

EFEKTIFITAS MODEL *PBL* TERINTEGRASI *STEM* TERHADAP KEMAMPUAN LITERASI SAINS SISWA PADA MATERI SISTEM IMUN

Wahyu Kunti Sundari*, Aditya Marianti, Lisdiana, Saiful Ridlo
 Prodi Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang
 Jl. Raya Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

*Email: wahyukunti006@students.unnes.ac.id

Abstrak

Literasi sains merupakan keterampilan penting abad ke-21 yang perlu ditingkatkan untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan global. Sistem imun adalah topik yang kompleks dan memerlukan pendekatan inovatif agar lebih mudah dipahami siswa. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas model *Problem-Based Learning (PBL)* terintegrasi *STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)* dalam meningkatkan literasi sains siswa, karena metode konvensional kurang efektif untuk materi kompleks. Metode penelitian yang digunakan adalah pre-eksperimental dengan desain pretest-posttest pada 96 siswa kelas XI SMAN 2 Kebumen. Data dikumpulkan melalui tes pretest dan posttest untuk mengukur literasi sains serta angket untuk mengevaluasi tanggapan siswa. Hasil menunjukkan bahwa model *PBL-STEM* efektif meningkatkan literasi sains siswa dengan rata-rata *N-gain* 0,47 (kategori sedang), dimana 85% siswa mencapai ketuntasan klasikal dan 83% memberikan tanggapan positif. Penerapan model ini dapat meningkatkan pemahaman terhadap konsep ilmiah yang kompleks dan berpotensi diterapkan secara luas di sekolah menengah, sehingga mempersiapkan siswa untuk tantangan masa depan.

Kata kunci: literasi sains, *PBL-STEM*, sistem imun

Abstract

Scientific literacy is an essential 21st-century skill to prepare students for global challenges. Complex topics such as the immune system require innovative approaches to enhance understanding. This study aims to evaluate the effectiveness of the *Problem-Based Learning (PBL)* model integrated with *STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)* in enhancing students' scientific literacy, as conventional methods have proven ineffective for complex topics. A pre-experimental method with a pretest-posttest design was conducted with 96 eleventh-grade students from SMAN 2 Kebumen. Data were collected through pretest-posttest assessments to measure scientific literacy and a questionnaire to assess students' responses to the *PBL-STEM* model. The results showed that the model effectively enhanced scientific literacy, with an average *N-gain* of 0.47 (moderate category), where 85% of students achieved classical mastery and 83% responded positively. Implementing this model can significantly improve students' understanding of complex scientific concepts and has the potential for broader application in secondary schools, fostering to meet future challenges.

Keywords: immune system, *PBL-STEM*, scientific literacy,

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 sangat menekankan pada pengembangan literasi sains siswa, yang merupakan keterampilan penting untuk mempersiapkan mereka menghadapi tantangan global. Literasi sains tidak hanya mencakup pemahaman konsep ilmiah, tetapi juga kemampuan untuk menerapkannya dalam menyelesaikan masalah nyata dan membuat keputusan yang tepat (Nisrina *et al.*, 2020). Namun, hasil *Programme for International Student Assessment (PISA)* 2019 menunjukkan bahwa siswa Indonesia berada di peringkat 73 dari 78 negara dalam literasi sains, dengan skor jauh di bawah rata-rata global (OECD, 2019). Meskipun ada sedikit peningkatan pada tahun 2022, skor tersebut tetap di bawah rata-rata global, yakni hanya mencapai 359 poin (OECD, 2022). Temuan ini menunjukkan adanya tantangan besar dalam meningkatkan pemahaman sains dan

kemampuan siswa Indonesia dalam mengaplikasikan pengetahuan ilmiah untuk memecahkan masalah kehidupan nyata (Yusmar dan Fadilah, 2023).

Salah satu materi yang dikenal sulit dipahami oleh siswa di tingkat menengah adalah sistem imun, yang sering kali dianggap terlalu kompleks. Penelitian menunjukkan bahwa 76,1% siswa mengalami kesulitan memahami istilah dan konsep-konsep penting yang terkandung dalam materi ini (Yudistira *et al.*, 2021). Penelitian lain oleh Ulfa dan Hidayatussakinah (2023) mendukung temuan ini, dimana sebagian besar siswa, baik pada kategori kesulitan tinggi maupun sedang, menemukan materi ini sulit untuk dikuasai. Kompleksitas istilah dan konsep dalam sistem imun menjadi hambatan utama, terutama dengan metode pembelajaran konvensional. Di sisi lain, faktor-faktor eksternal dan internal siswa juga berperan dalam menghambat pemahaman materi ini (Amaliyah *et al.*, 2021; Fatah *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif dan interaktif untuk membantu siswa mempelajari topik-topik ilmiah yang kompleks seperti sistem imun.

