



Efektivitas Model Problem-Based Learning (PBL) Terintegrasi Scientific Proficiency Terhadap Kemampuan Sains Siswa Fase F

Indana Zulfa^{1✉}, Afreni Hamidah², Dian Arisandy Eka Putra Sembiring³

Universitas Jambi, Indonesia^{1,2,3}

e-mail : indanazlff05@gmail.com¹, afreni.hamidah@unja.ac.id², dianarisandys@unja.ac.id³

Abstrak

Kemampuan siswa menggunakan pengetahuan ilmiah untuk menjelaskan fenomena, merancang penyelidikan, dan menafsirkan bukti masih perlu diperkuat melalui pembelajaran yang mengaitkan konsep biologi dengan masalah autentik. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas Problem-Based Learning (PBL) yang mengintegrasikan scientific proficiency terhadap kemampuan sains siswa fase F. Penelitian menggunakan kuasi eksperimen dengan Non-Randomized Control Group Pretest-Posttest Design. Sebanyak 32 siswa kelas XI SMAN 7 Kota Jambi dengan data pretest dan posttest lengkap dianalisis, terdiri atas 16 siswa kelas eksperimen dan 16 siswa kelas kontrol. Instrumen berupa 12 soal uraian valid berbasis tiga kompetensi sains PISA dengan reliabilitas Cronbach's Alpha 0,839. Data dianalisis menggunakan ANCOVA dengan pretest sebagai kovariat. Rata-rata kelas eksperimen meningkat dari 39,58 menjadi 53,91, sedangkan kelas kontrol meningkat dari 43,23 menjadi 51,56. Hasil ANCOVA menunjukkan pengaruh signifikan model pembelajaran terhadap scientific proficiency setelah kemampuan awal dikendalikan, $F(1,29)=4,456$; $p=0,044$; partial $\eta^2=0,133$. Temuan menunjukkan bahwa integrasi eksplisit kompetensi ilmiah ke dalam setiap sintaks PBL memberikan efek sedang dan dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran biologi berbasis bukti.

Kata Kunci: *problem-based learning, scientific proficiency, literasi sains, pembelajaran biologi*

Abstract

Students' ability to use scientific knowledge to explain phenomena, design investigations, and interpret evidence needs to be strengthened through learning that links biological concepts with authentic problems. This study examined the effectiveness of Problem-Based Learning (PBL) explicitly integrated with scientific proficiency in improving Phase F students' science competencies. A quasi-experimental Non-Randomized Control Group Pretest-Posttest Design was employed. Thirty-two Grade XI students at SMAN 7 Kota Jambi with complete pretest and posttest data were analyzed, comprising 16 students in the experimental class and 16 in the control class. The instrument consisted of 12 valid open-ended items based on three PISA science competencies and demonstrated a Cronbach's Alpha reliability of 0.839. Data were analyzed using ANCOVA with pretest scores as the covariate. The experimental-class mean increased from 39.58 to 53.91, while the control-class mean increased from 43.23 to 51.56. ANCOVA revealed a significant instructional effect after controlling for prior ability, $F(1,29)=4.456$, $p=0.044$, partial $\eta^2=0.133$. The findings indicate that embedding scientific competencies explicitly within each PBL phase produces a moderate effect and offers an evidence-based alternative for biology instruction.

Keywords: *problem-based learning, scientific proficiency, scientific literacy, biology learning*

PENDAHULUAN

Pendidikan sains pada abad ke-21 tidak cukup berhenti pada penguasaan fakta dan konsep. Siswa perlu mampu menggunakan pengetahuan ilmiah untuk menjelaskan fenomena, menilai kualitas penyelidikan, menafsirkan data, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti. Tuntutan tersebut sejalan dengan Kurikulum Merdeka yang mengarahkan pembelajaran pada penguasaan kompetensi, penguatan daya nalar, dan aktivitas belajar yang mendalam, interaktif, serta kontekstual, bukan sekadar penyampaian materi (Kemendikbudristek, 2023). Kerangka PISA juga menempatkan kemampuan menggunakan pengetahuan dalam persoalan personal, lokal, dan global sebagai inti literasi sains (OECD, 2023). Dalam artikel ini, istilah *scientific proficiency* merujuk pada kemampuan operasional siswa dalam tiga kompetensi, yaitu menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah, serta menginterpretasi data dan bukti ilmiah.

