

STUDI AWAL : PERSEPSI DAN KEBUTUHAN GURU BIOLOGI TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEM PADA MATERI BIOTEKNOLOGI KELAS X**Mona Kristina Simatupang^{1*}, Nurkhoiro Hidayati², Suryanti³**¹⁻³Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Islam Riau, IndonesiaEmail: Monakristinasimatupang@student.uir.ac.id^{1*}, Khairobio@edu.uir.ac.id², Suryantibio@edu.uir.ac.id³**Abstrak**

Pembelajaran Biologi abad ke-21 menuntut penerapan pendekatan yang kontekstual dan berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, salah satunya melalui pendekatan STEM. Namun, ketersediaan bahan ajar yang sesuai, khususnya pada materi Bioteknologi, masih menjadi tantangan bagi guru. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan persepsi guru Biologi terhadap pembelajaran berbasis STEM, menganalisis kebutuhan guru terhadap e-modul Bioteknologi berbasis STEM, mengkaji kesiapan dan kemampuan guru dalam menggunakan modul, serta mengidentifikasi harapan guru terhadap pengembangan e-modul berbasis STEM. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan teknik pengumpulan data berupa angket dan wawancara. Subjek penelitian terdiri atas empat guru Biologi yang berasal dari SMAN 2 Pekanbaru, SMAN 3 Siak Hulu, dan MA Hidayatul Ma'arifiah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis STEM berada pada kategori sangat baik (86,6%), kebutuhan guru terhadap e-modul Bioteknologi berbasis STEM sangat tinggi (90,8%), kesiapan dan kemampuan guru dalam menggunakan modul berada pada kategori sangat baik (90%), serta harapan guru terhadap pengembangan e-modul berbasis STEM juga sangat tinggi (95%). Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan e-modul Bioteknologi berbasis STEM sangat layak dan relevan untuk mendukung pembelajaran Biologi yang kontekstual dan sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka.

Kata kunci: E-Modul; STEM; Bioteknologi; Persepsi Guru; Pembelajaran Biologi

Abstract

Biology learning in the 21st century requires contextual approaches that support the development of higher-order thinking skills, one of which is the STEM approach. However, the availability of appropriate learning materials, particularly for Biotechnology topics, remains a challenge for teachers. This study aims to describe biology teachers' perceptions of STEM-based learning, analyze teachers' needs for STEM-based biotechnology e-

Article History

Received: Januari 2026

Reviewed: Januari 2026

Published: Januari 2026

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/Sindoro.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Sindoro



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

modules, examine teachers' readiness and ability to use the modules, and identify teachers' expectations regarding the development of STEM-based e-modules. This research employed a descriptive approach with data collected through questionnaires and interviews. The research subjects consisted of four biology teachers from SMAN 2 Pekanbaru, SMAN 3 Siak Hulu, and MA Hidayatul Ma'arifiyah. The results revealed that teachers' perceptions of STEM-based learning were categorized as very good (86.6%), teachers' needs for STEM-based biotechnology e-modules were very high (90.8%), teachers' readiness and ability to use the modules were very good (90%), and teachers' expectations for the development of STEM-based e-modules were also very high (95%). These findings indicate that the development of STEM-based biotechnology e-modules is highly feasible and relevant to support contextual biology learning aligned with the Merdeka Curriculum.

Keywords: E-Module, STEM, Biotechnology, Teacher Perception, Biology Learning.

