleh dua kelas sebagai sampel penelitian (kelas eksperimen dan kelas kontrol, masing-masing n = 30).

Data dikumpulkan menggunakan dua instrumen. Pemahaman konsep diukur melalui tes pilihan ganda sebanyak 25 butir soal yang mencakup empat sub materi, yaitu Pertahanan Eksternal dan Internal, Komponen Sistem Pertahanan Tubuh, Imunitas Aktif dan Pasif, serta Kelainan Sistem Pertahanan Tubuh. Instrumen ini telah divalidasi oleh dua dosen ahli (*expert judgment*) dan diuji cobakan secara empiris, dengan nilai reliabilitas sebesar 0,88 (kategori sangat tinggi) berdasarkan kriteria Arikunto (2016). Literasi digital diukur menggunakan angket skala Likert 1–4 sebanyak 15 item dengan skor maksimal 60, mencakup empat dimensi, yaitu Akses, Evaluasi, Kreasi, serta Refleksi dan Etika, mengacu pada kerangka literasi digital Ng (2012). Angket ini diberikan secara *posttest-only* pada kelas eksperimen setelah perlakuan diberikan.

Sebelum pengujian hipotesis, data pemahaman konsep diuji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk dan homogenitas menggunakan Levene's Test. Karena data tidak berdistribusi normal, pengujian hipotesis perbedaan pemahaman konsep antara kelas eksperimen dan kontrol dilakukan menggunakan uji nonparametrik Mann-Whitney U. Data literasi digital dianalisis secara deskriptif kuantitatif dalam bentuk persentase, kemudian dikonversi ke kategori tingkat literasi digital mengacu pada Ridwan (2012). Hubungan antara pemahaman konsep dan literasi digital dianalisis menggunakan uji korelasi *Spearman Rank*, dengan pedoman interpretasi koefisien korelasi mengacu pada Sugiyono (2019). Seluruh pengolahan data statistik dilakukan dengan bantuan IBM SPSS Statistics for Windows.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa pada Materi Sistem Pertahanan Tubuh Manusia

Pemahaman konsep siswa diukur melalui skor *posttest* pada kedua kelompok setelah pembelajaran dilaksanakan. Secara umum, kedua kelas mencapai skor pemahaman konsep yang tinggi, meskipun kelas kontrol memiliki kemampuan awal yang jauh lebih unggul dibandingkan kelas eksperimen. Rincian perbandingan hasil pemahaman konsep kedua kelompok disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pemahaman Konsep siswa

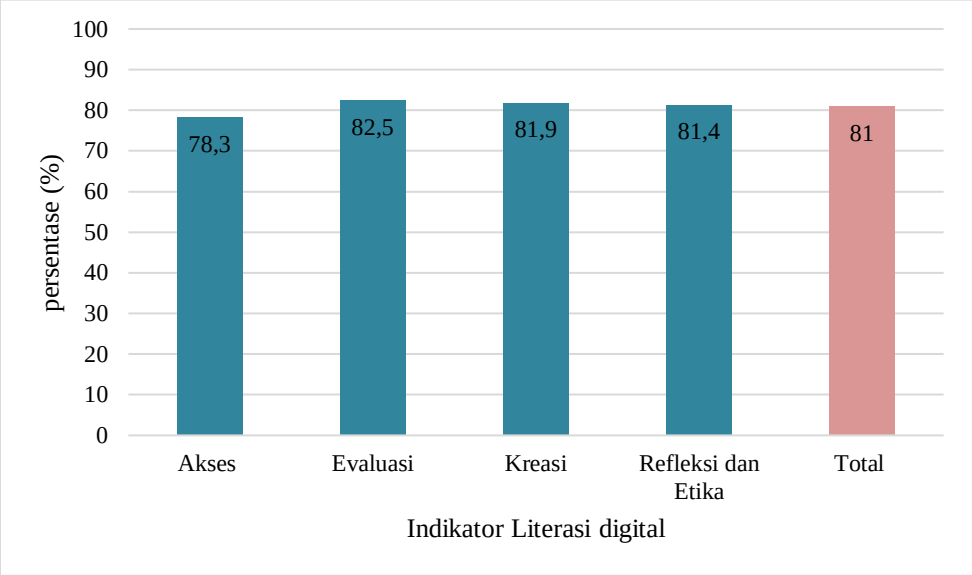
Aspek	Kontrol	Eksperimen
Rata – rata *Postest*	98,80	96,27
Sig. *Mann-Whitney (Posttest)*	0,006	

Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,006 ($p < 0,05$), sehingga H_0 ditolak terdapat perbedaan yang signifikan pada pemahaman konsep antara siswa yang menggunakan pembelajaran berbasis AI generatif dengan siswa yang tidak menggunakannya. Temuan ini menjawab rumusan masalah pertama penelitian, yaitu terbukti adanya perbedaan pemahaman konsep antara kedua kelompok. Kedua kelompok sama-sama mencapai skor *posttest* yang tinggi, yang mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis AI generatif efektif mendorong pemahaman konsep siswa hingga setara dengan pembelajaran tanpa AI generatif pada kelompok yang memiliki kemampuan awal jauh lebih tinggi. Temuan ini memperkuat hasil Baroud et al. (2025) dan Rahman, Machmudin, dan Nuraeni (2025) yang membuktikan AI generatif dapat mendukung penguasaan konsep Biologi yang kompleks melalui penjelasan yang responsif dan personal sesuai kebutuhan siswa. Perbedaan kemampuan awal yang cukup besar antarkelompok pada penelitian ini menjadi keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan besaran capaian akhir kedua kelas, mengingat kelas kontrol memiliki kesiapan awal yang jauh lebih tinggi sebelum perlakuan diberikan.

Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)
Vol. 15, No. 3, Tahun 2026, Hal: 962 - 967
ISSN: 2685 - 9289
https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu

Tingkat Literasi Digital Siswa Kelas Eksperimen

Literasi digital siswa kelas eksperimen diukur melalui empat dimensi, yaitu akses, evaluasi, kreasi, serta refleksi dan etika, untuk melihat sejauh mana siswa mampu memanfaatkan AI generatif secara kritis dan bertanggung jawab dalam proses belajarnya. Capaian keempat dimensi tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Tingkat Literasi Digital Siswa

Literasi digital siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis AI generatif berada pada kategori sangat baik, dengan rata-rata capaian 81,0%. Temuan ini menjawab rumusan masalah kedua penelitian, yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis AI generatif turut berkontribusi terhadap kecakapan literasi digital siswa, tidak hanya pemahaman konsep. Indikator evaluasi mencatatkan capaian tertinggi, menunjukkan siswa mampu bersikap kritis dalam menilai kredibilitas informasi yang dihasilkan AI sebelum menerimanya sebagai kebenaran mutlak, sejalan dengan kerangka literasi digital Ng (2012) yang menekankan evaluasi sebagai kecakapan inti literasi digital di era AI generatif. Indikator akses menjadi capaian terendah, yang mengindikasikan siswa belum sepenuhnya terbiasa memanfaatkan AI generatif secara sistematis sebagai media pembelajaran, sehingga aspek ini masih berpeluang untuk ditingkatkan melalui pembiasaan penggunaan AI generatif yang lebih terstruktur.

