



Pengembangan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* Terintegrasi Literasi Digital untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Komunikasi Siswa

Fathul Khoir^{1*}, Imas Cintamulya², Dede Nuraida³

¹⁻³Program Studi Magister Pendidikan Biologi, Universitas PGRI Ronggolawe, Indonesia

*Penulis Korespondensi: pakkhoir200@gmail.com

Abstract. This development research was motivated by the suboptimal achievement of 21st-century skills, particularly critical thinking and communication, in science learning that remains teacher-centered and relies on conventional teaching materials. The study aimed to design a Problem Based Learning (PBL) model integrated with digital literacy and to describe its validity, practicality, and effectiveness. The ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) was used. Five expert validators assessed the model, while practicality and effectiveness were tested on 28 ninth-grade students of MTs Mazra'atul Ulum Paciran, Lamongan, on the topic of heredity. The product is a modified PBL syntax that employs WhatsApp, Google Docs, web searching, and Canva, supported by a teaching module, student worksheets, and assessment instruments. Data were analyzed using descriptive quantitative statistics. The model was rated very valid (93.6%) and very practical (90.18%). In the effectiveness test, the mean critical thinking score was 88.17 and the mean communication score was 93.21, with 89.29% and 85.71% of students in the very good category, respectively. Teacher activity (90.01%), student activity (93.75%), learning management (90.63%), and student responses (89.98%) were also in the very good category. The model is therefore feasible as an alternative for training critical thinking and communication in science learning. Because the trial involved one class without a control group, further quasi-experimental testing is needed to confirm its effect on skill improvement.

Keywords: Communication Skills; Critical Thinking; Digital Literacy; Heredity; Problem Based Learning.

Abstrak. Penelitian pengembangan ini dilatarbelakangi oleh belum optimalnya keterampilan abad ke-21, khususnya kemampuan berpikir kritis dan komunikasi, pada pembelajaran IPA yang masih berpusat pada guru dan bergantung pada bahan ajar konvensional. Penelitian bertujuan mendesain model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) terintegrasi literasi digital serta mendeskripsikan kevalidan, kepraktisan, dan keefektifannya. Pengembangan menggunakan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Kevalidan dinilai oleh lima validator ahli, sedangkan kepraktisan dan keefektifan diuji pada 28 siswa kelas IX MTs Mazra'atul Ulum Paciran, Lamongan, pada materi hereditas. Produk berupa sintaks PBL termodifikasi yang memanfaatkan WhatsApp, Google Dokumen, penelusuran web, dan Canva, dilengkapi modul ajar, lembar kerja peserta didik, dan instrumen penilaian. Data dianalisis dengan statistik deskriptif kuantitatif. Hasil menunjukkan model sangat valid (93,6%) dan sangat praktis (90,18%). Pada uji keefektifan, rerata skor berpikir kritis sebesar 88,17 dan komunikasi sebesar 93,21, dengan 89,29% dan 85,71% siswa berada pada kategori sangat baik. Aktivitas guru (90,01%), aktivitas siswa (93,75%), pengelolaan pembelajaran (90,63%), dan respon siswa (89,98%) juga berkategori sangat baik. Dengan demikian, model ini layak digunakan sebagai alternatif untuk melatih kemampuan berpikir kritis dan komunikasi pada pembelajaran IPA. Karena uji coba hanya melibatkan satu kelas tanpa kelas kontrol, pengujian kuasi-eksperimen lanjutan diperlukan untuk memastikan pengaruhnya terhadap peningkatan kemampuan.

Kata Kunci: Berpikir Kritis; Hereditas; Kemampuan Komunikasi; Literasi Digital; *Problem Based Learning*.