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan dasar yang sangat penting dalam menunjang perkembangan serta kemajuan suatu bangsa. Melalui proses pendidikan, masyarakat dapat mengembangkan kemampuan intelektual, keterampilan, dan pengetahuan yang diperlukan untuk menghadapi dinamika serta tantangan zaman yang terus berubah. (Isma et al. 2023). Pendidikan di abad ke-21 mengalami berbagai perubahan yang cukup signifikan seiring dengan cepatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Kondisi ini menuntut sistem pendidikan untuk tidak semata-mata berfokus pada penguasaan materi, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi, kemampuan dalam memecahkan masalah, serta literasi digital. Perkembangan pendidikan di era digital mendorong guru untuk terus meningkatkan kompetensi pedagogik dan profesional agar mampu menyesuaikan proses pembelajaran dengan tuntutan pendidikan abad ke-21 yang semakin dinamis dan kompleks. (Murniyati 2025)

Selaras dengan perkembangan tersebut, peran guru dalam pembelajaran abad ke-21 mengalami perubahan dari sekadar penyampai informasi menjadi fasilitator yang mampu merancang pembelajaran secara inovatif, kontekstual, dan terintegrasi dengan teknologi. Penguasaan literasi digital menjadi kompetensi yang sangat penting bagi pendidik agar proses pembelajaran dapat disesuaikan dengan karakteristik peserta didik serta teknologi dapat dimanfaatkan secara optimal untuk menunjang kegiatan belajar mengajar. (Sari, Hasanah, and Faisal 2025). Hal ini diperkuat oleh Rahmayumita, dan Hidayati (2023) yang menyatakan bahwa kesiapan guru dalam mengintegrasikan teknologi dan pendekatan pembelajaran inovatif sangat menentukan keberhasilan implementasi pembelajaran abad ke-21 di sekolah.

Biologi merupakan salah satu bidang ilmu sains yang memerlukan kemampuan berpikir tingkat tinggi, mengingat banyak konsep di dalamnya bersifat abstrak serta memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi..(Sapriani and Ferazona 2025) Salah satu topik dalam mata pelajaran Biologi yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi dan bersifat abstrak adalah bioteknologi. Materi ini mencakup konsep-konsep mikroskopis serta proses yang tidak dapat diamati secara langsung, seperti rekayasa genetika, kultur jaringan, dan berbagai penerapan bioteknologi modern di beragam bidang, sehingga kerap menimbulkan kesulitan bagi peserta didik dalam memahami materi pembelajaran. Penelitian oleh (Nasution, 2022) menunjukkan bahwa

kesulitan peserta didik dalam mempelajari materi bioteknologi dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal, salah satunya adalah keterbatasan media pembelajaran yang mampu memvisualisasikan proses biologis yang bersifat kompleks.

STEM adalah akronim dari pendekatan pembelajaran interdisipliner yang mengintegrasikan bidang *Science, Technology, Engineering, dan Mathematics*.. Menurut Brown, dalam (Khairiyah 2019). STEM merupakan suatu pendekatan meta-disipliner pada jenjang sekolah, di mana guru mata pelajaran sains, teknologi, teknik, dan matematika menerapkan pembelajaran secara terintegrasi, sehingga setiap disiplin tidak diajarkan secara terpisah, melainkan diperlakukan sebagai satu kesatuan yang saling berkaitan dan bersifat dinamis. Pendekatan ini dirancang untuk membantu peserta didik tidak hanya memahami konsep-konsep teoretis, tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta keterampilan dalam memecahkan permasalahan nyata melalui kegiatan pembelajaran yang bersifat lintas disiplin. Dalam pembelajaran Biologi, penerapan pendekatan STEM memungkinkan peserta didik menghubungkan konsep yang abstrak dengan fenomena yang terjadi di dunia nyata, sehingga dapat meningkatkan pemahaman terhadap proses biologis yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi..(Sabila et al. 2023). Seiring dengan tuntutan pembelajaran yang bersifat inovatif dan kontekstual, e-modul berbasis STEM hadir sebagai media pembelajaran digital yang fleksibel dan efektif dalam membantu peserta didik memahami konsep-konsep sains yang abstrak melalui penyajian visual dan interaktif.. (Fatma et al. 2025)