Urgensi *scientific proficiency* semakin kuat ketika siswa berhadapan dengan arus informasi ilmiah yang cepat dan tidak selalu akurat. Literasi sains membantu siswa menganalisis informasi, mengevaluasi bukti, dan membangun keputusan yang dapat dipertanggungjawabkan (Sanjiartha et al., 2024). Meskipun demikian, pembelajaran biologi di sekolah masih sering menempatkan siswa sebagai penerima informasi. Persepsi guru terhadap literasi sains juga menunjukkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis kompetensi ilmiah masih membutuhkan penguatan agar aktivitas belajar tidak hanya berorientasi pada penguasaan konsep (Limiansih et al., 2024). Pemahaman konsep yang diperoleh melalui hafalan belum otomatis berkembang menjadi kemampuan menjelaskan mekanisme biologis, membaca data, atau menyusun rancangan penyelidikan. Kajian Millenia dan Sunarti (2022) juga menunjukkan bahwa pengukuran literasi sains menuntut instrumen yang secara sengaja disusun berdasarkan indikator kompetensi ilmiah, bukan hanya tes penguasaan materi.

Hasil studi pendahuluan di SMAN 7 Kota Jambi memperlihatkan pola yang serupa. Siswa relatif mampu mengingat konsep, tetapi mengalami kesulitan ketika harus mengaitkan konsep biologi dengan situasi nyata, menafsirkan tabel atau grafik, dan menyusun prosedur penyelidikan. Wawancara guru menunjukkan bahwa kompetensi mengevaluasi dan merancang penyelidikan serta menginterpretasi data merupakan bagian yang paling lemah. Siswa juga menyatakan lebih mudah memahami materi ketika pembelajaran memanfaatkan masalah kontekstual, media visual, diskusi, dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). Kondisi ini menegaskan perlunya desain pembelajaran yang bukan sekadar menyajikan masalah, tetapi mengarahkan siswa menggunakan bukti secara sistematis.

Salah satu model yang relevan adalah *Problem-Based Learning* (PBL). Model ini menempatkan masalah autentik sebagai pemicu belajar dan mengorganisasi kegiatan melalui orientasi masalah, pengorganisasian siswa, penyelidikan, penyajian hasil, serta evaluasi proses pemecahan masalah (Arends, 2012). Struktur tersebut sejalan dengan konstruktivisme karena pengetahuan dibangun melalui pengalaman, interaksi sosial, dan refleksi. Dukungan guru berbentuk *scaffolding* membantu siswa bergerak dari kemampuan aktual menuju kemampuan yang lebih tinggi ketika bekerja secara kolaboratif (Vygotsky, 1978). Pada pembelajaran biologi, PBL memungkinkan siswa menghubungkan konsep struktur dan fungsi tubuh dengan kasus kesehatan, aktivitas fisik, serta data empiris yang dekat dengan kehidupan mereka.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa PBL berpotensi meningkatkan hasil belajar dan kemampuan sains. Lutfiah et al. (2021) menemukan pengaruh PBL terhadap hasil belajar biologi, sedangkan Alatas dan Fauziah (2020) melaporkan peningkatan literasi sains melalui PBL pada materi pemanasan global. Temuan tersebut diperkuat oleh meta-analisis Aiman dan Ahmad (2020) yang menunjukkan bahwa penerapan PBL berkontribusi positif terhadap peningkatan literasi sains siswa. Pada lingkup internasional, meta-analisis Funa dan Prudente (2021) menunjukkan bahwa PBL memberikan pengaruh positif yang besar terhadap capaian sains siswa sekolah menengah. Sari et al. (2021) juga menunjukkan bahwa PBL mendukung kemampuan pemecahan masalah dan penulisan ilmiah karena siswa harus menghubungkan masalah, bukti, dan argumentasi secara sistematis. Selain itu, integrasi PBL dengan pendekatan STEM juga menunjukkan potensi dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa melalui aktivitas pemecahan masalah berbasis konteks (Putri et al.,

