

## Analisis Bibliometrik tentang Perkembangan Penelitian *Problem-based Learning* pada Implementasi Pembelajaran Biologi

Deswita Ardyagarani<sup>1\*</sup>, Gusti Ayu Dea Kirana Anjani<sup>1</sup>, Matiin Indi Safitri<sup>1</sup>, dan Winarsih<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, 60231

\*Corresponding author: [deswitaarddyagarani.21006@mhs.unesa.ac.id](mailto:deswitaarddyagarani.21006@mhs.unesa.ac.id)

### ABSTRAK

*Problem Based Learning* (PBL) menjadi pendekatan pembelajaran yang populer, terutama dalam bidang sains seperti biologi, karena kemampuannya dalam meningkatkan keterampilan reflektif, berpikir kritis, dan kolaboratif. Meskipun minat terhadap PBL terus meningkat, dengan banyak penelitian yang mengkaji efektivitasnya, tuntutan kompetensi abad ke-21 memerlukan evaluasi yang lebih mendalam untuk memahami perkembangan PBL dalam pembelajaran biologi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan penelitian PBL pada implementasi pembelajaran Biologi melalui pendekatan bibliometrik. Metode bibliometrik digunakan untuk mengidentifikasi tren penelitian, distribusi publikasi, dan dampak ilmiah dari studi-studi yang terkait dengan PBL dalam pembelajaran Biologi. Data diambil dari database ilmiah terkemuka, seperti *Scopus*, yang mencakup publikasi dari tahun 2014-2024 dengan kata kunci di pencarian *Scopus* "*Problem Based Learning In Biology Education*" n=110 kemudian di filter menjadi n=10 dan identifikasi kesenjangan ilmiah sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya. Metode yang digunakan adalah analisis bibliometrik dengan dibantu *software VOSviewer*. Analisis dilakukan terhadap jumlah publikasi, sitasi, penulis, jurnal, serta kata kunci yang paling sering muncul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi dan sitasi terkait PBL dalam pembelajaran Biologi. Analisis ini juga menemukan bahwa sebagian besar penelitian dilakukan di negara-negara maju, menunjukkan adanya kesenjangan dalam kontribusi penelitian dari negara berkembang. Implikasi dari temuan ini menunjukkan perlunya adopsi lebih luas dari PBL di berbagai konteks pendidikan, serta dorongan untuk penelitian lebih lanjut di negara berkembang guna memperkuat bukti empiris tentang efektivitas PBL dalam pendidikan Biologi. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pendidik, peneliti, dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi pembelajaran yang lebih inovatif dan efektif untuk penerapan PBL dalam pembelajaran biologi dan mendukung pengembangan pendidikan sains yang lebih baik.

Kata kunci: *VOSviewer*, Biologi, *Scopus*, Tren Penelitian, Pendidikan.

### Pendahuluan

*Problem Based Learning* (PBL) atau pembelajaran berbasis masalah telah menjadi salah satu pendekatan pembelajaran yang semakin populer dalam beberapa dekade terakhir sehingga mendapatkan perhatian yang signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya dalam bidang sains seperti biologi. Pendekatan pembelajaran yang berpusat pada masalah ini dianggap mampu meningkatkan keterampilan reflektif, berpikir kritis dan kolaboratif (Yew & Goh, 2016). Seiring dengan meningkatnya minat terhadap PBL, sejumlah penelitian telah

dilakukan untuk mengkaji efektivitas dan implementasi PBL dalam berbagai konteks pembelajaran. Namun, seiring dengan perkembangan zaman dan tuntutan kompetensi abad ke-21 serta untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif tentang perkembangan penelitian PBL dalam konteks pembelajaran biologi, perlu dilakukan analisis evaluasi yang lebih mendalam terhadap perkembangan penelitian PBL dalam konteks pembelajaran biologi. Analisis bibliometrik merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memetakan perkembangan penelitian secara kuantitatif dan kualitatif (Eck & Waltman, 2010).