1. LATAR BELAKANG

Pendidikan abad ke-21 menuntut siswa menguasai kecakapan komunikasi, kolaborasi, berpikir kritis, serta kreativitas dan inovasi (4C). Kecakapan tersebut krusial agar siswa mampu bersaing di tingkat nasional maupun internasional karena juga membantu pemahaman terhadap materi pelajaran (Krisnawati & Cintamulya, 2025). Mutu pendidikan yang baik menjadi dasar untuk menghasilkan sumber daya manusia yang andal (Satria et al., 2025). Di antara keempat kecakapan itu, berpikir kritis dan komunikasi menjadi fokus penelitian ini karena keduanya

saling menopang dalam proses pemecahan masalah: siswa perlu menalar suatu persoalan sekaligus mampu menyampaikan hasil penalarannya.

Berpikir kritis adalah proses pertimbangan yang aktif dan teliti untuk menerima pengetahuan hanya setelah disertai alasan pendukung dan kesimpulan yang rasional (Rahayu & Cintamulya, 2019). Kemampuan ini memungkinkan siswa membentuk penilaian berdasarkan analisis mendalam dan mencerminkan kualitas belajar mereka (Gazali & Dasna, 2023), serta membantu mereka menganalisis masalah teoretis dan menerapkannya dalam dunia nyata (Putri, 2024). Sementara itu, kemampuan komunikasi merupakan kemampuan siswa membagikan pengetahuan yang dipelajarinya kepada teman sebaya, baik secara lisan maupun tulisan (Akbar et al., 2023; Mayani, 2023).

Kondisi di lapangan belum sejalan dengan tuntutan tersebut. Skor sains Indonesia pada asesmen internasional TIMSS dan PISA cenderung menurun, yang menegaskan masih rendahnya kemampuan berpikir kritis siswa (Solikah, 2022). Kemampuan komunikasi siswa juga tergolong rendah, ditunjukkan oleh capaian 52,76% dan 64,67% yang berada di bawah batas minimum 70% (Sasmito et al., 2017). Salah satu penyebabnya adalah guru lebih memprioritaskan pengukuran hasil belajar kognitif sehingga kemampuan komunikasi tidak pernah diukur (Zainuddin, 2021). Studi pendahuluan di MTs Mazra'atul Ulum Paciran, Lamongan, memperlihatkan pola serupa: banyak siswa memperoleh nilai ulangan di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM), siswa hanya mampu menyelesaikan soal ranah C1-C3 dan mengalami kesulitan pada soal C4-C6, pembelajaran masih didominasi ceramah dengan bahan ajar konvensional, dan sekolah membatasi penggunaan gawai di kelas sehingga pemanfaatan teknologi belum optimal.

Model *Problem Based Learning* (PBL) berpotensi menjawab persoalan tersebut. PBL menuntut keaktifan siswa memecahkan masalah sehingga memicu berpikir kritis (Rahmi et al., 2024), dan penerapannya dilaporkan efektif meningkatkan berpikir kritis (Ali & Wajdi, 2022; Hariyani, 2024). PBL juga menggeser paradigma dari pengajaran yang berpusat pada guru menjadi pembelajaran yang berpusat pada siswa (Pertiwi et al., 2023) dan dilaporkan dapat meningkatkan keterampilan komunikasi pada pembelajaran biologi (Akbar et al., 2023; Zainuddin, 2021).

Agar PBL sesuai dengan perkembangan teknologi, model ini perlu dipadukan dengan literasi digital, yaitu kemampuan memanfaatkan teknologi digital untuk memperoleh, mengelola, dan mengevaluasi informasi (Techataweewan & Prasertsin, 2018). Pada tahap penyelidikan PBL, siswa harus mencari dan memilah informasi; tanpa literasi digital yang memadai, proses ini berisiko menghasilkan jawaban yang hanya menyalin dari buku atau

internet. Guru pun dituntut merancang pembelajaran dan bahan ajar yang mampu membangkitkan minat siswa (Khasanah & Nurmawati, 2021). Kebaruan tulisan ini terletak pada rancangan sintaks PBL yang secara eksplisit memetakan aktivitas digital (WhatsApp, Google Dokumen, penelusuran web, dan Canva) pada keterampilan berpikir kritis dan komunikasi tertentu pada setiap fasenya.