Berbagai hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan e-modul memberikan dampak positif terhadap peningkatan motivasi belajar serta hasil belajar peserta didik. Penelitian yang dilakukan oleh Agung, Suardana, dan Rapi (2024) mengungkapkan bahwa pengembangan e-modul IPA berbasis model STEM-PjBL yang berorientasi pada pendidikan karakter mampu meningkatkan prestasi belajar sekaligus mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran. Temuan tersebut juga menunjukkan bahwa perpaduan antara pendekatan STEM dan model pembelajaran berbasis proyek dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, serta kerja sama siswa dalam menyelesaikan permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, integrasi pendekatan STEM dalam pengembangan e-modul Biologi berpotensi menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, bermakna, dan sesuai dengan tuntutan pendidikan abad ke-21. (Agung, Suardana, and Rapi 2021).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa e-modul berbasis STEM mampu meningkatkan hasil belajar serta keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Namun, sebagian besar kajian yang ada masih berfokus pada pengembangan produk dan pengujian efektivitasnya terhadap siswa sebagai pengguna akhir. Penelitian yang secara khusus menelaah persepsi guru, termasuk pandangan pendidik mengenai kemudahan penggunaan, kebermanfaatan, serta kesesuaian e-modul berbasis STEM dalam pembelajaran, masih relatif terbatas. Padahal, persepsi guru memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kesiapan, penerimaan, dan keberlanjutan pemanfaatan media pembelajaran di kelas. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Riadil Fitri, Nurkhoiro Hidayati 2025) yang menegaskan bahwa analisis kebutuhan pengguna, khususnya guru, merupakan tahap awal yang krusial sebelum pengembangan media pembelajaran dilakukan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan tanpa mempertimbangkan kebutuhan nyata pengguna berpotensi kurang optimal dalam mendukung proses pembelajaran. Oleh karena itu, diperlukan kajian awal yang mengkaji persepsi dan kebutuhan guru sebagai landasan dalam pengembangan e-modul berbasis STEM pada materi Bioteknologi.

Berdasarkan pemaparan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis persepsi dan kebutuhan guru Biologi terhadap pengembangan e-modul berbasis STEM pada materi Bioteknologi di SMA kelas X. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal mengenai tingkat kesiapan serta kebutuhan pembelajaran, yang selanjutnya dapat dijadikan landasan dalam merancang e-modul berbasis STEM yang sesuai dengan karakteristik materi dan konteks pembelajaran di sekolah.

METODE

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mengeksplorasi secara mendalam persepsi serta kebutuhan guru Biologi terkait pengembangan e-modul berbasis STEM pada materi Bioteknologi. Subjek penelitian melibatkan empat orang guru Biologi yang berasal dari tiga sekolah berbeda di Provinsi Riau, sehingga data yang diperoleh mencerminkan keberagaman pengalaman dan kebutuhan guru dalam konteks sekolah yang bervariasi. Penentuan responden dilakukan menggunakan teknik purposive sampling dengan pertimbangan bahwa guru yang dilibatkan merupakan pengajar Biologi aktif pada jenjang SMA dan memiliki pengalaman dalam mengajarkan materi Bioteknologi.

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui penyebaran angket serta wawancara semi-terstruktur. Angket disusun berdasarkan indikator yang mencakup persepsi guru terhadap pembelajaran Bioteknologi, kebutuhan terhadap media pembelajaran, serta urgensi pengembangan e-modul berbasis STEM. Pengembangan instrumen angket dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi penyusunan kisi-kisi, perumusan butir pernyataan, penyesuaian skala penilaian, serta proses validasi isi oleh ahli. Selain penggunaan angket, wawancara mendalam juga dilakukan untuk memperoleh informasi yang lebih detail mengenai pengalaman guru dalam mengajarkan materi Bioteknologi, berbagai kendala yang dihadapi selama pembelajaran, serta harapan guru terhadap pengembangan e-modul berbasis STEM. Pelaksanaan wawancara dilakukan secara tatap muka maupun melalui media komunikasi daring, disesuaikan dengan ketersediaan responden.

