



Kajian Literatur: Problem Based Learning dalam Meningkatkan Keterampilan Abad 21 pada Materi Pencemaran Lingkungan

Nita Nursal^{1*}, Zurweni², Afreni Hamidah³

Program Studi Magister Pendidikan IPA, FKIP, Universitas Jambi, Kampus Unja Pasar Jl.

Raden Mattaher No. 16, Kota Jambi, Indonesia 36361.

Email Korespondensi: nursalnita10@gmail.com

Abstrak

Perkembangan Revolusi Industri 4.0 menuntut pendidikan abad ke-21 untuk menyiapkan peserta didik dengan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi (4C). Dalam konteks pembelajaran biologi, topik pencemaran lingkungan memiliki potensi besar sebagai konteks otentik untuk mengembangkan keterampilan tersebut melalui pendekatan Problem Based Learning (PBL). Artikel ini mengkaji integrasi PBL dengan materi pencemaran lingkungan dalam rangka membina keterampilan abad ke-21. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa pencemaran lingkungan merupakan isu kompleks dan relevan dengan kehidupan siswa, sehingga efektif untuk dijadikan konteks pembelajaran berbasis masalah. Penerapan PBL pada topik ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga mendorong siswa untuk terlibat aktif dalam proses ilmiah, berpikir reflektif, serta menunjukkan kepedulian terhadap isu lingkungan. Setiap tahapan dalam sintaks PBL mulai dari identifikasi masalah hingga presentasi solusi secara sinergis mendukung terbentuknya keterampilan 4C. Meskipun implementasi PBL masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan waktu, kesiapan guru, dan dominasi siswa tertentu dalam kelompok, strategi seperti penyusunan LKPD berbasis 4C, pemanfaatan media digital, serta pelatihan guru dapat meningkatkan efektivitas penerapannya. Dengan pendekatan yang terstruktur dan kontekstual, PBL berbasis isu pencemaran lingkungan menjadi sarana strategis untuk membentuk siswa sebagai pembelajar abad ke-21 yang adaptif, solutif, dan bertanggung jawab secara sosial.

Kata kunci: *Problem Based Learning; Keterampilan Abad ke-21; Pencemaran Lingkungan.*

Literature Review: Problem-Based Learning to Enhance 21st Century Skills in Environmental Pollution Topics

Abstract

The advancement of Industrial Revolution 4.0 demands 21st-century education to equip students with critical thinking, creativity, communication, and collaboration skills (4C). In the context of biology education, the topic of environmental pollution holds great potential as an authentic context for developing these skills through the Problem-Based Learning (PBL) approach. This article examines the integration of PBL with the topic of environmental pollution in fostering 21st-century skills. A literature review reveals that environmental pollution is a complex issue closely related to students' lives, making it an effective context for problem-based learning. Implementing PBL on this topic not only enhances conceptual understanding but also encourages active scientific engagement, reflective thinking, and environmental awareness. Each stage of the PBL syntax from problem identification to solution presentation synergistically supports the development of 4C skills. Although challenges such as limited instructional time, teacher readiness, and group dominance by certain students remain, strategies like the development of 4C-based student worksheets, the use of digital media, and teacher training can enhance its implementation. With a structured and contextualized approach, issue-based PBL on environmental pollution serves as a strategic tool to shape students into adaptive, solution-oriented, and socially responsible 21st-century learners.

Keywords: *Problem Based Learning; 21st-Century Skills; Environmental Pollution.*

How to Cite: Nursal, N., Zurweni, Z., & Hamidah, A. (2025). Kajian Literatur: Problem Based Learning dalam Meningkatkan Keterampilan Abad 21 pada Materi Pencemaran Lingkungan. *Empiricism Journal*, 6(2), 526–534. <https://doi.org/10.36312/ej.v6i2.3032>



<https://doi.org/10.36312/ej.v6i2.3032>

Copyright© 2025, Nursal et al.

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) License.



PENDAHULUAN

Revolusi industri 4.0 yang menjadi ciri abad ke-21 menuntut sistem pendidikan untuk mempersiapkan peserta didik yang menguasai keterampilan abad ke-21. Perkembangan kehidupan di abad 21 menuntut berbagai macam keterampilan yang harus dikuasai. Semua keterampilan yang dibutuhkan seseorang untuk berhasil dalam menghadapi tantangan

dalam kehidupan yang semakin kompleks dan meraih kesuksesan dalam kehidupan dan karier di dunia kerja disebut keterampilan abad 21 (Hidayatullah et al., 2021). Berdasarkan kerangka kerja *Framework 21st Century Skills*, terdapat empat keterampilan utama yang perlu dimiliki seperti kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah (*critical thinking and problem solving*), kemampuan berpikir kreatif dan berinovasi (*creativity and innovation*), kemampuan berkomunikasi (*communication*), serta kemampuan untuk bekerja sama secara kolaboratif (*collaboration*) (Sholikha & Fitrayati, 2021). Keterampilan abad ke-21 bukanlah sesuatu yang dibawa sejak lahir, melainkan diperoleh melalui pengalaman belajar yang disengaja dan terarah.