2020). Efektivitas PBL juga dipengaruhi oleh kualitas perangkat pembelajaran yang digunakan. Penggunaan LKPD berbasis PBL dilaporkan mampu meningkatkan literasi sains karena membantu siswa melakukan penyelidikan secara lebih terarah dan menghubungkan konsep dengan permasalahan nyata (Cahyanto et al., 2024). Namun, sebagian penelitian masih menilai PBL sebagai satu paket model pembelajaran dan belum menjelaskan bagaimana setiap kompetensi ilmiah dilatihkan pada masing-masing sintaks.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi eksplisit indikator *scientific proficiency* ke dalam setiap fase PBL. Pada orientasi dan pengorganisasian masalah, siswa diarahkan mengidentifikasi pertanyaan ilmiah dan merancang penyelidikan. Pada tahap penyelidikan, siswa mengumpulkan serta menginterpretasi data dan bukti. Pada tahap penyajian hasil, siswa menjelaskan fenomena menggunakan konsep biologi dan argumen berbasis data. Seluruh kompetensi kemudian diperkuat melalui refleksi dan evaluasi. Integrasi semacam ini menjadikan kompetensi ilmiah sebagai mesin penggerak pembelajaran, bukan sekadar hasil yang diukur pada akhir kegiatan.

Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas PBL terintegrasi *scientific proficiency* terhadap kemampuan sains siswa fase F pada pembelajaran biologi di SMAN 7 Kota Jambi. Efektivitas diuji dengan membandingkan kelas eksperimen yang memperoleh PBL terintegrasi *scientific proficiency* dan kelas kontrol yang memperoleh PBL tanpa integrasi eksplisit, dengan kemampuan awal dikendalikan melalui analisis kovarians.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi eksperimen *Non-Randomized Control Group Pretest-Posttest*. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menguji hubungan antar variabel melalui pengumpulan data numerik dan analisis statistik sesuai karakteristik penelitian eksperimen (Sugiyono, 2017). Penelitian dilaksanakan di SMAN 7 Kota Jambi pada tahun ajaran 2025/2026 pada materi sistem gerak. Populasi penelitian adalah 116 siswa kelas XI fase F yang terbagi ke dalam empat kelas. Dua kelas dipilih menggunakan *purposive sampling* berdasarkan kesamaan jadwal pembelajaran, rekomendasi guru, dan karakteristik akademik kelas. Kelas F4 ditetapkan sebagai kelas eksperimen dan kelas F1 sebagai kelas kontrol.

Masing-masing kelas beranggotakan 29 siswa. Analisis akhir menggunakan 32 pasangan data lengkap, yaitu 16 siswa pada setiap kelas. Sebanyak 13 siswa pada masing-masing kelas tidak dimasukkan karena terdapat butir yang tidak dijawab pada pretest atau posttest sehingga skor berpasangan tidak dapat dihitung secara utuh. Analisis dilakukan dengan pendekatan *complete-case* agar ANCOVA menggunakan pasangan skor awal dan akhir dari peserta yang sama serta menghindari imputasi nilai tanpa dasar empiris. Konsekuensi pengurangan data tersebut dipertimbangkan dalam interpretasi hasil dan dinyatakan sebagai keterbatasan karena dapat menurunkan daya generalisasi serta menimbulkan potensi bias seleksi. Kelas eksperimen memperoleh PBL yang mengintegrasikan tiga kompetensi ilmiah PISA pada seluruh sintaks pembelajaran, sedangkan kelas kontrol memperoleh PBL tanpa integrasi eksplisit. Perlakuan dilaksanakan selama tiga pertemuan dengan materi, durasi, dan tujuan pembelajaran yang sama; perbedaannya terletak pada tuntutan kegiatan ilmiah dalam LKPD dan fasilitasi guru.