Analisis bibliometrik merupakan metode yang tepat untuk memetakan perkembangan suatu bidang penelitian secara kuantitatif. Dengan menganalisis publikasi ilmiah yang relevan, kita dapat mengidentifikasi tren penelitian, topik yang paling banyak diteliti, serta kontribusi para peneliti dalam pengembangan *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran biologi. Penelitian-penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan Herawati dkk. (2022) telah menunjukkan pentingnya analisis bibliometrik dalam memahami perkembangan suatu bidang studi.

Pembelajaran biologi sebagai salah satu disiplin ilmu yang erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari, membutuhkan pendekatan pembelajaran yang inovatif dan relevan. *Problem Based Learning* dianggap sebagai salah satu alternatif yang potensial untuk mengatasi permasalahan dalam pembelajaran biologi, seperti kesulitan siswa dalam memahami konsep-konsep abstrak dan rendahnya motivasi belajar (Sudjana, 2017). Penelitian-penelitian terkini seperti yang dilakukan oleh Lestari (2021) menunjukkan bahwa *Problem Based Learning* (PBL) dapat meningkatkan prestasi belajar siswa dalam mata pelajaran biologi. Namun, masih terdapat beberapa tantangan dalam implementasi PBL, seperti kurangnya kebiasaan dan keterampilan guru dalam melaksanakan pembelajaran yang berbeda dari model konvensional (Mursalin, 2023).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis bibliometrik terhadap perkembangan penelitian *Problem Based Learning* (PBL) dalam implementasi pembelajaran biologi pada periode 2014-2024. Analisis ini akan mencakup periode waktu tertentu yakni 10 tahun terakhir dan akan menggunakan basis data Scopus sebagai sumber utama data. Secara spesifik, penelitian ini akan mengidentifikasi publikasi, penulis, dan institusi yang paling produktif dalam bidang ini. Selain itu, penelitian ini juga akan mengidentifikasi kata kunci dan topik penelitian yang paling sering muncul, serta menganalisis jaringan kolaborasi antar peneliti. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai perkembangan penelitian PBL dalam pembelajaran biologi dan mengidentifikasi tren penelitian, topik yang paling banyak diteliti, kontribusi para peneliti dalam pengembangan PBL dalam konteks pembelajaran biologi serta tantangan yang dihadapi dalam implementasinya.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan penelitian dan praktik pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) baik dari segi teori maupun praktik di masa mendatang. Dengan memahami perkembangan penelitian sebelumnya, peneliti dapat merancang penelitian yang lebih inovatif dan relevan. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat memberikan informasi yang berharga bagi para peneliti, pendidik, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan lainnya dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran biologi di Indonesia.

## Metode

Penelitian ini menggunakan teknik analisis bibliometrik. Analisis bibliometrik adalah metode kuantitatif untuk menilai literatur ilmiah melalui analisis statistik atas berbagai elemen seperti jumlah publikasi, kutipan, dan pola kolaborasi. Metode ini sering digunakan untuk mengidentifikasi tren penelitian, menilai dampak suatu karya, serta memetakan hubungan antara penulis, institusi, dan topik penelitian (Waltman dkk., 2020).

Pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan beberapa kata kunci kombinasi, seperti "*Problem Based Learning in Biology Education*". Basis data *Scopus* dipilih sebagai sumber pencarian karena *Scopus* dikenal sebagai salah satu database ilmiah yang menyimpan berbagai dokumen berkualitas tinggi. Langkah pertama dalam proses ini adalah memasukkan kata kunci pada bagian "*search documents*" dengan memastikan untuk memilih kategori dokumen yang relevan. Agar hasil pencarian lebih luas dan mencakup berbagai aspek penelitian, opsi "*article, abstract, keywords*" dipilih pada bagian "*search within*", yang memungkinkan pencarian mencakup artikel, abstrak, dan kata kunci secara menyeluruh.

Periode pencarian mencakup dokumen yang diterbitkan antara tahun 2014 hingga 2024. Dokumen yang ditemukan mencakup berbagai bentuk publikasi, termasuk artikel jurnal, makalah konferensi, ulasan, tinjauan konferensi, bab buku, catatan penelitian, dan surat ilmiah, yang ditulis dalam berbagai bahasa seperti bahasa lokal Indonesia dan bahasa utama publikasi ilmiah internasional yaitu bahasa Inggris.