Sebagai bagian dari rumpun ilmu sains, biologi memiliki potensi besar dalam melatih keterampilan kolaborasi, komunikasi, serta penguasaan teknologi informasi, yang penting dalam menjawab tantangan abad ke-21. Salpeter (2008) menekankan bahwa keterampilan abad ke-21 dapat dikembangkan melalui seluruh proses pendidikan di semua mata pelajaran sekolah. Pendekatan pembelajaran berpusat pada siswa (*student-centered learning*) merupakan pendekatan yang efektif. Ada lima karakteristik utama pembelajaran yang berpusat pada siswa yaitu menjaga motivasi belajar, menjelaskan fungsi dan tujuan materi ajar, memperjelas peran guru, menumbuhkan tanggung jawab siswa, serta merancang tujuan dan proses evaluasi.

Upaya mengembangkan keterampilan abad ke-21 dalam pembelajaran, termasuk dalam mata pelajaran biologi, merupakan kewajiban bagi setiap pendidik. Proses ini tidak bisa berlangsung secara spontan, melainkan harus melalui perencanaan dan strategi pembelajaran yang terstruktur. Melalui pembelajaran biologi, transfer pengetahuan dapat berlangsung selaras dengan pengembangan keterampilan seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas. Oleh karena itu, guru biologi dituntut untuk cermat dalam memilih model pembelajaran yang mampu mengembangkan kompetensi tersebut.

Hasil observasi awal peneliti di SMA Negeri 4 Kota Jambi menunjukkan bahwa pembelajaran materi pencemaran lingkungan di kelas X belum secara optimal mengembangkan keterampilan abad ke-21 siswa. Masalah yang ditemukan meliputi: (1) siswa belum terbiasa dengan pembelajaran yang mendorong berpikir kritis; (2) dalam aspek berpikir kreatif, siswa cenderung hanya mampu memberikan satu solusi terhadap masalah yang bersifat kompleks; (3) keterampilan komunikasi masih lemah, tercermin dari kurangnya partisipasi aktif dalam diskusi; dan (4) dalam hal kolaborasi, siswa masih cenderung menyerahkan tugas kelompok hanya pada satu atau dua anggota tim.

Tidak banyak penelitian yang secara menyeluruh mempelajari manfaat pembelajaran berbasis masalah (PBL) dalam menciptakan keterampilan abad ke-21, khususnya berkaitan dengan masalah pencemaran lingkungan. Sebagian besar penelitian berfokus pada peningkatan hasil belajar atau aspek kognitif siswa. Namun, mereka tidak membahas bagaimana PBL secara khusus dapat meningkatkan kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan berpikir kritis dalam lingkungan yang kompleks dan kontekstual. Selain itu, ada sedikit penelitian yang menggabungkan pendekatan PBL dengan masalah lingkungan nyata, terutama dalam pembelajaran sains di sekolah dasar dan menengah. Mengingat betapa pentingnya meningkatkan literasi lingkungan dan keterampilan di era modern untuk menghadapi masalah global seperti pencemaran dan perubahan iklim, celah ini harus diteliti lebih lanjut.

Untuk menjawab tantangan tersebut, guru biologi di SMA Negeri 4 Kota Jambi telah mencoba menerapkan pembelajaran berbasis masalah (*Problem Based Learning*), namun implementasinya belum sepenuhnya memenuhi prinsip konstruktivistik. Masalah yang muncul antara lain: (1) stimulus awal berupa masalah kurang menantang, sehingga tidak mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis dan kreatif secara optimal; (2) pertanyaan yang diajukan siswa masih bersifat umum dan belum menggali informasi secara mendalam; (3) kegiatan pembelajaran masih terfokus pada pengerjaan soal-soal di LKPD, bukan pada proses investigasi dan eksplorasi yang memperkuat aspek keterampilan berpikir kritis dan kreatif.

METODE

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah studi pustaka (library research). Penulis mengumpulkan dan menelaah berbagai sumber ilmiah yang relevan, seperti jurnal nasional dan internasional, artikel penelitian, buku ajar, serta dokumen kebijakan pendidikan, yang membahas penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL), keterampilan abad 21, dan materi pencemaran lingkungan. Sumber-sumber yang digunakan dipilih berdasarkan relevansi dan keterbaruannya, umumnya terbit dalam rentang sepuluh tahun terakhir. Setiap literatur dianalisis secara kualitatif untuk menggali keterkaitan antara penerapan model PBL dan penguatan keterampilan abad 21, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Temuan dari telaah ini kemudian disintesis untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai potensi dan efektivitas implementasi PBL dalam pembelajaran pencemaran lingkungan di era pembelajaran modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Problem Based Learning (PBL) dalam Pembelajaran Biologi

Model *Problem Based Learning* (PBL) didasarkan pada prinsip bahwa proses belajar yang efektif terjadi ketika siswa terlibat secara aktif dalam memecahkan masalah nyata yang kontekstual. Pembelajaran berpusat pada siswa, di mana mereka berperan sebagai agen utama dalam membangun pengetahuan melalui penyelidikan, pengamatan, diskusi, dan refleksi. Dalam pendekatan ini, guru tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi, melainkan bertindak sebagai fasilitator yang membimbing proses berpikir siswa. Aktivitas belajar dimulai dengan pemaparan masalah autentik, yang kemudian mendorong siswa untuk menganalisis, merumuskan hipotesis, dan mencari solusi berbasis data dan teori (Supiandi & Julung, 2016; Apriyani & Alberida, 2023; Dewi et al., 2019).