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah (1) mendesain model PBL terintegrasi literasi digital untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan komunikasi siswa, serta mendeskripsikan (2) kevalidan, (3) kepraktisan, dan (4) keefektifannya pada materi hereditas.

2. KAJIAN TEORITIS

Berpikir kritis dipahami sebagai berpikir rasional dan reflektif untuk memutuskan apa yang perlu dipercaya atau dilakukan. Karakteristiknya tampak pada kemampuan memusatkan perhatian pada pokok masalah (*focus*), memberi alasan (*reason*), menyimpulkan (*inference*), menyusun strategi pemecahan (*situation*), memberikan penjelasan (*clarity*), dan memeriksa kembali kesimpulan (*overview*) (Nurmalia & Sari, 2023). Kemampuan ini juga membiasakan siswa mengevaluasi pemikirannya sendiri guna menentukan pilihan dan merumuskan kesimpulan (Bahtiar et al., 2022). Komunikasi dalam konteks pembelajaran sains mencakup penyajian pengetahuan dan penulisan ilmiah, baik secara lisan maupun tertulis.

PBL adalah model pembelajaran yang bertitik tolak dari masalah nyata dan otentik yang diselesaikan siswa dengan memanfaatkan pengetahuan dan sumber belajar yang tersedia. Model ini mengaitkan ilmu yang dipelajari dengan lingkungan siswa sehingga konsep tidak terasa abstrak (Indrasari et al., 2023). Sintaks PBL secara umum meliputi lima fase, yaitu orientasi siswa pada masalah, pengorganisasian siswa untuk belajar, bimbingan penyelidikan individu dan kelompok, pengembangan dan penyajian hasil karya, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah.

Literasi digital dalam penelitian ini didefinisikan sebagai kemampuan memanfaatkan teknologi digital dan alat komunikasi untuk memperoleh, mengelola, dan mengevaluasi informasi secara kritis (Techataweewan & Prasertsin, 2018). Integrasi literasi digital ke dalam PBL dilakukan pada fase yang menuntut pencarian informasi, kolaborasi, dan penyajian hasil. Suatu model pembelajaran dipandang lengkap apabila memuat sintaks, sistem sosial, prinsip reaksi atau sistem interaksi, dan sistem pendukung (Joyce et al., 2015), sehingga keempat komponen inilah yang divalidasi dalam penelitian ini.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*research and development*) dengan model ADDIE yang terdiri atas lima tahap: analisis (*analysis*), desain (*design*), pengembangan (*development*), implementasi (*implementation*), dan evaluasi (*evaluation*). Tahap analisis dilakukan melalui studi pendahuluan terhadap hasil belajar, kendala pembelajaran, dan kebutuhan siswa serta guru. Tahap desain menghasilkan sintaks, sistem sosial, sistem pendukung, dan sistem interaksi model pada materi hereditas. Tahap pengembangan berupa validasi model oleh lima validator, yaitu guru IPA SMP/MTs berpendidikan S2 dengan pengalaman mengajar lebih dari 10 tahun. Tahap implementasi dilaksanakan pada 28 siswa kelas IX-D MTs Mazra'atul Ulum Paciran, Lamongan, sebanyak dua pertemuan, dengan dua observer yang mengamati pembelajaran. Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai keefektifan model.

Data dikumpulkan menggunakan lembar validasi model (kevalidan), lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran (kepraktisan), tes uraian berpikir kritis dan lembar penilaian komunikasi (keefektifan), lembar observasi aktivitas guru, aktivitas siswa, dan pengelolaan pembelajaran, serta angket respon siswa yang diisi oleh 15 siswa. Seluruh data dianalisis dengan statistik deskriptif kuantitatif berupa persentase skor yang dicocokkan dengan kriteria. Model dikategorikan sangat valid dan sangat praktis apabila persentase skor berada pada rentang 81-100% (Latif et al., 2022). Kemampuan berpikir kritis dan komunikasi dikategorikan sangat baik pada rentang skor 85,00-100,00, baik pada 75,00-84,99, cukup baik pada 60,00-74,99, dan kurang atau tidak baik pada skor di bawah 60,00. Model dinyatakan efektif apabila sekurang-kurangnya 75% siswa berada pada kategori baik atau sangat baik dan respon siswa berkategori positif (75% atau lebih), kriteria yang ditetapkan peneliti.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Kebutuhan dan Desain Model

Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis dan komunikasi siswa belum terlatih secara memadai. Siswa kesulitan menjawab pertanyaan yang menuntut penalaran, analisis, perbandingan, dan penyusunan solusi. Guru mengakui belum terbiasa menerapkan pembelajaran berbasis masalah yang dipadukan dengan literasi digital dan berharap tersedia model yang mudah diterapkan. Berdasarkan temuan tersebut dirancang model PBL terintegrasi literasi digital yang memanfaatkan telepon pintar yang sehari-hari dimiliki siswa, melalui aplikasi WhatsApp, laman web, Google Dokumen, dan Canva. Rancangan sintaks disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintaks PBL Terintegrasi Literasi Digital.

Fase PBL	Aktivitas pembelajaran terintegrasi literasi digital	Keterampilan yang dilatihkan
1. Orientasi siswa pada masalah	Guru membagikan video hereditas melalui grup WhatsApp; siswa mengidentifikasi dan merumuskan pokok masalah.	Berpikir kritis (mengidentifikasi masalah, memberi penjelasan sederhana)
2. Pengorganisasian siswa untuk belajar	Siswa dibagi menjadi kelompok dan mengerjakan lembar tugas digital pada Google Dokumen secara kolaboratif.	Komunikasi
3. Bimbingan penyelidikan individu dan kelompok	Siswa mencari informasi di internet (minimal satu fakta tambahan dari sumber kredibel), memeriksa kebenaran fakta, mengirim tangkapan layar ke grup, lalu menyusun dan menguji hipotesis.	Berpikir kritis (memberi alasan logis, membandingkan solusi); komunikasi (menyusun hasil diskusi kelompok)
4. Pengembangan dan penyajian hasil karya	Siswa membuat slide solusi berbasis data dengan templat Canva dan mengirimkannya melalui WhatsApp.	Komunikasi (penyajian dengan media digital)
5. Analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah	Presentasi digital, tanggapan melalui kolom komentar WhatsApp, dan refleksi.	Berpikir kritis (kesimpulan berbasis data); komunikasi

Sumber: Data penelitian (2026).

Selain sintaks, model dilengkapi sistem sosial berupa norma interaksi yang demokratis dan berpusat pada siswa, sistem interaksi berupa kolaborasi, diskusi kelompok, pencarian informasi, dan presentasi, serta sistem pendukung berupa modul ajar, rencana pelaksanaan pembelajaran, lembar kerja peserta didik (LKPD), dan instrumen penilaian berpikir kritis dan komunikasi.

Hasil Uji Kevalidan

Lima validator menilai kevalidan model pada empat komponen, yaitu sintaks, sistem pendukung, sistem sosial, dan sistem interaksi. Seluruh validator memberikan penilaian pada kategori sangat valid dengan rerata 93,6% (Tabel 4.1). Hasil ini menunjukkan bahwa model secara teoretis dan prosedural layak diujicobakan di kelas.

Tabel 2. Hasil Validasi Model Oleh Lima Validator.

Validator	Persentase (%)	Kriteria
Validator 1	94	Sangat valid
Validator 2	95	Sangat valid
Validator 3	94	Sangat valid
Validator 4	93	Sangat valid
Validator 5	92	Sangat valid
Rerata	93,6	Sangat valid

Sumber: Data penelitian (2026).

Hasil Uji Kepraktisan

Dua observer mengamati keterlaksanaan model selama pembelajaran, mencakup perencanaan, pelaksanaan, penggunaan media dan sumber digital, aktivitas guru, aktivitas siswa, dan waktu. Persentase keterlaksanaan sebesar 90,18% dan termasuk kategori sangat

praktis (Tabel 4.2). Artinya, guru dan siswa dapat menjalankan sintaks berbasis masalah yang memanfaatkan perangkat digital tanpa kendala berarti.