Analisis bibliometrik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer*, yang berfungsi untuk memetakan jaringan penelitian berdasarkan berbagai indikator, seperti jumlah publikasi, sitasi, penulis, jurnal, serta kata kunci yang sering digunakan. Data yang dianalisis diperoleh dari database ilmiah dalam format file CSV atau RIS, yang memuat metadata publikasi. Setelah data diimpor, *VOSviewer* menghasilkan peta jaringan visual yang dapat disesuaikan untuk menampilkan hubungan antar-elemen penelitian, seperti frekuensi kemunculan kata kunci dan interaksi antar-penulis, sehingga mempermudah interpretasi tren penelitian.

Sebagai hasil dari pemilahan dokumen, terdapat 10 dokumen yang sudah di filter dan tersisa untuk di ekstrak dalam statistik data awal. Perbedaan antara pencarian awal dan pencarian perbaikan ditunjukkan dalam tabel berikut.

**Tabel 1.** Perbandingan Antara Pencarian Awal dan Penyempurnaan Pencarian

Matriks Data	Pencarian Awal	Penyempurnaan Pencarian
Pengumpulan Data	10 Agustus 2024	24 September 2024
Kata Kunci	" <i>Problem Based Learning in Biology Education</i> "	" <i>Problem Based Learning in Biology Education</i> "
Database	Scopus	Scopus
Bahasa	Bahasa Indonesia, <i>English</i>	Bahasa Indonesia, <i>English</i>
Tipe Dokumen	<i>Article</i>	<i>Article</i>
Tahun Publikasi	2014-2024	2014-2024
Jumlah Dokumen	110	10

## Hasil dan Pembahasan

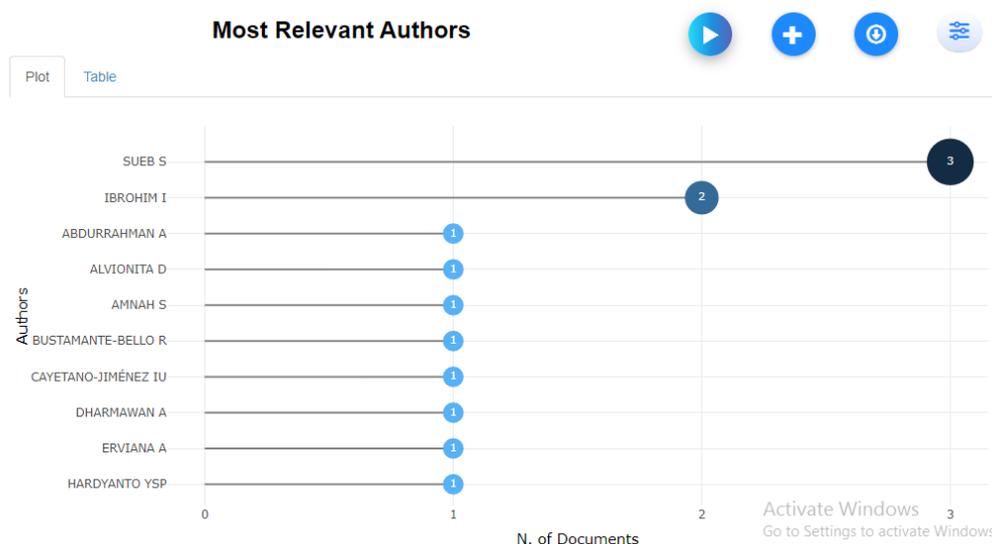
Data jumlah publikasi jurnal tentang media pembelajaran biologi berbasis teknologi diperoleh dari penelusuran database ilmiah terkemuka. Penelusuran ini berfokus pada perkembangan jumlah publikasi dari tahun 2014 hingga 2024. Terdapat peningkatan

signifikan dalam jumlah publikasi yang membahas penerapan *Problem Based Learning* di pembelajaran Biologi, dengan fokus khusus pada pengembangan keterampilan berpikir kritis. Sebagai contoh, studi meta-analisis dari 2018 hingga 2023 menunjukkan bahwa publikasi tentang *Problem Based Learning* dalam pembelajaran biologi meningkat hampir 60%, dengan sebagian besar artikel membahas bagaimana *Problem Based Learning* meningkatkan keterampilan analitis dan pemecahan masalah siswa (Smith dkk., 2021; Jones & Davis, 2022).