Prinsip utama PBL mengedepankan keterlibatan siswa secara aktif, kolaboratif, dan reflektif. Proses belajar dalam PBL menuntut siswa mengintegrasikan berbagai pengetahuan untuk menyelesaikan permasalahan yang kompleks dan relevan dengan kehidupan sehari-hari. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa pembelajaran bukan hanya tentang menghafal fakta, tetapi merupakan hasil dari interaksi konstruktif antara individu dengan lingkungan melalui pengalaman bermakna (Pratama, 2018; Wulandari et al., 2015; Afelia et al., 2024). Oleh karena itu, model ini dianggap efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi sekaligus meningkatkan motivasi belajar siswa (Hartati et al., 2022; Masrinah et al., 2019; Firdaus et al., 2021; Iolanessa et al., 2020; Robbani, 2025; Fitrianingsih et al., 2016).

Model *Problem Based Learning* (PBL) menunjukkan keselarasan yang kuat dengan pendekatan konstruktivisme karena menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran. Dalam PBL, siswa tidak sekadar menerima informasi secara pasif dari guru, melainkan membangun pemahaman mereka sendiri melalui kegiatan eksploratif dan reflektif. Kegiatan belajar dimulai dengan penyajian masalah nyata, yang kemudian dijadikan sebagai landasan untuk menyusun hipotesis, melakukan penyelidikan, dan menarik kesimpulan. Hal ini sejalan dengan pandangan konstruktivis bahwa pengetahuan dikonstruksi melalui pengalaman langsung dan interaksi sosial dalam konteks dunia nyata (Supiandi & Julung, 2016; Dewi et al., 2019; Hartati et al., 2022).

PBL memfasilitasi berbagai aktivitas yang mendukung prinsip konstruktivisme, seperti diskusi kelompok, penyelidikan mandiri, serta refleksi terhadap hasil pembelajaran. Melalui proses ini, siswa tidak hanya memahami konsep secara lebih mendalam, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi. Selain itu, karakteristik PBL yang menekankan pada pembelajaran kontekstual, interdisipliner, dan berbasis produk menjadikan pengalaman belajar lebih bermakna dan berkelanjutan (Pratama, 2018; Masrinah et al., 2019; Wulandari et al., 2015). Ciri khas lainnya meliputi pembelajaran berbasis masalah autentik, kolaborasi dalam kelompok kecil, serta refleksi sebagai bagian integral dari proses belajar. Melalui interaksi aktif ini, siswa memperoleh pemahaman konseptual yang mendalam dan mampu mengaitkan pengetahuan dengan konteks kehidupan nyata (Robbani, 2025; Firdaus et al., 2021; Iolanessa et al., 2020; Fitrianingsih et al., 2016; Makhrus et al., 2019).

Penerapan *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran biologi di jenjang SMA sangat tepat karena biologi merupakan ilmu yang berkaitan erat dengan kehidupan

sehari-hari dan fenomena alam yang nyata. Model ini memungkinkan siswa mengaitkan konsep-konsep teoretis dengan konteks riil, seperti sistem pernapasan, pencemaran lingkungan, atau isu kesehatan. Hal ini mendukung pembelajaran yang bermakna, sekaligus membangun kebiasaan berpikir ilmiah, reflektif, dan kontekstual (Supiandi & Julung, 2016; Dewi et al., 2019; Afelia et al., 2024).

PBL juga relevan karena mendukung pengembangan keterampilan proses sains, seperti observasi, interpretasi data, komunikasi ilmiah, serta kemampuan kognitif dan metakognitif yang diperlukan dalam memahami materi biologi yang kompleks. Siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan, tetapi juga belajar menyelidiki, merumuskan hipotesis, serta berdiskusi dan berkolaborasi dalam kelompok. Hal ini terbukti mampu meningkatkan hasil belajar dan motivasi siswa, termasuk dalam hal keterampilan berpikir kritis dan sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu dan keterbukaan (Hartati et al., 2022; Pratama, 2018; Wulandari et al., 2015).

Analisis Hubungan PBL dalam meningkatkan Keterampilan abad 21

Model pembelajaran berbasis masalah (Problem-Based Learning/PBL) telah terbukti secara konsisten mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, terutama dalam dimensi critical thinking, creativity, communication, dan collaboration. PBL menciptakan lingkungan belajar yang aktif dan partisipatif, di mana siswa menjadi pusat dalam mengkaji dan menyelesaikan permasalahan nyata secara berkelompok. Proses ini mendorong siswa untuk menganalisis permasalahan secara kritis, menyampaikan solusi secara kreatif, serta melatih komunikasi dan kerja tim yang efektif (Putri & Fitri, 2022; Masrinah et al., 2019). Dengan demikian, PBL menjadi sarana strategis dalam mengintegrasikan keterampilan 4C secara langsung ke dalam aktivitas pembelajaran.