Penelitian dilaksanakan setelah memperoleh izin dari pihak sekolah. Sebelum pengumpulan data, siswa memperoleh penjelasan mengenai tujuan, prosedur, dan kegiatan penelitian serta menyatakan kesediaan untuk mengikuti pembelajaran dan tes. Karena peserta merupakan siswa sekolah menengah, pelaksanaan penelitian juga mengikuti persetujuan orang tua atau wali dan koordinasi dengan guru sesuai prosedur sekolah. Kerahasiaan dijaga dengan mengganti identitas siswa menggunakan kode “Siswa 1” sampai “Siswa 16”; nama pribadi tidak dicantumkan dalam data analisis maupun pelaporan hasil.

Tabel 1. Integrasi Scientific Proficiency dalam Sintaks Problem-Based Learning

Fase PBL	Aktivitas Pembelajaran Terintegrasi	Kompetensi <i>Scientific Proficiency</i>
Orientasi pada masalah	Menganalisis kasus sistem gerak dan mengidentifikasi fenomena yang perlu dijelaskan.	Menjelaskan fenomena secara ilmiah.
Mengorganisasi siswa	Merumuskan pertanyaan ilmiah, hipotesis, variabel, dan kebutuhan data.	Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah.
Membimbing penyelidikan	Mengumpulkan informasi, menilai kredibilitas sumber, serta membaca tabel atau grafik.	Menginterpretasi data dan bukti ilmiah.
Mengembangkan dan menyajikan hasil	Menyusun klaim, menjelaskan mekanisme biologis, dan mempertahankan kesimpulan dengan bukti.	Menjelaskan fenomena dan menginterpretasi bukti.
Menganalisis dan mengevaluasi	Menilai ketepatan prosedur, keterbatasan data, dan validitas kesimpulan.	Mengevaluasi penyelidikan dan bukti ilmiah.

Instrumen utama berupa tes uraian *scientific proficiency* yang dikembangkan berdasarkan tiga kompetensi sains PISA. Instrumen awal terdiri atas 15 butir dan diuji coba kepada 28 siswa di luar sampel. Validitas butir dianalisis menggunakan korelasi Pearson *Product Moment*; 12 butir memenuhi kriteria valid dan digunakan dalam penelitian. Reliabilitas tes mencapai Cronbach's Alpha 0,839, sehingga menunjukkan konsistensi internal yang tinggi. Setiap jawaban diberi skor 0-4 menggunakan rubrik analitik yang menilai ketepatan konsep, penggunaan data, hubungan sebab-akibat, dan kelogisan argumen. Validasi ahli terhadap tes berada pada rentang 93%-95%, sedangkan modul ajar dan LKPD memperoleh kategori sangat layak.

Data pendukung diperoleh melalui observasi keterlaksanaan sintaks pembelajaran. Observer menilai kegiatan guru dan siswa pada skala 1-4 untuk setiap fase PBL. Persentase keterlaksanaan digunakan untuk memastikan perlakuan dijalankan sesuai rancangan. Data pretest dan posttest dianalisis secara deskriptif, kemudian diuji menggunakan *one-way analysis of covariance* (ANCOVA) dengan skor pretest sebagai kovariat dan skor posttest sebagai variabel terikat. Sebelum ANCOVA, dilakukan uji normalitas residual, homogenitas varians, linearitas, dan homogenitas kemiringan regresi. Keputusan hipotesis menggunakan taraf signifikansi 0,05. Besaran pengaruh dihitung melalui *partial eta squared* dengan interpretasi 0,01-0,059 sebagai efek kecil, 0,06-0,139 sebagai efek sedang, dan $\geq 0,14$ sebagai efek besar (Cohen, 1988; Pallant, 2020).