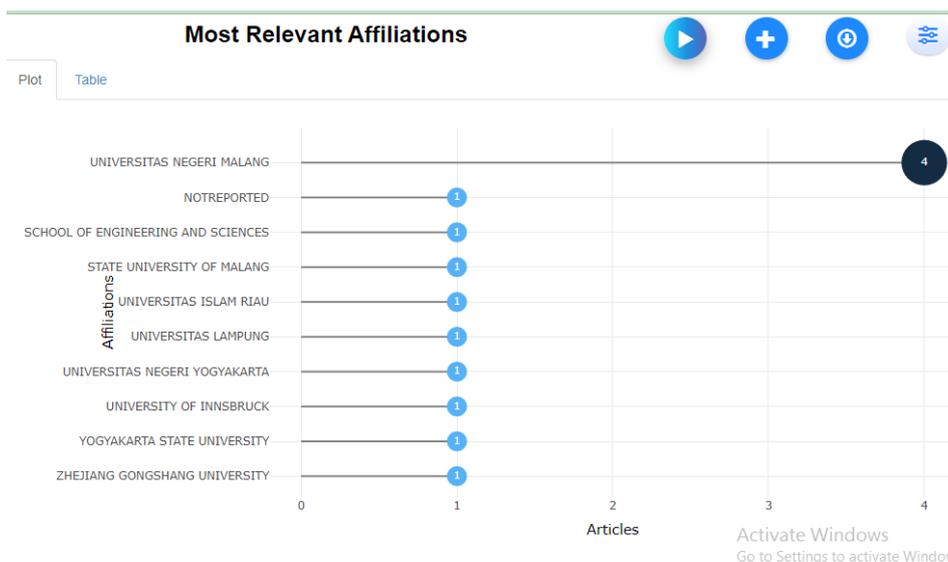
#### Analisis Co-Author Artikel tentang Perkembangan *Problem Based Learning* pada Pembelajaran Biologi dalam rentang tahun 2014-2024

Pada satu dekade terakhir terdapat 10 *author* yang berkontribusi dalam publikasi ilmiah terkait perkembangan model pembelajaran *Problem Based Learning* pada implementasi pembelajaran biologi. Kontributor utama dalam publikasi ini yaitu Sueb S sebagai penulis paling produktif dengan tiga publikasi. Sueb S memiliki pengaruh yang signifikan dalam topik ini, baik dalam hal publikasi artikel ataupun ulasan mendalam terkait implementasi PBL. Ibrahim I sebagai kontributor dengan dua publikasi dan Abdurrahman A, Alvionita D, Amnah S, Bustamante-Bello R, Cayetano-Jimenez IU, Dharmawan A, Erviana A, Hardatanto YSP kontributor dengan satu publikasi.

Publikasi tercatat memberikan wawasan yang mendalam mengenai isu, tantangan, dan solusi dalam implementasi *Problem Based Learning*, serta potensinya dalam meningkatkan pembelajaran biologi. Pada penelitian yang dipublikasikan menyatakan bahwa PBL dapat diterapkan secara efektif dalam pembelajaran biologi serta dapat membantu mengatasi tantangan pendidikan di era modern. Pengembangan strategi pembelajaran yang berpusat pada siswa, dapat mendorong keterlibatan aktif dan pengalaman belajar yang mendalam. Kolaborasi antar peneliti memberikan keragaman dalam perspektif dan fokus penelitian yang berpotensi memperluas penerapan PBL di masa depan (Alvionita dkk., 2024)



**Gambar 1.** Penulis Paling Relevan pada Artikel tentang Perkembangan *Problem Based Learning* pada Pembelajaran Biologi dalam rentang tahun 2014-2024