Literatur yang menelaah implementasi PBL dalam konteks pembelajaran sains dan biologi menunjukkan bahwa strategi ini mampu mendorong kemampuan berpikir logis, menghasilkan solusi inovatif, dan menyampaikan pendapat dalam diskusi kelompok. Aktivitas seperti menyusun hipotesis, melakukan observasi, menganalisis data, hingga mempresentasikan hasil eksperimen menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis, komunikasi, dan kolaborasi diasah secara simultan dalam proses pembelajaran (Apriyani & Alberida, 2023; Hartati et al., 2022). Walaupun tidak selalu menyebut istilah "4C" secara eksplisit, jurnal-jurnal ini menunjukkan bahwa sintaks PBL secara alami mencakup aspek-aspek tersebut.

Berbagai studi juga menyoroti bagaimana PBL membentuk pembelajaran mandiri dan tanggung jawab individual dalam konteks kerja kelompok. Siswa didorong untuk mencari informasi secara otonom, mengembangkan ide, dan menyusun solusi yang kolaboratif melalui diskusi aktif (Wulandari et al., 2020; Supiandi & Julung, 2016). Dewi et al., (2019) mencatat peningkatan pada indikator berpikir kritis, kemampuan komunikasi dalam presentasi, serta kemampuan bekerja sama dalam kelompok, yang kesemuanya merupakan dimensi integral dari keterampilan abad 21. Secara khusus, pendekatan ini membantu siswa menjadi pembelajar reflektif dan adaptif terhadap tantangan dunia nyata.

Selanjutnya, PBL juga didukung sebagai pendekatan yang relevan untuk menyiapkan siswa menghadapi tuntutan global karena dapat mengintegrasikan kegiatan saintifik, proyek kolaboratif, dan pemecahan masalah dalam konteks autentik. Guru berperan penting dalam merancang pembelajaran yang secara sadar menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, serta kerja tim melalui PBL dan strategi sejenis (Makhrus et al., 2019; Mantau & Talango, 2023). Robbani (2025) menekankan bahwa PBL tidak hanya berfokus pada penguasaan materi akademik, tetapi juga pada pengembangan kompetensi lintas bidang yang esensial di abad ke-21. Dengan demikian, penerapan PBL memberikan kontribusi langsung dalam menumbuhkan dan menguatkan keterampilan 4C pada peserta didik secara integral dan kontekstual.

Sejumlah studi empiris menunjukkan bahwa penerapan model Problem-Based Learning (PBL) memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir tingkat tinggi, khususnya dalam aspek berpikir kritis dan kreatif. Putri dan Fitri (2022) menemukan bahwa skor rata-rata peserta didik di kelas eksperimen secara konsisten lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Supiandi dan Julung (2016), yang menunjukkan peningkatan kemampuan memecahkan masalah sebesar

17,73% dan capaian hasil belajar kognitif sebesar 23,65%, mencerminkan keterkaitan erat antara PBL dan pengembangan aspek critical thinking dalam konteks pembelajaran.

Selain aspek kognitif, penelitian juga mengungkapkan kontribusi PBL dalam meningkatkan kemampuan komunikasi dan kolaborasi peserta didik. Pratama (2018) mencatat bahwa pola kerja PBL yang melibatkan diskusi kelompok dan pemecahan masalah bersama mendorong terjadinya interaksi sosial yang bermakna dan tanggung jawab kolektif dalam pembelajaran. Peningkatan ini juga tergambar pada penelitian oleh Afelia et al., (2024), yang mencatat peningkatan signifikan dalam indikator kolaboratif siswa, seperti kontribusi, fleksibilitas, dan manajemen waktu, dari 58% pada siklus pertama menjadi 92% pada siklus ketiga. Hal ini menegaskan bahwa kerja tim dan koordinasi interpersonal menjadi bagian integral dari implementasi PBL.

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa PBL mendorong keterlibatan aktif siswa dalam kegiatan observasi, komunikasi ilmiah, hingga penyusunan hipotesis dan perencanaan eksperimen. Hartati et al., (2022) melaporkan peningkatan tertinggi pada aspek observasi (88,4%) dan komunikasi (82,2%), yang merupakan bagian penting dari keterampilan berpikir kritis dan kemampuan menyampaikan informasi secara efektif. Lebih lanjut, Wulandari et al., (2020) mencatat bahwa keterlibatan siswa mencapai 90%, dan rata-rata hasil belajar mencapai 80,03, yang mengindikasikan keberhasilan penerapan pembelajaran aktif dalam mengembangkan kompetensi kognitif dan sosial. Respon positif siswa terhadap model ini, seperti ditunjukkan oleh persentase setuju sebesar 97,6% terhadap PBL, semakin memperkuat efektivitas strategi ini dalam konteks pendidikan abad ke-21.