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan model analisis interaktif Miles dan Huberman yang mencakup tahap reduksi data, penyajian data, serta penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi, peneliti melakukan proses pemilahan, pemusatan perhatian, dan penyederhanaan data yang relevan dengan fokus penelitian. Selanjutnya, data disajikan dalam bentuk deskripsi naratif yang disusun berdasarkan tema-tema yang diperoleh dari hasil angket dan wawancara. (Miles, Huberman, & Saldana, 2014). Tahap akhir berupa penarikan kesimpulan dilakukan melalui interpretasi terhadap pola-pola temuan guna memperoleh gambaran mengenai persepsi dan kebutuhan guru Biologi terhadap e-modul berbasis STEM pada materi Bioteknologi. Untuk menjamin keabsahan data, penelitian ini menerapkan triangulasi sumber dengan membandingkan data hasil angket dan wawancara, serta melakukan pengecekan kembali kepada responden (member checking) untuk memastikan akurasi informasi yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

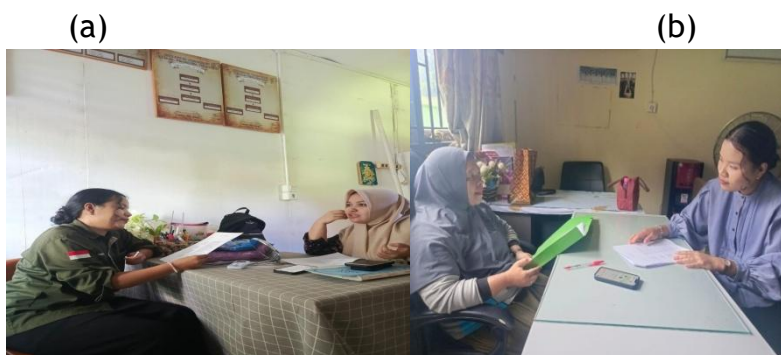
Bagian hasil dan pembahasan ini menyajikan temuan penelitian yang diperoleh dari analisis data angket dan wawancara terkait persepsi, kebutuhan, serta kesiapan guru terhadap penggunaan e-modul Biologi terintegrasi STEM pada materi Bioteknologi. Data dikumpulkan dari empat guru Biologi yang berasal dari tiga satuan pendidikan berbeda, yaitu satu guru dari SMAN 2 Pekanbaru, dua guru dari SMAN 3 Siak Hulu, dan satu guru dari MA Hidayatul Ma'arifiyah. Keterlibatan guru dari latar sekolah yang berbeda dimaksudkan untuk memperoleh gambaran

yang lebih komprehensif mengenai penerapan dan penerimaan e-modul berbasis STEM dalam konteks pembelajaran yang beragam.

Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengintegrasikan hasil kuantitatif dari angket dan temuan kualitatif dari wawancara, sehingga memungkinkan peneliti untuk memahami fenomena penelitian secara lebih mendalam dan kontekstual. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan bahwa penggabungan data kuantitatif dan kualitatif dapat memperkuat interpretasi hasil penelitian pendidikan, khususnya dalam mengkaji respons pengguna terhadap inovasi pembelajaran (Creswell & Plano Clark, 2023). Selanjutnya, hasil penelitian ini dibahas dengan mengaitkan temuan empiris dengan teori serta hasil penelitian terdahulu yang relevan guna memperjelas posisi dan kontribusi penelitian terhadap pengembangan pembelajaran Biologi berbasis STEM.

