



Problem-Based Learning sebagai Strategi Penguatan Literasi Biologi Abad ke-21 di Jenjang Sekolah Menengah Atas

Maulida Sahruni^{1*}, Agus Ramdani², Karnan³

^{1,2,3,4} Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mataram, Mataram.

DOI: <https://doi.org/10.29303/jcar.v8i3.15130>

Received: 15 Juni 2026

Revised: 15 J Agustus 2026

Accepted: 21 Agustus 2026

Abstract: This study aimed to analyze the effect of the Problem-Based Learning (PBL) model on high school students' biological literacy in the Immune System topic. The research employed a quasi-experimental design with a non-equivalent control group, involving two Grade XI classes at SMAN 1 Narmada, West Lombok, in the 2025/2026 academic year. The experimental class received instruction through PBL, while the control class followed conventional lecture-based teaching. The research instrument consisted of a validated and reliable multiple-choice biological literacy test. Data were analyzed using the Mann-Whitney U test because some data did not meet the normality assumption. The results showed no significant difference in pretest scores, indicating that both groups had relatively similar initial abilities. However, the posttest results revealed a significant difference ($p = 0.000 < 0.05$) with an effect size of $r = 0.57$, categorized as a large effect. These findings indicate that PBL significantly improves students' biological literacy. Practically, PBL effectively strengthens conceptual understanding, promotes critical thinking skills, and enhances multidimensional biological literacy in accordance with the demands of 21st-century learning.

Keywords: Problem-Based Learning, biological literacy, 21st-century learning, quasi-experiment

Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model Problem-Based Learning (PBL) terhadap literasi biologi siswa SMA pada materi Sistem Kekebalan Tubuh. Penelitian menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan rancangan non-equivalent control group yang melibatkan dua kelas XI di SMAN 1 Narmada, Lombok Barat, tahun ajaran 2025/2026. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran menggunakan PBL, sedangkan kelas kontrol mengikuti pembelajaran konvensional berbasis ceramah. Instrumen penelitian berupa tes literasi biologi pilihan ganda yang telah valid dan reliabel. Analisis data menggunakan uji Mann-Whitney U karena sebagian data tidak memenuhi asumsi normalitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai pretest, sehingga kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang relatif sama. Namun, hasil posttest menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p = 0,000 < 0,05$) dengan nilai effect size sebesar $r = 0,57$ yang termasuk kategori efek besar. Temuan ini menunjukkan bahwa PBL secara signifikan meningkatkan literasi biologi siswa. Secara praktis, PBL efektif dalam memperkuat pemahaman konsep, menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, dan meningkatkan literasi biologi multidimensional sesuai dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Keywords: Problem-Based Learning, Literasi Biologi, Pembelajaran Abad Ke-21, Kuasi-Eksperimen

Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 membutuhkan penguasaan pemikiran kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas (keterampilan 4C) sebagai kompetensi global (OECD, 2019). Dalam konteks pembelajaran sains, salah satu kompetensi yang perlu dikembangkan adalah literasi biologi. Literasi biologi tidak hanya mencakup penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan memahami, menggunakan, dan menafsirkan informasi biologi untuk mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah (Uno & Bybee, 1994; Roberts & Bybee, 2014). Kemampuan ini menjadi semakin penting karena siswa dihadapkan pada berbagai persoalan global, seperti perubahan iklim, kesehatan masyarakat, perkembangan bioteknologi, dan keberlanjutan lingkungan (Holbrook & Rannikmae, 2009; Norris & Phillips, 2003).

Namun, capaian literasi biologis siswa Indonesia masih tergolong rendah. Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih berada pada tingkat literasi nominal dan fungsional, sehingga belum mampu mengaitkan konsep biologi dengan fenomena kehidupan sehari-hari secara mendalam (Zuhara et al., 2019; OECD, 2019). Rendahnya kemampuan tersebut dipengaruhi oleh proses pembelajaran yang masih berpusat pada guru, keterlibatan siswa yang terbatas, serta kurangnya pengalaman belajar yang kontekstual dan berbasis pemecahan (Sugiharti et al., 2023). Akibatnya, siswa cenderung memahami konsep biologi secara hafalan tanpa mampu menerapkannya dalam situasi nyata.