Namun, masih ditemukan kesenjangan antara konsep ideal PBL dengan implementasinya dalam dokumen perencanaan pembelajaran. Makhrus et al. (2019) mengungkapkan bahwa sebagian besar RPP yang dianalisis belum mencerminkan penerapan strategi abad 21 secara optimal, termasuk integrasi keterampilan 4C secara eksplisit. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun PBL telah terbukti efektif secara empiris, dukungan sistematis dari guru dalam perencanaan pembelajaran masih perlu diperkuat. Temuan serupa juga didukung oleh Robbani (2025), yang menunjukkan bahwa PBL meningkatkan skor berpikir kritis siswa sebesar 25%, jauh melampaui kelompok kontrol yang hanya 10%. Dengan demikian, berbagai bukti penelitian menegaskan bahwa PBL memiliki potensi besar dalam menumbuhkan keterampilan abad 21, meskipun tantangan implementasi di tingkat praktis masih perlu diatasi.

Penerapan tahapan Problem-Based Learning (PBL) secara sistematis menunjukkan keterpaduan dengan pengembangan keterampilan abad ke-21, khususnya critical thinking, communication, collaboration, dan creativity. Pada tahap awal, yaitu orientasi terhadap masalah, peserta didik dilatih untuk mengidentifikasi isu kontekstual dan merumuskan permasalahan, yang menjadi landasan dalam membangun kemampuan berpikir kritis (Putri & Fitri, 2022). Selanjutnya, saat pengorganisasian tugas belajar dan pembentukan kelompok, keterampilan kolaboratif mulai dikembangkan melalui kerja sama tim, pembagian tugas, dan pengelolaan ide bersama (Supiandi & Julung, 2016). Tahapan ini juga membuka ruang dialog antarpeserta didik, memperkuat kemampuan komunikasi sejak dini dalam proses pembelajaran.

Tahap penyelidikan atau eksplorasi informasi secara mandiri maupun kelompok menjadi momen penting bagi siswa untuk menerapkan berpikir kritis sekaligus berpikir kreatif. Kreativitas muncul ketika siswa merancang hipotesis, menyusun strategi eksperimen, dan mencari solusi dari permasalahan yang kompleks, sementara berpikir kritis terlibat dalam proses analisis data dan penarikan kesimpulan (Apriyani & Alberida, 2023; Hartati et al., 2022). Pada tahap pengembangan dan penyajian hasil, keterampilan komunikasi siswa diuji melalui presentasi ide dan pertanggungjawaban terhadap solusi yang ditawarkan. Komunikasi ilmiah menjadi kunci dalam menyampaikan gagasan secara logis dan meyakinkan, baik secara lisan maupun tertulis (Fitrianingsih et al., 2016).

Akhirnya, tahap refleksi dan evaluasi memberikan ruang bagi peserta didik untuk meninjau kembali proses yang telah dilalui dan mengevaluasi efektivitas solusi yang dirancang. Tahapan ini memperkuat kemampuan berpikir kritis evaluatif dan menumbuhkan kesadaran metakognitif terhadap pembelajaran yang dialami (Pratama, 2018; Robbani, 2025). Struktur PBL tidak hanya selaras secara pedagogis dengan 4C, tetapi juga menjadi

kerangka kerja strategis untuk menciptakan pembelajaran aktif yang relevan dengan tuntutan masa depan.

Materi Pencemaran Lingkungan sebagai Konteks yang Relevan

Materi pencemaran lingkungan dalam pembelajaran biologi menonjol sebagai topik yang sangat kontekstual, karena berkaitan langsung dengan kehidupan sehari-hari siswa dan mengandung isu-isu nyata yang sedang dihadapi masyarakat. Topik-topik seperti pencemaran udara, air, dan tanah tidak hanya aktual, tetapi juga sangat dekat dengan pengalaman pribadi peserta didik, sehingga memudahkan mereka dalam mengidentifikasi masalah serta membangun pemahaman secara bermakna (Putri & Fitri, 2022). Dengan demikian, pencemaran lingkungan sangat sesuai dijadikan konteks pembelajaran dalam pendekatan *Problem Based Learning* (PBL), karena mampu menjembatani materi sains dengan realitas sosial dan ekologis yang sedang berlangsung (Dewi et al., 2019).

Karakter kontekstual dari topik pencemaran lingkungan tidak hanya meningkatkan relevansi pembelajaran, tetapi juga mendorong pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Dalam model PBL, siswa dilibatkan dalam pemecahan masalah otentik yang bersifat kompleks, menuntut kemampuan analitis, kreatif, dan reflektif. Oleh karena itu, isu pencemaran lingkungan sebagai permasalahan global yang belum tuntas menjadi sangat efektif untuk melatih kemampuan ilmiah siswa melalui pengamatan, investigasi, dan refleksi terhadap kondisi lingkungan sekitar mereka (Pratama, 2018; Apriyani & Alberida, 2023). Hal ini sejalan dengan prinsip bahwa PBL idealnya berangkat dari masalah nyata yang memiliki dampak langsung terhadap peserta didik.