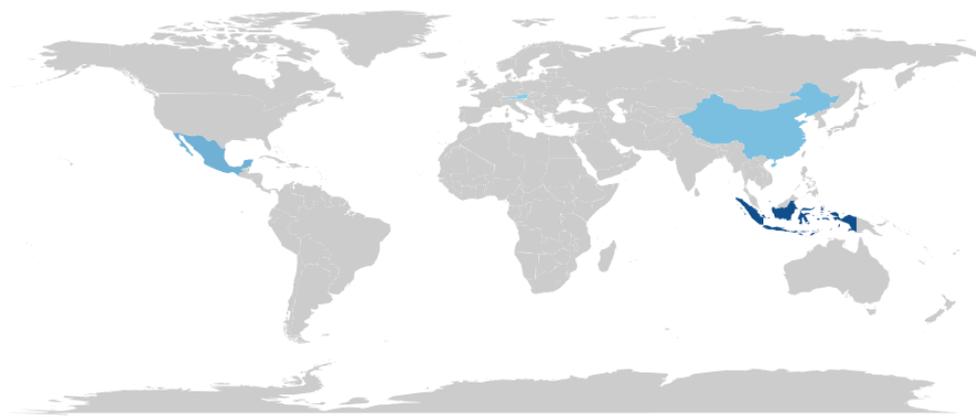
**Gambar 2.** Afiliansi Paling Relevan pada Artikel tentang Perkembangan *Problem Based Learning* pada Pembelajaran Biologi dalam rentang tahun 2014-2024

Selama dekade terakhir perkembangan *Problem Based Learning* pada pembelajaran biologi dapat dilihat melalui grafik afiliansi di atas. Berdasarkan tinjauan publikasi ilmiah, terlihat Universitas Negeri Malang menjadi pemimpin dalam riset mengenai perkembangan PBL pada implementasi pembelajaran biologi. Universitas Negeri Malang berkontribusi dengan mempublikasikan 4 artikel pada bidang ini. Hal ini menunjukkan peran signifikan Universitas Negeri Malang sebagai institusi paling dominan dalam penelitian terkait PBL dalam pembelajaran biologi.

Sembilan afiliansi lainnya masing-masing berkontribusi dengan 1 artikel yaitu afiliansi yang tidak dilaporkan (*Not Reported*), *School of Engineering and Sciences*, *State University of Malang*, Universitas Islam Riau, Universitas Lampung, Universitas Negeri Yogyakarta, *University of Innsbruck*, Universitas Negeri Yogyakarta, *Zhejiang Gongshang University*. Secara umum, Universitas Negeri Malang terlihat sebagai kontributor terkemuka, disusul oleh berbagai universitas di Indonesia serta institusi internasional yang menyumbangkan satu artikel. Hal ini mencerminkan keterlibatan aktif dari berbagai lembaga pendidikan tinggi, baik di Indonesia maupun luar negeri, dalam penelitian *Problem Based Learning* di bidang pembelajaran biologi.

Berdasarkan hasil visualisasi geografis produksi ilmiah negara-negara peneliti, Indonesia tampak sebagai negara dengan kontribusi ilmiah yang dominan. Terlihat bahwa wilayah geografis Indonesia diwakili dengan warna yang lebih gelap yang menunjukkan bahwa negara ini memiliki banyak publikasi ilmiah terkait perkembangan *Problem Based Learning* dalam pembelajaran biologi. Indonesia tercatat memiliki minat dan perhatian yang besar dari akademisi dan peneliti terhadap pengembangan metode PBL pada konteks pendidikan biologi.

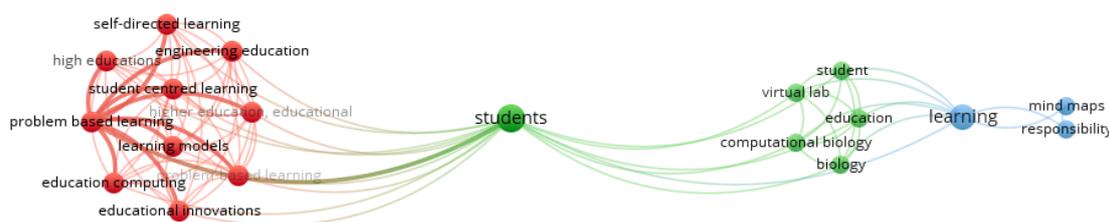
China juga memiliki warna yang menonjol pada peta, yang berarti memiliki kontribusi ilmiah dalam topik ini yang juga cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa *Problem Based Learning* dan inovasi pendidikan biologi juga merupakan fokus penelitian di negara tersebut. Beberapa negara di Eropa, seperti Austria berdasarkan afiliasi tampak berkontribusi, meskipun dalam volume yang lebih kecil.