Tabel 2. Ringkasan Desain dan Instrumen Penelitian

Komponen	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
Model pembelajaran	PBL terintegrasi scientific proficiency	PBL tanpa integrasi eksplisit
Data yang dianalisis	16 siswa	16 siswa
Materi dan durasi	Sistem gerak; tiga pertemuan	Sistem gerak; tiga pertemuan
Instrumen	12 soal uraian valid; $\alpha=0,839$	Instrumen yang sama
Analisis utama	ANCOVA dengan pretest sebagai kovariat	Kelompok pembandingan

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Keterlaksanaan pembelajaran pada kedua kelas mencapai 85% dan termasuk kategori sangat baik. Temuan ini menunjukkan bahwa lima fase PBL terlaksana pada kelas eksperimen maupun kontrol. Kesetaraan persentase keterlaksanaan penting karena mengurangi kemungkinan bahwa perbedaan hasil semata-mata disebabkan oleh ketidakseimbangan kualitas implementasi. Perbedaan utama berada pada jenis aktivitas kognitif yang diminta. Kelas eksperimen secara eksplisit mengidentifikasi pertanyaan ilmiah, menentukan variabel, menilai sumber data, menafsirkan tabel atau grafik, dan mempertahankan kesimpulan berdasarkan bukti.

Hasil deskriptif menunjukkan peningkatan pada kedua kelompok. Rata-rata kelas kontrol meningkat dari 43,23 pada pretest menjadi 51,56 pada posttest, atau bertambah 8,33 poin. Rata-rata kelas eksperimen meningkat dari 39,58 menjadi 53,91, atau bertambah 14,33 poin. Meskipun kelas eksperimen memulai dengan

rata-rata kemampuan awal lebih rendah, nilai posttest akhirnya lebih tinggi daripada kelas kontrol. Pola ini memberi indikasi awal bahwa integrasi kompetensi ilmiah mempercepat perkembangan kemampuan siswa, tetapi kesimpulan pengaruh tetap harus mempertimbangkan perbedaan kemampuan awal melalui ANCOVA.

Tabel 3. Rata-Rata Pretest, Posttest, dan Peningkatan Skor Scientific Proficiency

Kelas	n	Pretest	Posttest	Peningkatan
Kontrol	16	43,23	51,56	8,33
Eksperimen	16	39,58	53,91	14,33

Seluruh prasyarat ANCOVA terpenuhi. Residual terdistribusi normal berdasarkan Shapiro-Wilk ($p=0,352$), varians antarkelompok homogen berdasarkan uji Levene ($p=0,280$), dan interaksi kelas dengan pretest tidak signifikan ($p=0,429$), sehingga kemiringan regresi dapat dianggap homogen. Hubungan pretest dan posttest juga menunjukkan pola linear. Dengan demikian, penggunaan ANCOVA layak untuk menguji perbedaan posttest setelah pengaruh kemampuan awal dikendalikan.

Hasil ANCOVA menunjukkan pengaruh kelas yang signifikan terhadap skor posttest, $F(1,29)=4,456$; $p=0,044$. Nilai *partial eta squared* sebesar 0,133 berada pada kategori sedang. Dengan demikian, hipotesis nol ditolak dan PBL terintegrasi *scientific proficiency* dinyatakan berpengaruh terhadap kemampuan sains siswa setelah skor awal dikendalikan. Efek sedang menunjukkan bahwa integrasi kompetensi ilmiah memberi kontribusi pendidikan yang bermakna, tetapi hasil belajar tetap dipengaruhi faktor lain seperti kemampuan awal, keterlibatan individu, pengalaman membaca data, dan kualitas interaksi kelompok.

Tabel 4. Uji Prasyarat dan Hasil ANCOVA

Pengujian	Statistik	df	Sig.	Keputusan
Normalitas residual	W=0,964	32	0,352	Normal
Homogenitas varians	F=1,211	1;30	0,280	Homogen
Homogenitas kemiringan regresi	F=0,643	1;28	0,429	Terpenuhi
Pengaruh kelas (ANCOVA)	F=4,456	1;29	0,044	Signifikan
Besaran efek	Partial $\eta^2=0,133$	-	-	Efek sedang

Pengaruh tersebut dapat dijelaskan melalui keselarasan fungsi antara sintaks PBL dan kompetensi ilmiah. Pada tahap orientasi masalah, fenomena sistem gerak disajikan melalui kasus kontekstual sehingga siswa harus mengaktifkan pengetahuan awal dan menyusun pertanyaan yang dapat diselidiki. Masalah autentik memberi alasan kognitif bagi siswa untuk menggunakan konsep, bukan hanya mengulang definisi. Temuan ini sejalan dengan Alatas dan Fauziah (2020) yang menunjukkan bahwa masalah kontekstual dalam PBL mendukung peningkatan literasi sains karena siswa berlatih menghubungkan konsep dengan fenomena.