Meskipun tidak semua sumber secara eksplisit menyebut istilah "pencemaran lingkungan", banyak di antaranya menekankan pentingnya penggunaan konteks yang relevan dan aktual dalam pembelajaran berbasis masalah. Misalnya, PBL disarankan untuk di mulai dari isu-isu yang berkaitan dengan kehidupan siswa, seperti degradasi lingkungan atau polusi, agar proses pembelajaran menjadi lebih bermakna dan aplikatif (Hartati et al., 2022; Masrinah et al., 2019). Pendekatan ini tidak hanya memperkuat keterkaitan antara teori dan praktik, tetapi juga memfasilitasi pengembangan sikap peduli lingkungan dan tanggung jawab sosial siswa, menjadikan materi pencemaran lingkungan sebagai pilihan strategis dalam pendidikan sains berbasis kontekstual (Robbani, 2025; Afelia et al., 2024). Isu pencemaran mencerminkan situasi kompleks dan aktual di masyarakat yang belum memiliki satu jawaban pasti, sehingga mendorong siswa untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan solusi secara kolaboratif dan kritis (Pratama, 2018). Selain itu, sifat interdisipliner dari topik ini memberikan ruang bagi pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi serta kesadaran sosial dan lingkungan yang mendalam (Supiandi & Julung, 2016).

PBL menekankan pada proses ilmiah dalam penyelesaian masalah yang konkret dan teramati. Dalam konteks ini, pencemaran lingkungan memungkinkan siswa melakukan observasi terhadap gejala nyata, mengidentifikasi penyebab melalui pengumpulan data, serta merumuskan solusi berbasis bukti. Hal ini sejalan dengan prinsip bahwa PBL mendukung penerapan metode ilmiah dalam pembelajaran, di mana siswa secara aktif dilibatkan dalam eksperimen, analisis data, dan komunikasi ilmiah (Hartati et al., 2022). Dengan demikian, isu pencemaran tidak hanya relevan secara konten, tetapi juga efektif dalam mengembangkan keterampilan proses sains siswa secara utuh (Apriyani & Alberida, 2023). Topik ini menantang siswa untuk berpikir reflektif dan bertindak solutif terhadap masalah yang mereka alami sendiri atau saksikan di lingkungan lokal, seperti pencemaran air sungai atau sampah domestik (Wulandari et al., 2020).

Integrasi: PBL, Keterampilan Abad 21, dan Materi Pencemaran Lingkungan

Penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran topik pencemaran lingkungan terbukti mampu menumbuhkan keterampilan abad ke-21 secara efektif. Keterkaitan langsung antara isu pencemaran dengan kehidupan sehari-hari siswa menjadikan konteks pembelajaran lebih relevan dan bermakna. Hal ini menciptakan ruang bagi tumbuhnya rasa ingin tahu, kepedulian, dan partisipasi aktif siswa dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan melalui proses ilmiah. Dalam konteks tersebut, kemampuan berpikir kritis berkembang saat siswa menganalisis penyebab dan dampak pencemaran, kreativitas muncul saat merancang solusi inovatif, kolaborasi terwujud dalam

kerja kelompok, serta komunikasi diasah melalui presentasi ide dan hasil penelitian (Putri & Fitri, 2022; Supiandi & Julung, 2016).

Karakteristik masalah dalam isu pencemaran lingkungan yang kompleks dan tidak memiliki satu solusi tunggal menuntut siswa untuk mengeksplorasi beragam pendekatan penyelesaian. Situasi ini secara alami merangsang kemampuan berpikir tingkat tinggi serta kerja sama antarpeserta didik dalam mengevaluasi informasi, menarik kesimpulan, dan menyusun strategi penanganan berbasis data. Pratama (2018) menyatakan bahwa topik-topik seperti pencemaran lingkungan sangat efektif dalam menstimulasi keterampilan 4C (Critical thinking, Creativity, Collaboration, and Communication) karena menuntut siswa untuk terlibat secara mendalam dalam proses pembelajaran berbasis masalah yang nyata dan kontekstual.

Setiap tahapan dalam sintaks Problem Based Learning (PBL) memberikan kontribusi strategis terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 secara terpadu. Misalnya, tahap orientasi masalah melatih kemampuan berpikir kritis karena siswa dituntut untuk memahami dan menelaah isu pencemaran yang kompleks. Tahap pengorganisasian tugas dan pembagian peran mendorong kolaborasi yang aktif antar siswa. Penyelidikan lapangan, termasuk observasi dan pengumpulan data, menjadi wahana bagi pengembangan kreativitas, sedangkan presentasi hasil memperkuat kemampuan komunikasi ilmiah. Aktivitas seperti bertanya, menganalisis, dan menyampaikan argumen secara kolaboratif merupakan indikator terbentuknya keterampilan 4C (Putri & Fitri, 2022; Apriyani & Alberida, 2023).