Hasil Uji Keefektifan

Pada kemampuan berpikir kritis, rerata skor siswa sebesar 88,17 (sangat baik); sebanyak 25 siswa (89,29%) berada pada kategori sangat baik dan 3 siswa (10,71%) pada kategori baik. Pada kemampuan komunikasi, rerata skor sebesar 93,21 (sangat baik); sebanyak 24 siswa (85,71%) berada pada kategori sangat baik dan 4 siswa (14,29%) pada kategori baik. Tidak ada siswa yang berada di bawah kategori baik pada kedua kemampuan tersebut (Tabel 4.3).

Tabel 3. Distribusi kemampuan berpikir kritis dan komunikasi siswa (N = 28).

Kategori (rentang skor)	Berpikir kritis, n (%)	Komunikasi, n (%)
Sangat baik (85,00-100,00)	25 (89,29)	24 (85,71)
Baik (75,00-84,99)	3 (10,71)	4 (14,29)
Cukup baik (60,00-74,99)	0 (0,00)	0 (0,00)
Kurang baik dan tidak baik (< 60,00)	0 (0,00)	0 (0,00)
Rerata skor	88,17	93,21

Sumber: Data penelitian (2026).

Aspek proses pembelajaran juga berkategori sangat baik. Aktivitas guru mencapai 90,01%, aktivitas siswa 93,75%, dan pengelolaan pembelajaran yang diamati dua observer 90,63%. Angket respon siswa menghasilkan skor 89,98% (sangat positif), dengan 11 dari 15 siswa (73,33%) sangat positif dan 4 siswa (26,67%) positif. Rekapitulasi seluruh aspek disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil uji kepraktisan dan keefektifan.

Aspek	Hasil (%)	Kategori
Keterlaksanaan pembelajaran (kepraktisan)	90,18	Sangat praktis
Aktivitas guru	90,01	Sangat baik
Aktivitas siswa	93,75	Sangat baik
Pengelolaan pembelajaran (dua observer)	90,63	Sangat baik
Respon siswa (15 siswa)	89,98	Sangat positif

Sumber: Data penelitian (2026).

Pembahasan

Kevalidan model yang tinggi menunjukkan bahwa keempat komponen model telah tersusun logis dan konsisten. Hasil ini berada pada rentang kriteria sangat valid (Latif et al., 2022) dan sejalan dengan upaya pengembang lain yang menguji validitas perangkat atau modul ajar berbasis PBL sebelum diujicobakan (Rahmi et al., 2024). Validasi oleh lima praktisi IPA juga memberi penguatan bahwa sintaks yang memetakan aktivitas digital pada keterampilan tertentu dapat dipahami dan diterapkan guru.

Kepraktisan yang sangat baik dapat dikaitkan dengan pemanfaatan aplikasi yang akrab bagi siswa, yaitu WhatsApp, Google Dokumen, dan Canva, sehingga siswa tidak perlu belajar perangkat baru. Kendala larangan gawai di kelas, yang ditemukan pada studi pendahuluan, diatasi dengan penggunaan gawai secara terarah untuk tugas tertentu pada fase penyelidikan dan penyajian hasil. Temuan ini mendukung pandangan bahwa literasi digital dapat menunjang pembelajaran yang berkelanjutan di tengah perkembangan teknologi (Techataweewan & Prasertsin, 2018).