Pada tahap pengorganisasian dan penyelidikan, integrasi *scientific proficiency* membuat tugas kelompok lebih terarah. Siswa tidak berhenti pada pencarian informasi, tetapi diminta menentukan variabel, mempertimbangkan prosedur, memeriksa kredibilitas sumber, dan mengolah data. Tuntutan tersebut penting karena kompetensi merancang penyelidikan merupakan kemampuan yang lebih kompleks daripada mengingat fakta. Aktivitas berbasis bukti membantu siswa membangun hubungan antara pertanyaan, data, dan kesimpulan. Anggereini et al. (2023) menekankan bahwa pembelajaran berbasis proyek atau masalah yang dipadukan dengan isu ilmiah dapat memperkuat literasi sains melalui proses investigasi dan pengambilan keputusan.

Tahap pengembangan dan penyajian hasil memberi ruang untuk mengubah data menjadi argumentasi. Siswa harus menjelaskan fenomena sistem gerak, menyajikan tabel atau temuan, dan mempertahankan kesimpulan di hadapan kelompok lain. Proses ini mendorong siswa menilai apakah bukti yang digunakan benar-benar mendukung klaim. Rubrik penilaian juga memberi bobot pada ketepatan konsep, hubungan sebab-akibat, dan interpretasi data, sehingga arah pembelajaran dan penilaian menjadi konsisten. Brookhart (2013) menjelaskan bahwa rubrik analitik dapat memperjelas kualitas performa yang diharapkan dan membantu penilaian respons kompleks secara lebih konsisten.

Pada tahap evaluasi, siswa merefleksikan prosedur dan validitas kesimpulan. Refleksi berfungsi sebagai jembatan antara pengalaman pemecahan masalah dan pembentukan pengetahuan yang dapat digunakan

kembali. Tanpa tahap ini, kegiatan PBL berisiko berakhir pada produk atau presentasi tanpa pengujian kualitas bukti. Integrasi seluruh kompetensi ilmiah pada tahap evaluasi memperkuat kesadaran siswa bahwa keputusan ilmiah harus terbuka terhadap koreksi berdasarkan data baru.

Peningkatan juga terjadi pada kelas kontrol karena PBL pada dasarnya bersifat aktif, kolaboratif, dan kontekstual. Lutfiah et al. (2021) melaporkan bahwa PBL berpengaruh terhadap hasil belajar biologi, sementara Ariyani dan Kristin (2021) menunjukkan bahwa model ini mendorong siswa aktif memecahkan masalah. Temuan penelitian ini juga konsisten dengan meta-analisis Funa dan Prudente (2021), yang menemukan efek positif besar PBL pada capaian sains siswa sekolah menengah, serta penelitian Sari et al. (2021), yang menunjukkan bahwa proses pemecahan masalah dapat memperkuat penyusunan argumen dan tulisan ilmiah. Meskipun demikian, penelitian ini menghasilkan efek sedang karena perbandingan juga menggunakan PBL, bukan pembelajaran konvensional. Dengan kata lain, perbedaan antar kelas berasal dari penambahan tuntutan *scientific proficiency* yang eksplisit, sehingga efek yang terukur lebih spesifik dan secara wajar lebih kecil daripada perbandingan PBL dengan metode ceramah. Peningkatan kelas eksperimen yang lebih besar menunjukkan bahwa pemetaan kompetensi ilmiah ke dalam sintaks, LKPD, pertanyaan guru, dan rubrik penilaian memperdalam kualitas aktivitas kognitif siswa.