Salah satu pendekatan yang semakin banyak digunakan dalam pembelajaran sains adalah *Problem-Based Learning* (PBL) yang diintegrasikan dengan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Pendekatan ini tidak hanya mendorong siswa untuk mempelajari konsep ilmiah, tetapi juga menerapkannya dalam situasi nyata melalui pemecahan masalah kritis dan kolaboratif. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa baik PBL maupun STEM, ketika diterapkan secara terpisah, efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan literasi sains siswa (Febrianto *et al.*, 2021; Pane *et al.*, 2021).

Meskipun banyak penelitian telah membahas efektivitas PBL dan STEM secara terpisah, masih jarang ada kajian yang mengeksplorasi integrasi kedua pendekatan ini, terutama dalam meningkatkan literasi sains pada materi yang kompleks seperti sistem imun. Pemahaman tentang dampak penggabungan PBL dan STEM terhadap peningkatan literasi sains siswa masih terbatas, terutama dalam membandingkannya dengan penerapan salah satu metode secara mandiri.

Melalui integrasi kedua pendekatan ini, diharapkan PBL-STEM dapat menjadi model pembelajaran yang lebih efektif, khususnya dalam pendidikan sains yang membutuhkan penerapan konsep secara langsung. Pendekatan ini sejalan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21 yang menekankan keterampilan berpikir kritis, inovasi, dan kerja sama tim (Dare *et al.*, 2021).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas model PBL-STEM dalam meningkatkan literasi sains siswa, khususnya pada materi sistem imun. Model ini diharapkan tidak hanya membantu siswa memahami konsep ilmiah yang kompleks, tetapi juga menyarankan pendekatan pembelajaran yang lebih aplikatif dan relevan untuk diterapkan secara luas di sekolah menengah.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pre-eksperimental tipe *One-Group Pretest-Posttest* tanpa control. Subjek penelitian adalah 96 siswa kelas XI MIPA di SMA Negeri 2 Kebumen yang dipilih secara *purposive sampling*. Instrumen penelitian berupa tes literasi sains (20 soal pilihan ganda) pada *pretest* dan *posttest* untuk mengukur peningkatan literasi sains setelah penerapan model PBL-STEM, serta angket untuk menilai keterlaksanaan pembelajaran dan tanggapan siswa. Model PBL-STEM dikatakan efektif apabila memenuhi dua indikator utama: 1) $\geq 80\%$ dari siswa memiliki N-gain dalam kategori sedang hingga tinggi, dan 2) $\geq 80\%$ siswa mencapai KKM klasikal. Data dianalisis menggunakan uji *N-gain* untuk menilai peningkatan literasi sains, serta analisis deskriptif untuk mengevaluasi respon siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kemampuan Literasi Sains Siswa

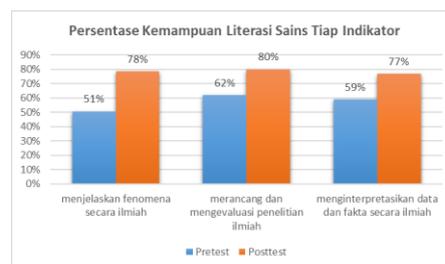
Penelitian ini mengukur kemampuan literasi sains siswa aspek kompetensi melalui tiga indikator utama, yaitu: *menjelaskan fenomena ilmiah, merancang dan mengevaluasi penelitian ilmiah, serta menginterpretasikan data dan bukti secara ilmiah*. Hasil dari uji N-gain menunjukkan rata-rata sebesar 0.47 yang berada dalam kategori sedang. Hasil uji N-gain yang diperoleh dari tiga kelas sampel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji gain pada ketiga kelas sampel penelitian

Kelas	N-Gain	Kategori
XI MIPA 4	0,48	Sedang
XI MIPA 5	0,45	Sedang
XI MIPA 6	0,49	Sedang
Rata-rata	0,47	Sedang

Distribusi Kemampuan Literasi Sains Berdasarkan Indikator

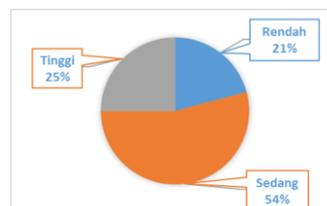
Distribusi kemampuan literasi sains siswa pada setiap indikator ditunjukkan melalui diagram berikut:



Gambar 1. Grafik distribusi kemampuan literasi sains berdasarkan indikator

Grafik menunjukkan peningkatan kemampuan literasi sains siswa setelah penerapan model PBL-STEM. Indikator *merancang dan mengevaluasi penelitian ilmiah* mengalami peningkatan tertinggi sebesar 27%, diikuti oleh indikator *menjelaskan fenomena ilmiah* dan *menginterpretasi data dan bukti ilmiah* yang masing-masing meningkat sebesar 18%.