Pada keefektifan, capaian berpikir kritis dan komunikasi siswa yang tinggi sejalan dengan laporan penelitian terdahulu bahwa PBL mendukung kemampuan berpikir kritis (Ali & Wajdi, 2022; Hariyani, 2024; Pertiwi et al., 2023) dan keterampilan komunikasi pada pembelajaran biologi (Akbar et al., 2023; Zainuddin, 2021). Secara mekanisme, fase orientasi masalah dan penyelidikan melatih siswa mengidentifikasi masalah, memeriksa kredibilitas sumber, dan memberi alasan logis, sedangkan fase kerja kelompok, penyusunan slide, dan presentasi memberi ruang latihan komunikasi lisan dan tulisan. Materi hereditas, yang menuntut penalaran terhadap data persilangan, cocok dipadukan dengan pelatihan berpikir kritis (Solikah, 2022). Tingginya aktivitas guru dan siswa serta respon positif siswa menunjukkan bahwa model ini tidak hanya berdampak pada kemampuan siswa, tetapi juga menciptakan suasana belajar yang aktif.

Hasil penelitian ini perlu ditafsirkan dengan hati-hati. Uji coba melibatkan satu kelas (28 siswa) dengan data kemampuan yang diperoleh setelah pembelajaran dan tanpa kelas kontrol, sehingga capaian yang tinggi menunjukkan bahwa kriteria keefektifan terpenuhi, tetapi belum dapat dinyatakan sebagai peningkatan kemampuan yang disebabkan oleh model. Pembuktian pengaruh model memerlukan desain *prates-pascates* atau kuasi-eksperimen dengan kelas pembandingan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan model PBL terintegrasi literasi digital yang memadukan sintaks lima fase dengan aktivitas digital berbasis WhatsApp, Google Dokumen, penelusuran web, dan Canva, serta dilengkapi sistem sosial, sistem interaksi, dan sistem pendukung. Model dinilai sangat valid (93,6%) dan sangat praktis (90,18%). Pada uji keefektifan, rerata kemampuan berpikir kritis sebesar 88,17 dan komunikasi sebesar 93,21 dengan seluruh siswa berada pada kategori baik atau sangat baik, didukung aktivitas guru, aktivitas siswa, pengelolaan pembelajaran, dan respon siswa yang berkategori sangat baik. Dengan demikian, model memenuhi kriteria layak untuk digunakan pada pembelajaran IPA materi hereditas.

Keterbatasan penelitian ini ialah uji coba hanya pada satu kelas di satu madrasah, pada satu materi, dan tanpa kelas kontrol, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi. Guru disarankan mengadaptasi model ini sesuai karakteristik kelas dan ketersediaan perangkat, sedangkan peneliti selanjutnya disarankan menguji pengaruh model dengan desain kuasi-eksperimen yang menyertakan pratest, kelas kontrol, dan uji statistik inferensial, serta menerapkannya pada materi dan jenjang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini bersumber dari tesis penulis pertama pada Program Magister Pendidikan Biologi, Universitas PGRI Ronggolawe Tuban, tahun 2026, di bawah bimbingan penulis kedua dan ketiga. Penulis mengucapkan terima kasih kepada MTs Mazra'atul Ulum Paciran, Lamongan, para validator dan observer, serta siswa kelas IX-D yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, E. A., Balqis, B., & Nurhayati, L. (2023). Peningkatan keterampilan komunikasi dan kolaborasi melalui penerapan model *Problem Based Learning* pada pembelajaran biologi. *Khazanah Pendidikan*, 17(2), 197. <https://doi.org/10.30595/jkp.v17i2.18326>
- Ali, S. N., & Wajdi, M. (2022). Pengaruh model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada konsep sistem peredaran darah manusia. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains*, 1(1), 19–26. <https://doi.org/10.51574/hybrid.v2i2.1274>
- Bahtiar, B., Maimun, M., & Anggriani W., B. L. (2022). Pengaruh model discovery learning melalui kegiatan praktikum IPA terpadu terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(2), 134–142. <https://doi.org/10.37630/jpm.v12i2.564>
- Gazali, F., & Dasna, I. W. (2023). Meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 5(3), 1401–1410. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v5i3.4290>
- Hariyani, S. (2024). Penerapan model *Problem Based Learning* untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. *Buletin Pengabdian Multidisiplin*, 1(1), 51–55. <https://doi.org/10.62385/budimul.v1i1.97>
- Indrasari, T., Astuti, E. P., & Kurniawan, H. (2023). Pengembangan modul ajar berbasis *Problem Based Learning* untuk meningkatkan kemampuan komunikasi matematis siswa. *JLEB: Journal of Law, Education and Business*, 1(2), 802–812. <https://doi.org/10.57235/jleb.v1i2.1156>
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2015). *Models of teaching* (9th ed.). Pearson.
- Khasanah, I., & Nurmawati, I. (2021). Pengembangan modul digital sebagai bahan ajar biologi untuk siswa kelas XI IPA. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Science Education*, 2(1), 34–44. <https://doi.org/10.35719/mass.v2i1.57>