Salah satu model pembelajaran yang dinilai mampu mengatasi permasalahan tersebut adalah *Problem Based Learning* (PBL). Model ini menempatkan siswa pada situasi pemecahan masalah autentik sehingga mendorong keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi ilmiah, serta kemampuan menghubungkan konsep dengan konteks kehidupan nyata (Hmelo-Silver, 2004; Putri & Setyaningsih, 2022). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa PBL efektif dalam meningkatkan literasi sains, dan hasil belajar siswa (Strobel & van Barneveld, 2009; Dolmans et al., 2016). Meskipun demikian, penelitian mengenai penerapan PBL dalam meningkatkan literasi biologi pada materi Sistem Kekebalan Tubuh di tingkat SMA Indonesia masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada hasil belajar kognitif atau literasi sains secara umum, sedangkan pengukuran literasi biologi yang bersifat multidimensional meliputi pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, dan penerapan

pengetahuan biologis dalam konteks kehidupan nyata belum banyak dikaji secara spesifik. Selain itu, materi Sistem Kekebalan Tubuh memiliki karakteristik yang kompleks dan kontekstual sehingga memerlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep biologi dengan fenomena kesehatan sehari-hari.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *Problem Based Learning* terhadap literasi biologis siswa SMA pada materi Sistem Kekebalan Tubuh. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai efektivitas PBL dalam mendukung pengembangan literasi biologi siswa serta memperkuat implementasi pembelajaran biologi yang relevan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimen dengan rancangan *non-equivalent control group design*. Penelitian dilaksanakan di SMAN 1 Narmada, Lombok Barat pada tahun ajaran 2025/2026. Subjek penelitian terdiri atas dua kelas XI yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Pemilihan kelas didasarkan pada kesetaraan kemampuan akademik siswa yang ditinjau dari nilai biologi semester sebelumnya serta rekomendasi guru mata pelajaran. Kelas XI-6 ($n = 35$) ditetapkan sebagai kelas eksperimen yang memperoleh pembelajaran menggunakan model *Problem-Based Learning* (PBL), sedangkan kelas XI-7 ($n = 35$) sebagai kelas kontrol yang diajar menggunakan pembelajaran konvensional.

Untuk meminimalkan ancaman terhadap validitas internal, kedua kelas diajar oleh guru yang sama, menggunakan alokasi waktu pembelajaran yang sama, materi yang sama, dan dilaksanakan pada rentang waktu pembelajaran yang relatif setara. Dengan demikian, perbedaan hasil belajar diupayakan berasal dari perbedaan perlakuan pembelajaran yang diberikan.

Intervensi pembelajaran dilaksanakan selama tiga kali pertemuan pada materi Sistem Kekebalan Tubuh. Pada kelas eksperimen, kegiatan pembelajaran mengikuti tahapan utama PBL yang meliputi mengorientasikan siswa pada masalah, mengorganisasikan siswa untuk belajar, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan mempresentasikan hasil, serta menganalisis dan mengevaluasi proses pembelajaran. Siswa secara kolaboratif menganalisis permasalahan biologi kontekstual yang berkaitan dengan Sistem Kekebalan Tubuh, sedangkan guru berperan sebagai fasilitator pembelajaran. Adapun

pada kelas kontrol, pembelajaran dilaksanakan menggunakan metode konvensional berupa ceramah dan tanya jawab. Meskipun intervensi dilakukan dalam waktu yang relatif singkat, penerapan PBL difokuskan pada aktivitas pemecahan masalah yang intensif untuk memfasilitasi keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran.