Hubungan antara Pemahaman Konsep dan Literasi Digital Siswa Ditinjau dari C-K Framework

Untuk mengetahui apakah pemahaman konsep berkaitan dengan tingkat literasi digital siswa, dilakukan uji korelasi antara skor *posttest* pemahaman konsep dan skor literasi digital pada kelas eksperimen. Hasil uji korelasi tersebut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi *Spearman Rank*

Variabel	N	rho	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Pemhaman Konsep – Literasi Digital	30	0,055	0,773	Sangat rendah, tidak signifikan

Nilai koefisien korelasi tergolong sangat rendah (Sugiyono, 2019) dan tidak signifikan ($p > 0,05$), sehingga H_0 diterima tidak terdapat hubungan antara pemahaman konsep dan literasi digital siswa. Temuan ini menjawab rumusan masalah ketiga penelitian, yang membuktikan bahwa kedua capaian belajar tersebut berkembang secara independen, tidak saling memengaruhi secara linear. Ditinjau dari *C–K Framework* (Hatchuel & Weil, 2003, 2009), temuan ini menunjukkan bahwa perpindahan siswa antara *Concept Space*—ruang eksplorasi konsep sistem pertahanan tubuh bersama AI generatif—dan *Knowledge Space*—ruang kompetensi digital yang telah mapan—tidak berlangsung secara linear maupun proporsional. AI generatif dalam penelitian ini lebih berperan sebagai fasilitator eksplorasi konsep dibandingkan sebagai sarana yang secara eksplisit melatih literasi digital, sehingga penguatan pada satu ranah tidak otomatis tercermin pada ranah lainnya. Temuan ini sejalan dengan Hadad et al. (2023) yang juga melaporkan lemahnya korelasi antardimensi literasi digital dengan capaian akademik siswa, dan memperkuat pemahaman bahwa pemahaman konsep dan literasi

Jurnal Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)
Vol. 15, No. 3, Tahun 2026, Hal: 962 - 967
ISSN: 2685 - 9289
https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu

digital merupakan dua konstruk kognitif yang perlu dikembangkan melalui strategi pembelajaran yang berbeda, sekalipun sama-sama difasilitasi oleh AI generatif.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis AI generatif berpengaruh signifikan terhadap pemahaman konsep siswa pada materi sistem pertahanan tubuh manusia, dengan capaian yang setara dengan pembelajaran tanpa AI generatif meskipun kelompok pembanding memiliki kesiapan awal yang lebih unggul. Siswa yang mengikuti pembelajaran berbasis AI generatif juga menunjukkan tingkat literasi digital yang sangat baik, khususnya pada kemampuan mengevaluasi kredibilitas informasi. Meskipun demikian, pemahaman konsep dan literasi digital terbukti tidak saling berkorelasi, yang menegaskan bahwa AI generatif berperan ganda secara independen: sebagai fasilitator eksplorasi konsep di satu sisi, dan sebagai ruang pembiasaan kecakapan digital di sisi lain, tanpa satu capaian bergantung pada capaian lainnya. Temuan ini memperluas pemahaman mengenai C–K Framework dalam konteks pembelajaran berbasis AI generatif, bahwa perluasan Concept Space dan penguatan Knowledge Space merupakan dua lintasan kognitif yang berjalan berdampingan namun tidak berkelindan secara linear, sehingga efektivitas AI generatif dalam pembelajaran perlu dipandang sebagai kontribusi multidimensi, bukan capaian tunggal yang berbanding lurus.

Saran

Secara praktis, guru Biologi disarankan mengintegrasikan AI generatif dalam pembelajaran materi yang abstrak dan kompleks melalui LKPD berbasis *prompt* yang terstruktur, sekaligus merancang aktivitas yang secara eksplisit melatih literasi digital siswa—khususnya kemampuan mengakses informasi secara sistematis—mengingat penguasaan konsep tidak serta-merta diikuti oleh peningkatan literasi digital. Secara teoretis, temuan mengenai independensi pemahaman konsep dan literasi digital perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memperkaya penerapan C–K Framework dalam konteks pembelajaran berbasis AI generatif, khususnya dalam menjelaskan bagaimana Concept Space dan Knowledge Space dapat saling memperkuat, bukan hanya berjalan independen. Bagi penelitian lanjutan, disarankan untuk mengukur literasi digital secara pretest-posttest pada kedua kelompok, memperluas sampel dan konteks materi, serta mengeksplorasi variabel moderator seperti pola interaksi siswa dengan AI generatif yang berpotensi menjelaskan keterkaitan kedua variabel secara lebih mendalam.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Mimin Nurjhani Kusumatuti, M.Pd. dan Drs. H. Dadang Machmudin, MS. selaku pembimbing atas arahan selama penelitian ini, serta kepada SMAN 7 Bandung atas izin dan fasilitas yang diberikan selama pengambilan data..