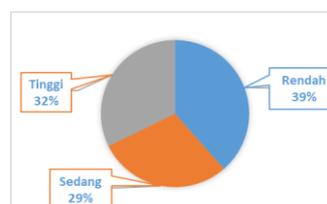
Menjelaskan Fenomena Ilmiah



Gambar 2. Rekapitulasi n gain menjelaskan fenomena ilmiah

Hasil penelitian menunjukkan dari 96 siswa sebanyak 24 siswa mempunyai gain dalam kategori tinggi, 52 siswa mempunyai gain dalam kategori sedang dan 20 siswa mempunyai gain dalam kategori rendah.

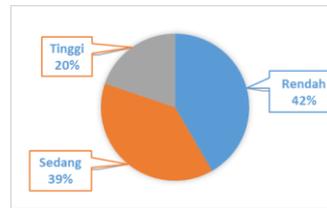
Merancang dan Mengevaluasi Penyelidikan Ilmiah



Gambar 3. Rekapitulasi n gain merancang dan mengevaluasi penyelidikan ilmiah

Hasil penelitian menunjukkan dari 96 siswa sebanyak 40 siswa mempunyai gain dalam kategori tinggi, 37 siswa mempunyai gain dalam kategori sedang dan 19 siswa mempunyai gain dalam kategori rendah.

Menginterpretasi Data dan Bukti Secara Ilmiah



Gambar 4. Rekapitulasi n gain menginterpretasi data dan bukti secara ilmiah

Hasil penelitian menunjukkan dari 96 siswa sebanyak 31 siswa mempunyai gain dalam kategori tinggi, 28 siswa mempunyai gain dalam kategori sedang dan 37 siswa mempunyai gain dalam kategori rendah.

Hasil ketuntasan klasikal

Ketuntasan klasikal juga diukur untuk mengevaluasi sejauh mana siswa mencapai pemahaman yang diharapkan. Hasil ketuntasan klasikal dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil ketuntasan klasikal pada ketiga kelas sampel penelitian

Keterangan	Kelas XI MIPA
Jumlah siswa yang tuntas	82
Jumlah siswa yang tidak tuntas	14
Ketuntasan klasikal (%)	85,4

Berdasarkan hasil *post-test* dan *pre-test*, ketuntasan klasikal mencapai 85.4%, dengan 82 siswa tuntas dan 14 siswa tidak tuntas. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model PBL-STEM membantu meningkatkan jumlah siswa yang berhasil mencapai target pembelajaran, sesuai dengan indikator ketuntasan klasikal pada penelitian ini, yaitu siswa yang mencapai ketuntasan belajar sebanyak $\geq 80\%$.

Tanggapan siswa

Hasil angket tanggapan siswa dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Persentase jawaban angket siswa terhadap pembelajaran

Aspek	Persentase	Kategori
Aspek pembelajaran positif	82.3	Sangat tinggi
Aspek kolaborasi siswa	84.7	Sangat tinggi
Aspek pemahaman materi	83.5	Sangat tinggi
Aspek keterlibatan aktif siswa	83	Sangat tinggi
Rata-rata Total	83	Sangat tinggi

Data menunjukkan bahwa persentase respon siswa terhadap pembelajaran PBL-STEM pada materi sistem imun berada pada kategori sangat tinggi di semua aspek yang diukur. Hal ini menandakan bahwa pembelajaran ini secara keseluruhan memberikan dampak positif bagi siswa, dengan aspek kolaborasi dan pemahaman materi sedikit lebih menonjol.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) terintegrasi STEM efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi sains siswa pada materi sistem imun. Hal ini ditunjukkan melalui nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,47 yang yang tergolong dalam kategori

peningkatan sedang. Peningkatan ini menunjukkan efektivitas model pembelajaran yang digunakan dalam meningkatkan pemahaman siswa, terutama pada materi yang kompleks (Tonra *et al.*, 2022).