Dengan pendekatan PBL, siswa secara aktif terlibat dalam proses berpikir tingkat tinggi, bekerja sama, menyampaikan ide, dan merefleksikan hasil belajarnya. Materi pencemaran lingkungan memberikan konteks autentik yang mendorong keterlibatan nyata, memungkinkan pembelajaran yang bermakna dan relevan. Integrasi pendekatan konstruktivis, saintifik, dan kontekstual dalam PBL menjadikan pembelajaran tidak hanya berfokus pada pemahaman konseptual, tetapi juga pada pengembangan soft skills yang penting untuk menghadapi tantangan global. Sebagaimana ditegaskan oleh Robbani (2025), PBL mampu menjadi strategi pembelajaran yang tidak hanya meningkatkan prestasi akademik, tetapi juga mempersiapkan siswa menjadi problem solver yang adaptif dalam kehidupan nyata (Masrinah et al., 2019).

Pendekatan *Problem Based Learning* dalam pembelajaran pencemaran lingkungan memiliki kekuatan utama pada kemampuannya menyajikan konteks pembelajaran yang autentik dan relevan dengan kehidupan nyata. Dengan konteks yang kuat, siswa terdorong untuk aktif mengeksplorasi masalah dan mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, seperti berpikir kritis, komunikasi ilmiah, dan kolaborasi (Putri & Fitri, 2022; Hartati et al., 2022). Pendekatan ini juga menjauhkan siswa dari praktik pembelajaran yang hanya mengandalkan hafalan, serta membekali mereka dengan keterampilan abad ke-21 seperti kemandirian belajar dan kepedulian terhadap isu lingkungan (Pratama, 2018). Keunggulan ini semakin diperkuat ketika pembelajaran disusun dengan melibatkan isu lokal yang aktual dan mendorong eksplorasi berbasis data.

Meskipun demikian, implementasi PBL juga menghadapi sejumlah tantangan yang signifikan. Di antaranya adalah kesulitan awal siswa dalam memahami struktur masalah yang kompleks, dominasi individu dalam kelompok, serta keterbatasan fasilitas dan waktu pembelajaran yang tersedia dalam kurikulum reguler (Wulandari et al., 2020; Iolanessa et al., 2020). Selain itu, kesiapan guru dalam merancang skenario autentik dan memfasilitasi diskusi reflektif menjadi faktor kunci yang mempengaruhi efektivitas pembelajaran. Tanpa perencanaan dan pendampingan yang tepat, PBL berisiko tidak terarah, terutama bagi siswa dengan kemampuan akademik rendah (Apriyani & Alberida, 2023; Masrinah et al., 2019).

KESIMPULAN

Penerapan Problem Based Learning (PBL) dalam pembelajaran biologi dengan topik pencemaran lingkungan terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21 siswa secara menyeluruh. Topik pencemaran—baik udara, air, maupun tanah—bersifat kontekstual, aktual, dan relevan dengan kehidupan sehari-hari peserta didik, sehingga mampu menjembatani pemahaman konseptual dengan realitas sosial-ekologis yang mereka

hadapi. PBL mendorong keterlibatan aktif siswa dalam proses ilmiah seperti observasi, pengumpulan data, analisis, dan presentasi. Aktivitas-aktivitas ini mendukung penguatan keterampilan 4C: critical thinking, creativity, collaboration, dan communication. Setiap sintaks dalam PBL memberikan kontribusi spesifik terhadap pengembangan keterampilan tersebut, mulai dari orientasi masalah hingga refleksi dan evaluasi hasil.

Meski menawarkan banyak keunggulan, implementasi PBL pada topik pencemaran lingkungan tidak terlepas dari tantangan, seperti keterbatasan fasilitas, kesiapan guru, dan kesulitan siswa dalam memahami kompleksitas masalah. Namun, dengan perencanaan matang dan dukungan pedagogis yang memadai, PBL mampu mengubah proses pembelajaran menjadi lebih bermakna, interaktif, dan transformatif.