Instrumen penelitian berupa tes literasi biologi berbentuk pilihan ganda yang terdiri atas 25 butir soal dan disusun berdasarkan indikator literasi biologi. Instrumen dirancang untuk mengukur kemampuan siswa dalam memahami konsep biologis, menerapkan pengetahuan dalam konteks kehidupan sehari-hari, serta menganalisis permasalahan biologi secara kritis. Kisi-kisi instrumen mencakup dimensi literasi biologis meliputi pemahaman konseptual, literasi fungsional, dan penerapan kontekstual. Contoh soal mencakup analisis respons sistem kekebalan tubuh terhadap alergi, vaksinasi, dan berbagai fenomena kesehatan yang berkaitan dengan sistem kekebalan tubuh.

Instrumen diuji validitas isi melalui *expert judgment* oleh dosen pendidikan biologi dan guru mata pelajaran, sedangkan reliabilitas instrumen dianalisis menggunakan koefisien *alpha Cronbach* yang menunjukkan kategori reliabilitas memadai (Fraenkel et al., 2012; Sugiyono, 2020). Pretest dan posttest diberikan kepada kedua kelompok untuk mengukur perubahan capaian literasi biologi siswa.

Analisis data diawali dengan uji normalitas dan homogenitas. Uji homogenitas varians dilakukan menggunakan uji Levene. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa tidak seluruh data memenuhi asumsi distribusi normal, sehingga analisis perbedaan antara kelompok eksperimen dan kontrol dilakukan menggunakan uji nonparametrik Mann-Whitney U (Nachar, 2008). Besar pengaruh (*effect size*) dihitung berdasarkan nilai Z untuk mengetahui kekuatan pengaruh penerapan PBL terhadap literasi biologi (Cohen, 1988).

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini disajikan berdasarkan data yang diperoleh dari pelaksanaan pretest dan posttest pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol. Data tersebut dianalisis untuk mengetahui perbedaan kemampuan literasi biologi peserta didik setelah penerapan PBL. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, terlebih dahulu dilaksanakan uji prasyarat analisis sebagai berikut.

Hasil Uji Normalitas

Uji Shapiro-Wilk dilakukan untuk mengetahui apakah data pretest dan posttest pada kelompok

kontrol dan kelompok eksperimen berdistribusi normal (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas *Shapiro-Wilk*

Kelas	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Pretest Kontrol	.864	35	.000
Posttest Kontrol	.937	35	.045
Pretest Eksperimen	.887	35	.002
Posttest Eksperimen	.948	35	.101

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar data tidak berdistribusi normal, kecuali data posttest pada kelas eksperimen. Kondisi ini mengindikasikan bahwa data tidak memenuhi asumsi normalitas, sehingga analisis hipotesis dilakukan menggunakan statistik nonparametrik, yaitu uji *Mann-Whitney U*. Pendekatan ini dipilih agar hasil analisis tetap valid dan dapat diinterpretasikan secara tepat.

Hasil Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan menggunakan uji Levene untuk mengetahui kesamaan varians antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen (Tabel 2).

Table 2. Hasil Uji Homogenitas

	Statistic	p-value
Pretest	.566	.455
Posttest	.121	.730

Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki varians yang homogen, karena nilai signifikansi pada pretest maupun posttest lebih besar dari 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa asumsi homogenitas telah terpenuhi, sehingga perbedaan skor yang muncul pada posttest dapat diinterpretasikan sebagai pengaruh perlakuan pembelajaran.

Hasil Uji Mann-Whitney U

Uji *Mann-Whitney U* digunakan untuk membandingkan skor posttest antara kelas kontrol dan kelas eksperimen setelah penerapan model PBL dilakukan (Tabel 3).