PBL-STEM membantu menghubungkan konsep ilmiah dengan aplikasi nyata. Dalam aspek sains, siswa mengidentifikasi komponen dan mekanisme sistem imun serta memahami peran kolostrum dalam meningkatkan kekebalan tubuh. Pada aspek teknologi, siswa mengeksplorasi vaksinasi dan imunisasi, memberikan pemahaman konkret tentang peran teknologi dalam kesehatan. Pada aspek rekayasa, siswa merancang solusi praktis terkait masalah kesehatan masyarakat, seperti kampanye imunisasi. Sementara di aspek matematika, mereka menganalisis data imunisasi melalui grafik, yang melatih keterampilan penyajian dan analisis data. Dengan pendekatan PBL-STEM ini, siswa tidak hanya belajar tentang teori, tetapi juga bagaimana menerapkan pengetahuan tersebut untuk memecahkan masalah nyata yang relevan dengan kehidupan sehari-hari (Shongwe, 2024).

Indikator *merancang dan mengevaluasi penelitian ilmiah* menunjukkan peningkatan sebesar 27% merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan dua indikator lainnya. Hal ini disebabkan oleh keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran berbasis masalah yang menuntut mereka untuk menghadapi kasus nyata. Diskusi yang difasilitasi dengan *Lembar Diskusi Siswa* (LDS) mendorong mereka merancang investigasi ilmiah, merumuskan hipotesis, dan mengevaluasi hasil secara mandiri. Diskusi kelompok juga memicu keterampilan berpikir kritis siswa, memperkuat keterampilan dalam merancang penelitian ilmiah. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Wardani *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa model PBL-STEM efektif dalam memperkuat keterampilan investigatif siswa, khususnya dalam merancang penelitian ilmiah.

Indikator *menjelaskan fenomena ilmiah dan menginterpretasi data serta bukti ilmiah* mengalami peningkatan sebesar 18%. Peningkatan indikator *menjelaskan fenomena ilmiah* terkait dengan kemampuan siswa menghubungkan teori dengan fenomena nyata. Namun, tugas ini lebih bersifat konseptual dan tidak melibatkan investigasi mendalam, sehingga peningkatannya tidak setinggi merancang penelitian (Gunawan *et al.*, 2021). Beberapa siswa masih kesulitan dalam menyusun penjelasan tanpa aktivitas praktis yang mendukung. Sedangkan pada indikator *menginterpretasi data dan bukti ilmiah*, siswa dituntut menganalisis data kompleks, seperti grafik atau statistik, yang membutuhkan pemahaman mendalam tentang konsep dan hubungan sebab-akibat. Oleh karena itu, hasil pada indikator ini juga tidak sekuat indikator merancang penelitian (Wahdah *et al.*, 2023).

Peningkatan di kedua indikator ini dipengaruhi oleh proses diskusi dan kolaborasi yang merupakan bagian inti dari PBL, yang mendorong siswa untuk lebih kritis dalam memecahkan masalah. Siswa belajar menghubungkan teori ilmiah dengan fenomena dunia nyata, merangsang kemampuan mereka dalam mengorganisir informasi dan menyusun argumen berdasarkan data yang diperoleh selama proses pemecahan masalah. Dengan cara ini, siswa belajar bagaimana mengorganisir informasi, menyusun hipotesis, serta merencanakan pengumpulan dan analisis data secara efektif (Firetto *et al.*, 2023). Peningkatan ini menunjukkan kemajuan penting dalam keterampilan berpikir ilmiah siswa.

PBL yang terintegrasi STEM secara signifikan meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan pemecahan masalah siswa, terutama pada mata pelajaran biologi (Hayuana *et al.*, 2023; Nilyani *et al.*, 2023). Peningkatan ini terjadi dikarenakan selama proses pembelajaran, siswa menjadi lebih aktif, penasaran, dan mampu memecahkan masalah dengan pengetahuan berbasis bukti. Integrasi STEM juga membantu siswa mengidentifikasi masalah nyata dan menemukan solusinya (Wahdaniyah *et al.*, 2023).

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa model PBL-STEM secara efektif meningkatkan literasi sains siswa, terutama pada materi kompleks seperti sistem imun. Temuan ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah dengan integrasi STEM mampu menyediakan konteks yang lebih bermakna dan relevan dalam proses pembelajaran siswa.

KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa penerapan model PBL-STEM efektif dalam meningkatkan literasi sains siswa, terutama dalam aspek merancang penelitian ilmiah. Rata-rata N-Gain berada pada kategori sedang, dengan peningkatan terbesar dalam indikator merancang dan mengevaluasi penelitian ilmiah. Model ini juga terbukti mampu meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa

dalam pembelajaran. Integrasi PBL dengan pendekatan STEM memberikan dampak positif pada kemampuan siswa dalam memahami dan menerapkan konsep ilmiah dalam konteks nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaliyah, M., Suardana, I.N. and Selamat, K. (2021) 'Analisis Kesulitan Belajar dan Faktor-Faktor Penyebab Kesulitan Belajar IPA Siswa SMP Negeri 4 Singaraja', *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 4(1), pp. 90–101.
- Dare, E.A. *et al.* (2021) 'Beyond content: The role of STEM disciplines, real-world problems, 21st century skills, and STEM careers within science teachers' conceptions of integrated STEM education', *Education Sciences*, 11(11).
- Febrianto, T., Ngabekti, S. and Saptono, S. (2021) 'The Effectiveness of Schoology-Assisted PBL-STEM to Improve Critical Thinking Ability of Junior High School Students', *Journal of Innovative Science Education*, 10(2), pp. 222–229.
- Firetto, C.M., Starrett, E. and Jordan, M.E. (2023) 'Embracing a culture of talk: STEM teachers' engagement in small-group discussions about photovoltaics', *International Journal of STEM Education*, 10(1).
- Gunawan, D.W., Suwandi, T. and Wulan, A.R. (2021) 'Profil pengalaman belajar siswa dalam menjelaskan fenomena ilmiah pada IPA/biologi selama penerapan daring di masa pandemi', *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*, 4(2), pp. 65–70.
- Hayuana, W., Suwono, H. and Setiowati, F.K. (2023) 'Effectiveness of PBL STEM to Improve Problem Solving Skills', *Bioedukasi*, 21(2), p. 144.
- NA Ulfa, H Hidayatussakinah, R.P. (2023) 'Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Pembelajaran Biologi di SMA Muhammadiyah Aimas Kabupaten Sorong', *Biolearning Journal*, 10, pp. 36–40.
- Nilyani, K., Asrizal, A. and Usmeldi, U. (2023) 'Effect of STEM Integrated Science Learning on Scientific Literacy and Critical Thinking Skills of Students: A Meta-Analysis', *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), pp. 65–72.
- Nisrina, N., Jufri, A.W. and Gunawan, G. (2020) 'Pengembangan LKPD Berbasis Blended Learning untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik', *Jurnal Pijar Mipa*, 15(3), pp. 192–199.
- OECD (2019) 'PISA 2018 Results What Students Know And Can Do', *PISA OECD Publishing*, I, p. 18.
- OECD (2022) 'PISA 2022 Results The State of Learning and Equity in Education', *PISA OECD Publishing*, I(2), pp. 1–4.
- Pane, A.N., Andra, D. and Wayan Distrik, I. (2021) 'The development physics e-module based PBL-Integrated STEM to improve higher-order thinking skills on static fluid material', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796(1).
- Shongwe, B. (2024) 'The effect of STEM problem-based learning on students' mathematical problem-solving beliefs', *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(8).
- Tonra, W.S. *et al.* (2022) 'Improving Conceptual Understanding Through STEM-Based Mathematics Learning', *JTAM (Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika)*, 6(3), p. 789.
- Wahdah, S.R., Hernawati, D. and Diella, D. (2023) 'Hubungan Keterampilan Interpretasi Data dengan Keterampilan Mengomunikasikan Peserta Didik Materi Sistem Eksresi', *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 11(2), p. 136.
- Wahdaniyah, N., Agustini, R. and Tukiran, T. (2023) 'Analysis of Effectiveness PBL-STEM to Improve Student's Critical Thinking Skills', *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 4(3), pp. 365–382.
- Wardani *et al.*, I.U. (2022) 'Penerapan Model PBL Dalam Upaya Meningkatkan Kemampuan Scientific Reasoning Siswa Sekolah Dasar', *Kappa Journal*, 6(2), pp. 432–438.
- Yudistira, O.K. *et al.* (2021) 'Analisis Kebutuhan Pengembangan Booklet Sistem Imun Manusia sebagai Suplemen Bahan Ajar Biologi Kelas XI SMA', *Journal for Lesson and Learning Studies*, 4(1), pp. 39–44.
- Yusmar, F. and Fadilah, R.E. (2023) 'Analisis Rendahnya Literasi Sains Peserta Didik Indonesia: Hasil PISA dan Faktor Penyebab', *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), pp. 11–19.