Tabel 1. Data Hasil Angket

No	Indikator	Persentase	Kategori
1	Persepsi Guru Terhadap Pembelajaran STEM	86,6%	Sangat Baik
2	Kebutuhan Guru Terhadap E-Modul Bioteknologi	90,8%	Sangat Baik
3	Kesiapan dan Kemampuan Guru Dalam Menggunakan E-Modul	90%	Sangat Baik
4	Harapan Guru Terhadap Pengembangan E-Modul Berbasis STEM	95%	Sangat Baik



Gambar 1. Sesi Wawancara dengan Guru (a) Ibu S (b) Ibu G

Persepsi Guru terhadap Pembelajaran Berbasis STEM

Hasil analisis angket menunjukkan bahwa persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis STEM memperoleh persentase 86,6% dengan kategori sangat baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa guru Biologi memiliki pandangan yang sangat positif terhadap penerapan pembelajaran STEM, khususnya dalam mendukung pembelajaran Bioteknologi yang kontekstual dan relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Hasil wawancara, memperkuat temuan ini menurut Ibu G menyatakan bahwa pendekatan STEM dinilai mampu membantu mengaitkan konsep Biologi dengan permasalahan nyata serta mendorong keterlibatan aktif peserta didik. Meskipun demikian, guru juga menyampaikan bahwa implementasi STEM membutuhkan dukungan bahan ajar yang sistematis agar pembelajaran dapat berjalan lebih optimal.

Temuan ini sejalan dengan pendapat Bybee (2022) yang menyatakan bahwa persepsi positif guru terhadap STEM merupakan fondasi utama keberhasilan penerapan pembelajaran terintegrasi di sekolah.

Kebutuhan Guru Terhadap Modul Bioteknologi Berbasis STEM

Indikator kebutuhan guru terhadap e-modul Bioteknologi berbasis STEM memperoleh persentase 90,8% dan termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa guru sangat membutuhkan ketersediaan e-modul yang dirancang secara khusus untuk mendukung pembelajaran Bioteknologi berbasis STEM.

Hasil wawancara dengan ibu S mengungkapkan bahwa guru memerlukan bahan ajar digital yang tidak hanya memuat materi, tetapi juga aktivitas pembelajaran, contoh penerapan Bioteknologi, serta panduan integrasi unsur sains, teknologi, teknik, dan matematika. Kondisi ini memperkuat temuan bahwa e-modul berbasis STEM dipandang sebagai solusi yang relevan dalam mendukung pembelajaran yang lebih terarah dan bermakna.

Hasil ini selaras dengan penelitian Nugroho et al. (2023) yang menyatakan bahwa kebutuhan guru terhadap bahan ajar digital berbasis STEM semakin meningkat seiring tuntutan pembelajaran abad ke-21. (Danti Aulia Sari 2024)

Kesiapan dan Kemampuan Guru dalam Menggunakan E-Modul Berbasis STEM

Hasil analisis angket pada indikator kesiapan dan kemampuan guru dalam menggunakan e-modul berbasis STEM menunjukkan persentase 90% dengan kategori sangat baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa guru telah memiliki kesiapan yang tinggi, baik dari segi pemahaman maupun kemampuan dasar dalam memanfaatkan e-modul sebagai media pembelajaran.

Hasil wawancara dengan ibu N memperlihatkan bahwa guru pada umumnya telah terbiasa menggunakan perangkat teknologi dalam pembelajaran. Namun, beberapa guru menyampaikan perlunya panduan yang lebih terstruktur agar pemanfaatan e-modul berbasis STEM dapat dilakukan secara maksimal dan konsisten dalam setiap pertemuan pembelajaran.

Temuan ini sejalan dengan Rahmawati dan Hadi (2024) yang menyatakan bahwa kesiapan guru menjadi faktor kunci dalam keberhasilan penggunaan bahan ajar digital berbasis teknologi dan STEM.

Harapan Guru terhadap Pengembangan E-Modul Berbasis STEM

Indikator harapan guru terhadap pengembangan e-modul berbasis STEM memperoleh persentase tertinggi, yaitu 95%, dengan kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa guru memiliki ekspektasi yang sangat tinggi terhadap pengembangan e-modul Bioteknologi berbasis STEM di masa mendatang.