- Krisnawati, A., & Cintamulya, I. (2025). Validitas LKPD sistem koordinasi terintegrasi pembelajaran CTL untuk meningkatkan berpikir kritis peserta didik. *Bioma: Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 10(1), 63–74. <https://doi.org/10.32528/bioma.v10i1.2978>
- Latif, D., Yusuf, F. M., & Dama, L. (2022). Uji validitas pengembangan perangkat pembelajaran menggunakan model pembelajaran problem solving materi pewarisan sifat untuk melatih keterampilan berpikir kritis. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 4(2), 94–100. <https://doi.org/10.34312/jebj.v4i2.14829>
- Mayani, C. (2023). Analisis keterampilan komunikasi ilmiah pada pembelajaran biologi. *Science Education and Development Journal Archives*, 1(1), 13–28. <https://doi.org/10.59923/sendja.v1i1.2>
- Nurmalia, N. R., & Sari, C. K. (2023). Kemampuan berpikir kritis siswa dalam memecahkan masalah HOTS. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 6(5), 2053–2064. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v6i5.19342>
- Pertiwi, F. A., Luayyin, R. H., & Arifin, M. (2023). *Problem Based Learning* untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis: Meta analisis. *JSE: Jurnal Sharia Economica*, 2(1), 42–49. <https://doi.org/10.46773/jse.v2i1.559>
- Putri. (2024). Meta analisis kemampuan berpikir kritis siswa SMP dalam pembelajaran IPA. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 15(1), 43–48. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v15i1.15580>
- Rahayu, & Cintamulya, I. (2019). Analisis kemampuan berpikir kritis siswa SMP berbasis gaya kognitif melalui pembelajaran TPS (Think Pairs Share) dengan media poster. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1), 8–14. <https://doi.org/10.20961/bioedukasi-uns.v12i1.27356>
- Rahmi, L., Fajrina, S., Helendra, H., Rahmi, F. O., & Rahmi, Y. L. (2024). Validitas modul ajar berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada materi sel fase F SMA. *Jurnal Jeumpa*, 11(1), 185–196. <https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9992>
- Sasmito, A., Suciati, S., & Maridi, M. (2017). Analisis potensi bahan ajar biologi kelas XI pada kurikulum 2013 dalam memberdayakan kemampuan berkomunikasi siswa. *Scientiae Educatia*, 6(2), 182. <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v6i2.1931>
- Satria, Kusasih, I. H., & Gusmaneli. (2025). Analisis rendahnya kualitas pendidikan di Indonesia saat ini: Suatu kajian literatur. *Jurnal Bintang Pendidikan Indonesia*, 3(2), 292–309. <https://doi.org/10.55606/jubpi.v3i2.3838>
- Solikhah. (2022). Pengembangan e-book interaktif materi pewarisan sifat untuk melatih keterampilan berpikir kritis peserta didik kelas XII SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 11(2), 374–383. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v11n2.p374-383>
- Techataweewan, W., & Prasertsin, U. (2018). Development of digital literacy indicators for Thai undergraduate students using mixed method research. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(2), 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2017.07.001>
- Zainuddin, M. (2021). Upaya meningkatkan keterampilan komunikasi siswa melalui model pembelajaran *Problem Based Learning* pada mata pelajaran biologi kelas XI SMA Islam Plus Amali. *Jurnal Biologi Kontekstual*, 3(2), 69–74.