Table 3. Hasil Uji Mann-Whitney U

	Pretest	Posttest
Mann-Whitney U	577.000	208.500
Wilcoxon W	1207.000	838.500
Z	-.430	-4.796
Asymp. Sig. (2-tailed)	.667	.000

Hasil uji Mann-Whitney U pada pretest menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,667 ($> 0,05$), yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan pada kemampuan awal literasi biologi antara kelompok

eksperimen dan kelompok kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki tingkat kemampuan awal yang setara sebelum diberikan perlakuan. Sebaliknya, hasil posttest menunjukkan adanya perbedaan signifikan dengan nilai signifikansi sebesar 0,000 ($< 0,05$). Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan signifikan literasi biologi antara siswa yang memperoleh pembelajaran menggunakan model PBL dan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Siswa pada kelas eksperimen memperoleh skor literasi biologi lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol.

Besar pengaruh (*effect size*) dihitung menggunakan rumus $r = Z / \sqrt{N}$, dengan nilai $Z = 4,796$ dan jumlah sampel total (N) = 70, sehingga diperoleh nilai effect size sebesar $r = 0,57$. Berdasarkan kriteria Cohen (1988), nilai tersebut termasuk kategori efek besar. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan PBL memberikan pengaruh yang kuat terhadap peningkatan literasi biologis siswa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL efektif dalam meningkatkan literasi biologi siswa pada materi Sistem Kekebalan Tubuh. Peningkatan tersebut terlihat dari skor posttest kelas eksperimen yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol setelah proses pembelajaran berlangsung. Kesetaraan kemampuan awal antar kelompok memastikan bahwa perbedaan skor posttest yang muncul disebabkan oleh perlakuan pembelajaran, bukan oleh perbedaan kemampuan awal. Hal ini sejalan dengan prinsip perbandingan yang adil dalam penelitian Pendidikan (Fraenkel et al., 2012).

Penerapan PBL memberikan kesempatan kepada siswa untuk terlibat aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan pemecahan masalah, diskusi kelompok, dan penyelidikan ilmiah. Melalui aktivitas tersebut, siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga membangun pemahaman konsep secara mandiri melalui proses berpikir kritis dan kolaboratif. Kondisi ini sejalan dengan karakteristik PBL yang menekankan pembelajaran berpusat pada siswa dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Hmelo-Silver, 2004).

Pada materi Sistem Kekebalan Tubuh, penerapan PBL menjadi lebih relevan karena materi ini berkaitan erat dengan fenomena kehidupan sehari-hari, seperti infeksi, vaksinasi, alergi, dan respons imun tubuh terhadap penyakit. Permasalahan kontekstual tersebut mendorong siswa untuk menghubungkan konsep biologis dengan situasi nyata sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna. Siswa tidak hanya menghafal fungsi organ atau mekanisme imun, tetapi juga mampu menganalisis penyebab dan solusi terhadap

permasalahan kesehatan yang diberikan selama proses pembelajaran.

Selain itu, proses diskusi dan investigasi dalam PBL membantu siswa mengembangkan kemampuan komunikasi ilmiah dan kerja sama dalam kelompok. Aktivitas tersebut mendukung peningkatan literasi biologis multidimensional, terutama pada aspek pemahaman konseptual, penerapan pengetahuan, dan kemampuan berpikir kritis. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa PBL lebih unggul dibandingkan pembelajaran tradisional, terutama dalam menghasilkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dalam jangka panjang. Dengan menghubungkan konsep abstrak dengan konteks kehidupan nyata, seperti respons imun terhadap vaksinasi atau infeksi virus, siswa memperoleh pemahaman yang lebih bermakna (Strobel & van Barneveld, 2009). Dolmans et al. (2016) juga menegaskan bahwa PBL mendorong pembelajaran mendalam karena menekankan pemahaman, bukan sekadar hafalan. Temuan penelitian ini juga menunjukkan bahwa pembelajaran konvensional cenderung menghasilkan keterlibatan siswa yang lebih rendah dibandingkan pembelajaran berbasis masalah. Pada kelas kontrol, siswa lebih banyak menerima penjelasan dari guru sehingga kesempatan untuk mengeksplorasi dan mengaitkan konsep dengan fenomena nyata menjadi lebih terbatas. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan literasi biologis siswa tidak optimal kelas eksperimen.