Ibu Gusti mengungkapkan bahwa ia berharap e-modul yang dikembangkan dapat mempermudah integrasi STEM dalam pembelajaran, mendukung pengembangan kompetensi berpikir kritis, serta membantu guru dalam menyajikan materi Bioteknologi secara lebih menarik dan sistematis. Guru juga mengharapkan pengembangan e-modul dilakukan secara berkelanjutan dan disesuaikan dengan kurikulum serta karakteristik peserta didik.

Temuan ini sejalan dengan Hidayat et al. (2022) yang menegaskan bahwa pengembangan bahan ajar digital perlu mempertimbangkan harapan dan kebutuhan guru agar dapat dimanfaatkan secara optimal dalam proses pembelajaran.

Berdasarkan keempat indikator yang dianalisis, dapat disimpulkan bahwa persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis STEM (86,6%), kebutuhan guru terhadap e-modul Bioteknologi berbasis STEM (90,8%), kesiapan dan kemampuan guru dalam menggunakan modul (90%), serta harapan guru terhadap pengembangan e-modul berbasis STEM (95%) seluruhnya berada pada kategori *sangat baik*. Temuan ini menunjukkan bahwa guru memiliki sikap yang positif,

kebutuhan yang jelas, serta kesiapan yang tinggi dalam mendukung pengembangan dan penerapan e-modul berbasis STEM pada pembelajaran Biologi, khususnya materi Bioteknologi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Adawiyah et al. (2022) dan Sari dan Kurniawan (2023) yang menyatakan bahwa persepsi dan kesiapan guru merupakan faktor kunci dalam keberhasilan implementasi pembelajaran STEM di sekolah menengah. Selain itu, tingginya harapan guru terhadap pengembangan e-modul berbasis STEM memperkuat temuan Lestari et al. (2025) dan Utami dan Hidayat (2024) yang menegaskan bahwa bahan ajar digital berbasis STEM dipandang sebagai solusi strategis untuk mendukung pembelajaran Biologi yang kontekstual, inovatif, dan selaras dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan urgensi pengembangan e-modul Bioteknologi berbasis STEM yang berorientasi pada kebutuhan dan kesiapan guru agar implementasinya di kelas dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan Hasil penelitian menunjukkan bahwa guru Biologi memiliki persepsi yang sangat positif terhadap pembelajaran berbasis STEM serta kebutuhan yang tinggi terhadap pengembangan e-modul Bioteknologi berbasis STEM. Guru menilai bahwa e-modul berbasis STEM diperlukan untuk mendukung pembelajaran Bioteknologi yang bersifat abstrak dan menuntut keterlibatan aktif peserta didik. Selain itu, kesiapan dan kemampuan guru dalam menggunakan e-modul berbasis STEM berada pada kategori sangat baik, disertai harapan yang tinggi terhadap pengembangan e-modul yang inovatif dan sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka. Temuan ini menegaskan bahwa pengembangan e-modul Bioteknologi berbasis STEM layak dan relevan untuk dilakukan guna mendukung pembelajaran Biologi yang kontekstual dan berorientasi pada keterampilan abad ke-21. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar bagi penelitian selanjutnya untuk mengembangkan dan menguji e-modul berbasis STEM secara lebih lanjut, baik dari aspek kepraktisan maupun efektivitas dalam pembelajaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh guru biologi SMAN 3 Siak Hulu, SMAN 2 Pekanbaru, MA Hidayatul Ma'arifiah yang telah bersedia menjadi responden dari penelitian ini.

REFERENSI

- Adawiyah, R., Wulandari, S., & Prasetyo, Z. K. (2022). Persepsi dan kesiapan guru terhadap implementasi pembelajaran STEM di sekolah menengah. *Jurnal PendidikanIPAIndonesia*, 11(3), 412-421. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3>.
- Agung, I Dewa Gede, I Nyoman Suardana, and Ni Ketut Rapi. 2021. "E-Modul IPA Dengan Model STEM-PjBL Berorientasi Pendidikan Karakter Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa." 6: 120-33.
- Bybee, R. W. (2022). *STEM education: How to train 21st century teachers*. National Science Teaching Association Press.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2023). *Designing and conducting mixed methods research* (4th ed.). SAGE Publications.