**Gambar 3.** Produksi ilmiah negara pada artikel tentang perkembangan *problem-based learning* pada pembelajaran biologi dalam rentang tahun 2014-2024

Berdasarkan pola yang tercatat, dapat dilihat bahwa produksi ilmiah mengenai *Problem Based Learning* dalam pembelajaran biologi lebih banyak terkonsentrasi di kawasan Asia Tenggara dan Asia Timur, terutama Indonesia dan China. Sementara beberapa negara lain di Amerika dan Eropa juga menunjukkan ketertarikan dalam topik ini, kontribusi mereka tidak sebesar dua negara tersebut. Pengaruh penelitian ini bisa jadi didorong oleh kebutuhan untuk menyesuaikan pendidikan biologi.

*Analisis Co-Occurrence Artikel tentang Perkembangan Problem Based Learning pada Pembelajaran Biologi dalam rentang tahun 2014-2024*



**Gambar 4.** Visualisasi Kata Kunci pada Artikel tentang Perkembangan *Problem Based Learning* pada Pembelajaran Biologi selama periode 2014-2024

Visualisasi jaringan dari kata kunci yang berhubungan dengan perkembangan *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran biologi antara tahun 2014-2024 terlihat pada gambar diatas. Terdapat beberapa klaster yang digambarkan dengan warna berbeda: Klaster Merah, menghubungkan kata kunci seperti "*problem-based learning*", "*student-centered learning*", "*engineering education*", "*self-directed learning*", dan "*educational innovations*". Klaster ini mencerminkan topik-topik yang berkaitan dengan metode pembelajaran aktif yang menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran dan inovasi pendidikan. Klaster Hijau, menghubungkan kata kunci seperti "*computational biology*", "*virtual lab*", dan "*student*". Klaster ini mungkin menyoroti penerapan teknologi dan pembelajaran berbasis laboratorium virtual di bidang biologi. Klaster Biru, fokus pada kata kunci "*learning*", "*responsibility*", dan "*mind maps*", yang menunjukkan pendekatan untuk mendorong tanggung jawab siswa dalam proses pembelajaran. "*Students*" sebagai kata kunci sentral yang menghubungkan dua kelompok utama yaitu metode pembelajaran (klaster merah) dan pembelajaran berbasis teknologi/biologi (klaster hijau). Hal ini berarti menegaskan bahwa siswa berada di pusat perkembangan pembelajaran berbasis masalah, baik dalam konteks inovasi pendidikan

maupun dalam penerapan teknologi di bidang biologi. Penekanan pada "*educational innovations*" dan "*problem based learning*" menyoroti bagaimana PBL terus berkembang sebagai strategi pembelajaran yang menekankan keterlibatan siswa secara aktif, baik dalam bidang pendidikan teknik maupun pendidikan biologi.

Secara keseluruhan, visualisasi ini menggambarkan bahwa perkembangan *Problem Based Learning* dalam pembelajaran biologi semakin berfokus pada inovasi pendidikan, penggunaan teknologi, dan keterlibatan siswa sebagai pusat dari pembelajaran.