Santhosh et al. (2024) melalui meta-analisis melaporkan bahwa strategi problem-based learning dan pembelajaran kolaboratif memberikan pengaruh positif terhadap pembelajaran biologi pada kelas dengan kemampuan beragam. PBL memfasilitasi interaksi, diskusi, dan kerja sama antarsiswa, sehingga setiap siswa dapat berkontribusi sesuai kemampuannya. Dinamika kelompok seperti ini memperkuat keterampilan argumentasi dan komunikasi ilmiah (Hmelo-Silver & Barrows, 2006).

Penelitian ini juga memperkuat pandangan bahwa literasi biologi tidak hanya mencakup penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan menerapkan pengetahuan dalam konteks kehidupan nyata (Uno & Bybee, 1994; Roberts & Bybee, 2014). Dalam penelitian ini, PBL mendorong siswa menganalisis fenomena biologi, seperti cara sistem kekebalan tubuh melawan penyakit, sehingga berkembang literasi multidimensi yang mencakup pengetahuan, berpikir kritis, dan sikap ilmiah. Wulandari et al. (2024) juga menemukan bahwa integrasi PBL dengan literasi sains secara signifikan meningkatkan kemampuan analitis dan berpikir kritis siswa.

Selain itu, PBL sejalan dengan tujuan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), kolaborasi, dan komunikasi (UNESCO, 2021). Safira & Agustina, (2024) menunjukkan bahwa PBL berbasis konteks budaya secara signifikan meningkatkan literasi sains siswa SMA. Capili & Anastasi, (2024) juga menyoroti bahwa tugas kolaboratif berbasis PBL mendorong komunikasi ilmiah serta pemahaman konsep yang lebih mendalam, karena siswa belajar tidak hanya dari guru, tetapi juga dari teman sebaya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat bahwa penerapan PBL pada materi Sistem Kekebalan Tubuh dapat menjadi alternatif pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan literasi biologi siswa SMA. Model ini relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21 yang menekankan pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, komunikasi, dan kolaborasi. Pada materi Sistem Kekebalan Tubuh, siswa didorong untuk menganalisis berbagai fenomena kesehatan kontekstual seperti vaksinasi, alergi, dan respons kekebalan tubuh sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna dan aplikatif. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ernawati et al. (2022) yang menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis masalah mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui aktivitas pemecahan masalah kontekstual. Selain itu, kemampuan menghubungkan konsep biologi dengan fenomena nyata juga mendukung penguatan literasi ilmiah siswa dalam mengambil keputusan berbasis bukti (Norris & Phillips, 2003).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, durasi intervensi pembelajaran relatif singkat, yaitu hanya tiga kali pertemuan, sehingga belum sepenuhnya menggambarkan pengaruh jangka panjang penerapan PBL terhadap literasi biologis siswa. Kedua, instrumen penelitian berupa soal pilihan ganda belum mampu mengungkap secara mendalam kemampuan argumentasi ilmiah dan penalaran siswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan durasi pembelajaran yang lebih panjang serta mengombinasikan instrumen tes dengan asesmen uraian atau wawancara untuk memperoleh gambaran literasi biologis yang lebih komprehensif.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan Problem-Based Learning (PBL) berpengaruh signifikan terhadap peningkatan literasi biologi siswa SMA pada materi Sistem Kekebalan Tubuh. Siswa pada kelas eksperimen memperoleh skor literasi biologi lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol dengan nilai

signifikansi 0,000 ($p < 0,05$) dan effect size sebesar $r = 0,57$ yang termasuk kategori efek besar. Penerapan PBL efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan berpikir kritis, dan kemampuan siswa mengaitkan konsep biologis dengan fenomena kehidupan nyata. Dengan demikian, PBL dapat menjadi alternatif pembelajaran yang relevan untuk mendukung pengembangan literasi biologi sesuai tuntutan pembelajaran abad ke-21.