Nilai efek sedang perlu ditafsirkan secara proporsional. Perlakuan hanya berlangsung tiga pertemuan pada satu materi, sedangkan kemampuan menafsirkan data dan merancang penyelidikan berkembang melalui latihan berulang. Beberapa siswa masih membutuhkan arahan ketika membaca grafik, menyusun hipotesis, dan membedakan variabel. Oleh karena itu, hasil penelitian tidak menunjukkan bahwa integrasi ini menjadi satu-satunya faktor penentu, melainkan bahwa penambahan tuntutan ilmiah yang terstruktur memberi keuntungan nyata dalam waktu pembelajaran yang relatif singkat.

Dari sisi praktis, guru dapat mengadopsi integrasi ini tanpa mengganti seluruh struktur PBL. Modifikasi utama dilakukan pada kualitas masalah, LKPD, pertanyaan penuntun, dan asesmen. Masalah perlu memuat data atau informasi yang dapat diuji; LKPD perlu meminta siswa merumuskan pertanyaan, menentukan variabel dan bukti yang dibutuhkan, serta mengevaluasi kesimpulan; presentasi perlu menuntut klaim berbasis data; sedangkan refleksi perlu membahas keterbatasan prosedur. Pemetaan pada Tabel 1 dapat digunakan sebagai panduan perencanaan satu unit pembelajaran. Bagi sekolah, implementasi dapat diperkuat melalui penyusunan bank kasus biologi kontekstual, lokakarya pengembangan LKPD berbasis data, dan penggunaan rubrik bersama untuk menilai penalaran ilmiah. Dengan desain tersebut, pembelajaran bergerak dari kegiatan mencari jawaban menuju praktik bernalar ilmiah yang selaras dengan orientasi kompetensi dalam Kurikulum Merdeka.

Penelitian memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sampel analisis kecil dan hanya berasal dari satu sekolah sehingga generalisasi harus dilakukan secara hati-hati. Kedua, 26 siswa tidak memiliki pasangan skor pretest-posttest lengkap dan dikeluarkan melalui complete-case analysis. Walaupun langkah ini menjaga kesesuaian data untuk ANCOVA, karakteristik siswa yang dikeluarkan tidak dianalisis lebih lanjut sehingga potensi bias seleksi tidak dapat dikesampingkan. Ketiga, perlakuan hanya dilaksanakan pada materi sistem gerak selama tiga pertemuan dan belum menggunakan tes retensi. Penelitian berikutnya perlu mengurangi kehilangan data melalui pengawasan pengisian tes, melibatkan sampel lebih besar dari beberapa sekolah, memperpanjang durasi intervensi, menggunakan tes retensi, dan menganalisis capaian setiap kompetensi ilmiah secara terpisah.

KESIMPULAN

PBL terintegrasi *scientific proficiency* berpengaruh signifikan terhadap kemampuan sains siswa fase F setelah kemampuan awal dikendalikan. Rata-rata skor kelas eksperimen meningkat 14,33 poin, lebih besar daripada kelas kontrol sebesar 8,33 poin. Hasil ANCOVA menunjukkan $F(1,29)=4,456$, $p=0,044$, dan partial eta squared 0,133 yang termasuk efek sedang. Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas PBL tidak hanya ditentukan oleh penggunaan masalah autentik, tetapi juga oleh kejelasan tuntutan ilmiah pada setiap fase