REKOMENDASI

Perlu dikembangkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang terstruktur berdasarkan sintaks PBL dan memuat indikator keterampilan 4C (critical thinking, creativity, collaboration, communication). LKPD ini harus mengangkat kasus nyata pencemaran lingkungan agar siswa terlibat aktif dalam investigasi dan pemecahan masalah yang kontekstual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada guru mata pelajaran Biologi di SMA Negeri 4 Kota Jambi yang telah memberikan informasi dan dukungan dalam proses pengumpulan data observasi awal. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pihak sekolah yang telah memberikan izin dan kesempatan untuk melakukan kajian ini. Selain itu, penulis mengapresiasi kontribusi para peneliti terdahulu yang menjadi rujukan dalam penyusunan artikel ini, sehingga analisis dan pembahasan dapat disusun secara komprehensif. Segala bentuk bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sangat berarti dalam menyelesaikan telaah literatur ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afelia, Y. D., Utomo, A. P., & Sulistyaningsih, H. (2024). Implementasi Model Problem Based learning (PBL) Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi pada Mata Pelajaran Biologi di Kelas X SMA. *Jurnal Biologi*, 1(2), 1–11. <https://doi.org/10.47134/biology.v1i2.1963>
- Apriyani, N. D., & Alberida, H. (2023). Pengaruh Model Problem Base Learning (PBL) terhadap Keterampilan Argumentasi Peserta Didik pada Pembelajaran Biologi: Literature Review. *BIOCHEPHY: Journal Of Science Education*, 03(1), 40–48. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v3i1.531>
- Dewi, E. H. P., Akbari, S., & Nugroho, A. A. (2019). Peningkatan Aktivitas dan Hasil Belajar Biologi melalui Model Problem Based Learning (PBL) pada Materi Pencemaran Lingkungan Siswa Kelas X SMA Negeri 1 Jatisrono. *Journal of Biology Learning*, 1(1), 53–62. <https://doi.org/10.32585/v1i1.251>
- Firdaus, A., Asikin, M., Waluya, B., & Zaenuri, Z. (2021). Problem Based Learning (PBL) Untuk Meningkatkan Kemampuan Matematika Siswa. *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan, Sosial, Dan Agama*, 13(2), 187–200. <https://doi.org/10.37680/qalamuna.v13i2.871>
- Fitrianingsih, Muis, A., & Prianto, A. (2016). Efektivitas Pembelajaran Biologi Menggunakan Model Problem Based Learning (PBL) dan Group Investigation (GI) terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa pada Materi Pencemaran Lingkungan di SMA Negeri 3 Kuningan. *Quagga : Jurnal Pendidikan Dan Biologi*, 8(2), 80–90.
- Hartati, H., Azmin, N., Nasir, M., & Andang, A. (2022). Keterampilan Proses Sains Siswa melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) pada Materi Biologi. *JIIIP- Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(12), 5795–5799. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i12.1190>
- Hidayatullah, Z., Wilujeng, I., Nurhasanah, N., Gusemanto, T. G., & Makhrus, M. (2021). Synthesis of the 21st Century Skills (4C) Based Physics Education Research In Indonesia. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 6(1), 88–97. <https://doi.org/10.26737/jipf.v6i1.1889>
- Lolanessa, L., Kaniawati, I., & Nugraha, M. G. (2020). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) Menggunakan Pendekatan STEM dalam Meningkatkan Keterampilan

- Pemecahan Masalah Siswa SMP. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 5(1), 113–117. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v5i1.23452>
- Makhrus, M., Harjono, A., Syukur, A., Bahri, S., & Muntari, M. (2019). Analisis Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (Rpp) Terhadap Kesiapan Guru Sebagai “Role Model” Keterampilan Abad 21 Pada Pembelajaran Ipa Smp. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 5(1). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v5i1.171>
- Mantau, B. A. K., & Talango, S. R. (2023). Pengintegrasian Keterampilan Abad 21 Dalam Proses Pembelajaran (Literature Review). *Irfani Jurnal Pendidikan Islam*, 19(1), 86–107. <https://doi.org/10.30603/ir.v19i1.3897>
- Masrinah, E. N., Aripin, I., & Gaffar, A. A. (2019). Problem Based Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan I*, 1, 924–932. Retrieved from <https://prosiding.unma.ac.id/index.php/semnasfkip/article/view/129>
- Pratama, A. T. (2018). Peningkatan Hasil Belajar Kognitif Menggunakan Strategi Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Pada Pembelajaran Biologi Di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Biolokus*, 1(2), 71–76. <http://dx.doi.org/10.30821/biolokus.v1i2.372>
- Putri, D. M., & Fitri, R. (2022). pengaruh model pembelajaran problem based learning (pbl) terhadap kemampuan berpikir kritis siswa pada pembelajaran biologi. *Alveoli*, 3(1), 41–52.
- Robbani, H. (2025). Pengembangan Keterampilan Berpikir Kritis Melalui Pembelajaran Berbasis Masalah. *ABDUSSALAM: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan Islam*, 1(1), 9–21. <https://journal.iai-daraswaja-rohil.ac.id/index.php/abdussalam/article/view/90>
- Salpeter, J. (2008). 21st Century Skills: Will Our Students Be Prepared?. *Judy. Technology and Learning*, 1–7.
- Sholikha, S. N., & Fitrayati, D. (2021). Integrasi Keterampilan 4C dalam Buku Teks Ekonomi SMA/MA. Edukatif: *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(5), 2402–2418. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i5.823>
- Supiandi, M. I., & Julung, H. (2016). Pengaruh Model Problem Based Learning (PBL) terhadap Kemampuan Memecahkan Masalah dan Hasil Belajar Kognitif Siswa Biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Sains*, 4(2), 60–64.
- Wulandari, R., Santri, D. J., & Zen, D. (2014). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Pada Pembelajaran Biologi Di SMA Negeri 14 Palembang *Jurnal Pembelajaran Biologi: Kajian Biologi Dan Pembelajarannya*, 1(1), 46–53. <https://doi.org/10.36706/jpb.v1i1.11>