Referensi

- Capili, B., & Anastasi, J. K. (2024). An Introduction to Types of Quasi-Experimental Designs. *American Journal of Nursing*, 124(11), 50–52. <https://doi.org/10.1097/01.NAJ.0001081740.74815.20>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Dolmans, D. H. J. M., Loyens, S. M. M., Marcq, H., & Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. *Advances in Health Sciences Education*, 21(5), 1087–1112. <https://doi.org/10.1007/s10459-015-9645-6>
- Ernawati, M. D. W., Sudarmin, Asrial, Damris, M., Haryanto, Nevriansyah, E., Fitriani, R., & Putri, W. A. (2022). How Scaffolding Integrated With Problem Based Learning Can Improve Creative Thinking in Chemistry? *European Journal of Educational Research*, 11(3), 1349–1361. <https://doi.org/10.12973/eujer.11.3.1349>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://link.springer.com/article/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Hmelo-Silver, C. E., & Barrows, H. S. (2006). Goals and Strategies of a Problem-based Learning Facilitator. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 5–22. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1004>
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(3), 275–288. <https://doi.org/10.4324/9781003056584-3>
- Nachar, N. (2008). The Mann-Whitney U: A Test for Assessing Whether Two Independent Samples Come from the Same Distribution. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 4(1), 13–20. <https://doi.org/10.20982/tqmp.04.1.p013>

- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). *How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy*. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- OECD. (2019). PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do. In *OECD Publishing: Vol. I*. <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results-volume-iii-acd78851-en.htm>
- Putri Utami, F., & Setyaningsih, E. (2022). Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik Menggunakan Pembelajaran Problem Based Learning Pada Materi Sistem Ekskresi. *Journal of Educational Learning and Innovation (ELIA)*, 2(2), 240–250. <https://doi.org/10.46229/elia.v2i2.470>
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. *Handbook of Research on Science Education, Volume II*, 10513, 545–558. <https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch27>
- Safira, G., & Agustina, L. (2024). Kemampuan Literasi Sains Siswa Melalui Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) berbasis Culturally Responsive Teaching (CRT). *Bioeduscience*, 8(3), 327–333. <https://doi.org/10.22236/jbes/14619>
- Santhosh, M. E., Bhadra, J., Ahmad, Z., & Al-Thani, N. (2024). A meta-analysis to gauge the impact of pedagogies employed in mixed-ability high school biology classrooms. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1–17. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02338-x>
- Strobel, J., & van Barneveld, A. (2009). When is PBL More Effective? A Meta-synthesis of Meta-analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3(1). <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1046>
- Sugiharti, S., Kurnia Sugandi, M., & Aripin, I. (2023). Analisis Buku Teks Biologi Kelas Xii Sma Berdasarkan Literasi Sains Pada Materi Bioteknologi. *MIRABILIS: Journal of Biology Education*, 2(1), 1–12. <https://ejournal.papanda.org/index.php/jm>
- Sugiyono. (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*.
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. UNESCO Publishing.
- Uno, G. E., & Bybee, R. W. (1994). Understanding the Dimensions of Biological Literacy. *BioScience*, 44(8), 553–557. <https://doi.org/10.2307/1312283>
- Wulandari, D., Dwikoranto, & Setiani, R. (2024). Pengaruh Model Problem Based Learning Terintegrasi Literasi Sains Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik Tingkat Sma. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika*, 14(1), 1–5. <https://doi.org/10.26740/ipf.v14n1.p1-5>
- Zuhara, E., Jufri, A. W., & Soeprianto, H. (2019). Kemampuan Literasi Biologi Berdasarkan Gender Pada Siswa Peminatan Mipa Di Sma Negeri Kabupaen Lombok Barat. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 5(1), 115–119. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v5i1.234>