pembelajaran. Integrasi kegiatan menjelaskan fenomena, merancang penyelidikan, dan menginterpretasi bukti membuat proses belajar lebih terarah pada penggunaan pengetahuan ilmiah. Secara praktis, guru dapat menerapkannya melalui masalah berbasis data, LKPD yang memandu perumusan variabel dan evaluasi bukti, pertanyaan penuntun, serta rubrik yang selaras. Hasil ini tetap perlu ditafsirkan secara terbatas karena jumlah data lengkap kecil, kehilangan data cukup besar, dan intervensi hanya berlangsung tiga pertemuan pada satu materi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan, guru Biologi, observer, dan siswa SMAN 7 Kota Jambi yang telah mendukung pelaksanaan penelitian, serta Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Jambi atas bimbingan akademik selama penyusunan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiman, U., & Ahmad, M. (2020). The Effect of Problem-Based Learning on Students' Scientific Literacy: A Meta-Analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022104>
- Alatas, F., & Fauziah, L. (2020). Model Problem Based Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains pada Konsep Pemanasan Global. *JIPVA (Jurnal Pendidikan IPA Veteran)*, 4(2), 102–113.
<https://doi.org/10.31331/jipva.v4i2.862>
- Anggereini, E., Siburian, J., & Hamidah, A. (2023). Identification of Project Based Learning and STEM PjBL Innovation Based on Socio-Scientific Issues as An Effort to Improve Students' Scientific Literacy. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(1), 165–177. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v11i1.26927>
- Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Ariyani, B., & Kristin, F. (2021). Model Pembelajaran Problem Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPS Siswa SD. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(3), 353–361.
- Brookhart, S. M. (2013). *How to Create and Use Rubrics for Formative Assessment and Grading*. ASCD.
<https://books.google.co.id/books?id=VTbyCyXs8qwC>
- Cahyanto, B., Srihayuningsih, N. L., Nikmah, S. A., & Habsia, A. (2024). Implementasi Model Pembelajaran Problem Based Learning Berbantuan LKPD untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa. *Ibriez: Jurnal Kependidikan Dasar Islam Berbasis Sains*, 9(2), 263–278. <https://doi.org/10.21154/ibriez.v9i2.664>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for The Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Funa, A. A., & Prudente, M. S. (2021). Effectiveness of Problem-Based Learning on Secondary Students' Achievement in Science: A Meta-Analysis. *International Journal of Instruction*, 14(4), 69–84.
<https://doi.org/10.29333/iji.2021.1445a>
- Kemendikbudristek. (2023). *Kemendikbudristek Merilis Hasil Studi PISA 2022*.
<https://bpmpsulbar.kemendikdasmen.go.id/2023/12/11/kementerian-pendidikan-kebudayaan-riset-dan-teknologi-kemendikbudristek-merilis-hasil-studi-pisa-2022/>
- Limiansih, K., Sulistyani, N., & Melissa, M. M. (2024). Persepsi Guru SMP terhadap Literasi Sains dan Implikasinya pada Pembelajaran Sains di Sekolah. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 14(3), 786–796.
- Lutfiah, W., Anisa, A., & Hambali, H. (2021). Pengaruh Model Pembelajaran Problem Based Learning terhadap Hasil Belajar Biologi. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(4), 2092–2098.
<https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i4.1090>
- Millenia, S. H., & Sunarti, T. (2022). Analisis Riset Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbasis Literasi Sains dalam Pembelajaran Fisika. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(1).

- 937 *Efektivitas Model Problem-Based Learning (PBL) Terintegrasi Scientific Proficiency Terhadap Kemampuan Sains Siswa Fase F - Indana Zulfa, Afreni Hamidah, Dian Arisandy Eka Putra Sembiring*
DOI: <https://doi.org/10.31004/edukatif.v8i4.9373>
<https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i1.2027>
- OECD. (2023). *PISA 2022 Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- Pallant, J. (2020). *SPSS Survival Manual: A Step by Step Guide to Data Analysis Using IBM SPSS* (7th ed.). Routledge.
- Putri, C. D., Pursitasari, I. D., & Rubini, B. (2020). Problem Based Learning Terintegrasi STEM di Era Pandemi COVID-19 untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 4(2), 193–204. <https://doi.org/10.24815/jipi.v4i2.17859>
- Sanjiartha, I. G. D., Suwindia, I. G., & Winangun, I. M. A. (2024). Peran Literasi Sains dalam Membentuk Generasi Berfikir Kritis dan Inovatif: Kajian Literature Review. *Education and Social Sciences Review*, 5(2), 120–128. <https://doi.org/10.29210/07essr499900>
- Sari, Y. I., Sumarmi, Utomo, D. H., & Astina, I. K. (2021). The Effect of Problem Based Learning on Problem Solving and Scientific Writing Skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 11–26.
<https://doi.org/10.29333/iji.2021.1422a>
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes* (Vol. 86). Harvard University Press.