DAFTAR PUSTAKA

Alfiraida, R. (2018). Analisis kesulitan belajar siswa pada materi sistem pertahanan tubuh (skripsi/artikel — mohon lengkapi sumber).

Aptyka, N. et al. (2025). Pengaruh pemanfaatan ChatGPT terhadap pemahaman konseptual dan literasi digital siswa pada materi evolusi (mohon lengkapi sumber).

Arikunto, S. (2016). *Dasar-dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.

Baroud, R. et al. (2025). The effect of ChatGPT-assisted learning on students' conceptual understanding of genetics (mohon lengkapi nama jurnal, volume, dan halaman).

Bussert-Webb, K., & Díaz, M. E. (2012). Digital literacies of low-income students (mohon lengkapi sumber).

Chyung, S. Y., Roberts, K., Swanson, I., & Hankinson, A. (2017). Evidence-based survey design: The use of a midpoint on the Likert scale. *Performance Improvement*, 56(10), 15–23.

Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

Habibah, N., Ibrohim, & Susilo, H. (2025). Literasi digital AI siswa kelas XI SMA dalam pembelajaran Biologi (mohon lengkapi sumber).

Hadad, S. et al. (2023). Digital literacy dimensions and their inter-correlations among students (mohon lengkapi nama jurnal, volume, dan halaman).

Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Woodland Hills: Indiana University.

Hatchuel, A., & Weil, B. (2003). A new approach of innovative design: An introduction to C-K theory. Dalam *Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED 03)*.

Hatchuel, A., & Weil, B. (2009). C-K design theory: An advanced formulation. *Research in Engineering Design*, 19(4), 181–192.

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396–403.

Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274.

Kementerian Komunikasi dan Informatika, & Katadata Insight Center. (2022). *Status Literasi Digital Indonesia 2022*. Jakarta: Kominfo & Katadata Insight Center.

Kim, H. J., Kang, S., & Choi, J. (2014). The relationship between academic learning activities and digital literacy (mohon lengkapi sumber).

Ng, W. (2012). Can we teach digital natives digital literacy? *Computers & Education*, 59(3), 1065–1078.

Pribadi, T. A. (2018). Analisis miskonsepsi materi sistem kekebalan tubuh pada buku ajar Biologi SMA (mohon lengkapi sumber).

Rahman, F., Machmudin, D., & Nuraeni, E. (2025). Pengaruh Problem Based Learning berbantuan chatbot AI terhadap kemampuan pemecahan masalah dan penguasaan konsep siswa pada materi perubahan lingkungan (mohon lengkapi sumber).

Ridwan. (2012). *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

Rustaman, N. Y. et al. (2002). *Strategi Belajar Mengajar Biologi*. Bandung: JICA-UPI.

Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Zainul, A., & Nasution, N. (2001). *Penilaian Hasil Belajar*. Jakarta: Pusat Antar Universitas untuk Peningkatan dan Pengembangan Aktivitas Instruksional, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.

Zebua, K., Ibrohim, & Sulisetijono. (2025). Literasi digital AI siswa SMA pada pembelajaran Biologi (mohon lengkapi sumber).

Fudhaili, A., Purnama, E. R., Syamsudi, N. A., & Yolanda, R. (2024). Antioxidant Activity of Zodia (Evodia suaveolens) Protein Extract In Vitro. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 91, p. 01002). EDP Sciences.