#### *Perkembangan Problem Based Learning dalam Implementasi Pembelajaran Biologi*

Periode 2014 hingga 2024 menunjukkan perkembangan signifikan dalam penggunaan *Problem Based Learning* untuk pembelajaran biologi, dengan fokus pada peningkatan keterampilan berpikir kritis, pemahaman konsep, dan pemecahan masalah. Meskipun menghadapi tantangan dalam implementasi, berbagai inovasi, termasuk dukungan teknologi dan kebijakan pendidikan yang progresif, mendorong semakin meluasnya penggunaan PBL dalam pembelajaran biologi di berbagai negara, termasuk Indonesia. PBL dianggap mampu menjawab tantangan pembelajaran abad ke-21 yang lebih berfokus pada pengembangan *soft skills* dibandingkan sekedar pengetahuan teoritis. Contoh implementasi PBL dalam pembelajaran biologi seringkali melibatkan masalah lingkungan, konservasi keanekaragaman hayati, dan isu kesehatan, yang memungkinkan siswa terlibat secara langsung dalam eksplorasi dan pemecahan masalah yang nyata.

Beberapa publikasi ilmiah menunjukkan bahwa *Problem Based Learning* secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep biologi siswa dibandingkan metode pembelajaran tradisional. PBL membantu siswa menghubungkan teori biologi dengan fenomena kehidupan nyata, sehingga memperdalam pemahaman mereka tentang konsep-konsep penting seperti ekologi, genetika, evolusi, dan anatomi. Siswa juga belajar untuk berpikir lebih mendalam dan berpartisipasi aktif dalam penyelesaian masalah, sehingga meningkatkan keterampilan analitis mereka. Hal ini menunjukkan PBL berperan dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreatif, serta keterampilan kolaboratif siswa.

Perkembangan *Problem Based Learning* juga tidak terlepas dengan adanya tantangan dalam implementasinya yang tercatat dalam publikasi ilmiah. Salah satunya adalah waktu yang diperlukan untuk menyusun skenario masalah yang relevan dan kompleks, serta keterbatasan pengetahuan guru dalam mengelola diskusi terbuka dan menyelesaikan masalah secara kolaboratif. Penelitian tahun 2019 menunjukkan bahwa beberapa guru masih merasa kesulitan dalam merancang tugas *Problem Based Learning* yang terintegrasi dengan kurikulum nasional. Selain itu, masih ada perdebatan tentang bagaimana menilai secara objektif keterampilan pemecahan masalah siswa (Rahman, 2019).

Implikasi dari perkembangan penggunaan *Problem Based Learning* (PBL) dalam pembelajaran biologi mencakup berbagai aspek, mulai dari praktik di kelas hingga kebijakan pendidikan. Dalam praktik, penerapan PBL telah membuktikan efektivitasnya dalam meningkatkan keterlibatan siswa secara aktif dalam pembelajaran. Hal ini menunjukkan pentingnya pengembangan lebih lanjut dari skenario pembelajaran yang relevan, yang tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep biologi, tetapi juga menanamkan keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif. Oleh karena itu, lembaga pendidikan perlu menyediakan pelatihan yang berkesinambungan bagi guru untuk

meningkatkan kompetensi mereka dalam merancang dan mengelola pembelajaran berbasis masalah, terutama dalam konteks integrasi kurikulum nasional dan teknologi pembelajaran (Lestari, 2021).

Di sisi lain, temuan ini juga memberikan arahan bagi pengambil kebijakan untuk mengadopsi *Problem Based Learning* (PBL) secara lebih sistematis dalam sistem pendidikan. Dukungan berupa kebijakan yang memungkinkan fleksibilitas dalam kurikulum, pendanaan untuk penelitian lanjutan, dan penyediaan sumber daya pendidikan berbasis teknologi dapat membantu mengatasi tantangan implementasi. Selain itu, implikasi jangka panjang dari penerapan PBL yang lebih luas adalah terbangunnya generasi siswa yang tidak hanya memiliki pengetahuan biologi yang mendalam, tetapi juga mampu beradaptasi dengan tuntutan abad ke-21. Dengan pendekatan yang lebih kontekstual, siswa dapat lebih memahami pentingnya biologi dalam kehidupan sehari-hari, khususnya dalam menyelesaikan masalah lingkungan, kesehatan, dan konservasi yang relevan dengan masyarakat lokal maupun global (Jones & Davis, 2022).

## Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Problem Based Learning* (PBL) telah mengalami perkembangan signifikan dalam pembelajaran biologi, terutama dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemahaman konsep, dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Peningkatan jumlah publikasi ilmiah terkait PBL, khususnya selama periode 2014-2024, mencerminkan minat yang semakin besar terhadap pendekatan ini, terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia dan China. Meskipun demikian, implementasi PBL masih menghadapi tantangan, termasuk kesulitan guru dalam merancang skenario yang relevan dan kompleks serta mengelola proses pembelajaran berbasis masalah secara efektif. Oleh karena itu, diperlukan upaya lebih lanjut untuk mendukung adopsi PBL di berbagai konteks pendidikan, serta penelitian lanjutan untuk memperkuat bukti empiris mengenai efektivitasnya dalam pembelajaran biologi.

## Daftar Pustaka

- Alvionita D, Ibrohim I, Sueb S, Memiasih N dan Hardyanto YSP, 2024. Development of an Electronic Module on the Subject of Ecosystems and Environmental Changes Based on Problem-Based Learning Assisted by Augmented Reality Macrozoobenthos. In *AIP Conference Proceedings*. Vol. 3106, No. 1, AIP Publishing.
- Cayetano-Jiménez IU, Bustamante-Bello R dan Ramírez-Cadena M, 2024. Bridging the Gap: Bioinspired Robotics as Catalyst for Interdisciplinary Education. In *Frontiers in Education*. Vol. 9, p. 1375487.
- Eck NJV dan Waltman L, 2010. Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*; 84(2): 523-538.
- Lestari S, 2021. Upaya Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Biologi dengan Model *Problem Based Learning* pada Materi Bakteri. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*; 9(2): 136-148.
- Hidayati N, Zubaidah S dan Amnah S, 2023. Effective Learning Model Based Problem Based Learning and Digital Mind Maps to Improve Student's Collaboration Skills. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*; 12(3): 1307-1314.
- Herawati P, Utami SB dan Karlina N, 2022. Analisis Bibliometrik: Perkembangan Penelitian dan Publikasi Mengenai Koordinasi Program Menggunakan Vosviewer. *Jurnal Pustaka Budaya*; 9(1): 1-8.
- Jiménez-Pérez MI, Perfecto-Avalos Y, Sánchez-López AL dan Mercado MGG, 2024. Problem-Based Learning in Biomedical Engineering: Bridging the Gap in Teaching Basic Medical Sciences. In *2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1-5). IEEE.

- Jones M dan Davis K, 2022. Critical Thinking Skills Development Through Problem-Based Learning in Science Education: A Meta-Analysis. *International Journal of Science Education*; 44(7): 1025-1043.
- Lestari, S. 2021. Upaya Meningkatkan Aktivitas dan Hasil Belajar Biologi dengan Model Problem Based Learning pada Materi Bakteri. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*; 9(2): 136-148.
- Mursalin A, 2023. Tantangan dalam Implementasi Pembelajaran Berbasis Masalah (PBL) dalam Konteks Mata Pelajaran Matematika. *Jurnal Analisis: Jurnal Penelitian Para Pendidik*; 1(1): 9-14.
- Nurhaliza S, Sueb S dan Ibrohim I, 2024. Development of Ecosystem and Environmental Change E-Modules Based on PBL to Improve High School Student's Critical Thinking. *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3106, No. 1).
- Rahman A, 2019. Challenges in Implementing Problem Based Learning in Biology Education: Teacher Perspectives and Assessment Issues. *Journal of Education and Learning*; 15(3): 45-58.
- Smith J, Johnson L dan Lee A, 2021. Technological Integration in Biology Classrooms: Enhancing Critical Thinking through Problem-Based Learning Approaches. *Journal of Biological Education*; 55(5): 362-377.
- Sudjana N, 2017. *Penilaian Hasil Proses Belajar Mengajar*. Bandung: Penerbit PT Remaja Rosdakarya.
- Waltman L dan Van-Eck NJ, 2020. A Smart Local Moving Algorithm for Large-Scale Modularity-Based Community Detection. *The European Physical Journal B*; 86(11): 471-504.
- Yew EHJ dan Goh K, 2016. Problem-Based Learning: An Overview of its Process and Impact on Learning. *Health Professions Education*; 2(2): 75-79.