- Fatma, Muthia Try et al. 2025. "Tinjauan Literatur Tentang Penggunaan E-Modul Sebagai Media Pembelajaran Biologi Undang-Undang Dirancang Berbasis e- Modul Dapat Meningkatkan Keterlibatan Konteks Kebutuhan Visualisasi Tinggi Dan Struktur." 14(2): 269-78.
- Hidayat, R., Suryani, N., & Prasetyo, Z. K. (2022). Teachers' expectations and challenges in developing STEM-based digital teaching materials. *Journal of Science Education and Technology*, 31(4), 523-534. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09945-7>
- Isma, Andika et al. 2023. "Peta Permasalahan Pendidikan Abad 21 Di Indonesia." 01(September): 11-28.
- Khairiyah, Nida'ul. 2019. *Pendekatan Science, Technology, Engineering Dan Mathematics(STEM)*. Medan: SPASI MEDIA.
<https://books.google.co.id/books?id=XWn7DwAAQBAJ>.
- Lestari, D., Rahmawati, Y., & Setiawan, A. (2025). Pengembangan bahan ajar digital berbasis STEM untuk mendukung pembelajaran biologi abad ke-21. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 11(1), 45-57. <https://doi.org/10.21831/jipi.v11i1>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Murniyati, Sri. 2025. "Transformasi Pendidikan : Kebutuhan Dan Tantangan Kompetensi Guru Dalam Menghadapi Era Digital Abad-21." 8(September): 359-67.
- Nasution, Muhammad Rizki. 2022. "Analisis Faktor Kesulitan Belajar Materi Bioteknologi Pada Siswa Sma Di Pematang Siantar." 5(2): 229-34.
- Nugroho, A., Putri, R. A., & Lestari, D. P. (2023). Teachers' needs analysis on STEM-based e-modules for biology learning. *Journal of Educational Technology Systems*, 52(1), 67-84. <https://doi.org/10.1177/00472395231112345>
- Rahmawati, I., & Hadi, S. (2024). Readiness of teachers in implementing STEM- integrated digital modules in biology learning. *International Journal of Instruction*, 17(1), 245-260. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.17114a>
- Rahmayumita, Restesa, and Nurkhairo Hidayati. 2023. "Kurikulum Merdeka : Tantangan Dan Implementasinya Pada Pembelajaran Biologi." 3(1): 1-9.
- Riadil Fitri, Nurkhairo Hidayati, Mellisa. 2025. "Identifikasi Kebutuhan Media Pembelajaran Biologi Yang Efektif Untuk Siswa Kelas VIII." 02(01): 20-25.
- Sabila, Salwa, Indayana Febriani Tanjung, Umami Nur, and Afinni Dwi. 2023. "Pengembangan E-LKPD Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Siswa Pada Materi Bioteknologi." 4(1): 33-43.
- Sapriani, Athira, and Sepita Ferazona. 2025. "Analisis Kesulitan Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Biologi Kelas X Ipa SMA Negeri 1 Rengat." (September).
- Sari, Dian Novita, Maulidhatul Hasanah, and Akhmad Nur Faisal. 2025. "Urgensi Penguasaan Literasi Digital Bagi Guru Dan Calon Guru Sekolah Dasar Dalam Menghadapi Tantangan Pembelajaran Di Abad 21." (4): 1-8.
- Sari, M., & Kurniawan, D. (2023). Kesiapan guru biologi dalam menerapkan pembelajaran berbasis STEM di sekolah menengah atas. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 9(2), 233-242. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i2>
- Utami, R. P., & Hidayat, T. (2024). Kebutuhan guru terhadap pengembangan e- modul berbasis STEM pada pembelajaran bioteknologi. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 10(1), 88-99. <https://doi.org/10.30870/jppi.v10i1>