Wahana-Bio: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya
ISSN 2085-8531 (*print*); ISSN 2721-5946 (*online*)
Volume 17, Nomor 2, Tahun 2025, Hal. 139 – 150
Available online at:
https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/wb

Pengaruh Penerapan Model *Problem Based Learning* Berbasis TPACK Terhadap *Critical Thinking Skill* Siswa

Elsa Berlia*, Jodion Siburian, Evita Anggereini
Program Studi Magister Pendidikan IPA, Pascasarjana, Universitas Jambi, Indonesia
*Surel penanggung jawab tulisan: jodion.siburian@unja.ac.id

Article History
Received: 02 October 2025. Received in revised form: 09 November 2025.
Accepted: 28 November 2025. Available online: 30 November 2025.

Abstrak. Tantangan pendidikan di era abad ke-21 menuntut siswa memiliki keterampilan berpikir tingkat tinggi dan mengintegrasikan berbagai aspek pengetahuan, meliputi konten, pedagogi, dan teknologi. Penggabungan model PBL dengan kerangka TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*) dapat meningkatkan efektivitas proses belajar dengan mengharmonisasikan tiga komponen utama. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh model PBL berbasis TPACK terhadap kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian menggunakan desain *non-equivalent pretest-posttest control group,* dengan sampel berjumlah 58 siswa yang ditentukan melalui teknik *purposive sampling*. Subjek penelitian dibagi menjadi dua kelompok, kelas kontrol dan kelas eksperimen. Analisis menggunakan uji *One Way ANCOVA* mengindikasikan adanya pengaruh penerapan model PBL berbasis TPACK terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya tren positif terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis melalui penerapan PBL berbasis TPACK. Dengan demikian, model pembelajaran ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas pembelajaran yang relevan dengan tuntutan abad ke-21.

Kata Kunci: *Problem Based Learning, Critical Thinking Skill,* TPACK, Pembelajaran Biologi

Abstract. *Educational challenges in the 21st century require students to have higher-order thinking skills and integrate various aspects of knowledge, including content, pedagogy, and technology. Combining the PBL model with the TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) framework can increase the effectiveness of the learning process by harmonizing the three main components. This study aims to examine the effect of the TPACK-based PBL model on students' critical thinking skills. The study used a non-equivalent pretest-posttest control group design, with a sample of 58 students selected through purposive sampling. The research subjects were divided into two groups, a control class and an experimental class. Analysis using the One-Way ANCOVA test indicates that the application of the TPACK-based PBL model has an effect on improving students' critical thinking skills. Overall, the results of this study show a positive trend in the improvement of critical thinking skills through the application of TPACK-based PBL. Thus, this learning model has the potential to be further developed to improve the quality of learning relevant to the demands of the 21st century.*

Keywords: *Problem Based Learning, Crtical Thinking Skill,TPACK, Biology Education*

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran abad ke-21 menitikberatkan pada pengembangan kemampuan siswa dalam mengenali masalah, mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, berpikir secara analitis, serta bekerja sama dalam kelompok untuk menyelesaikan masalah, Hal ini mengharuskan siswa untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, yang merupakan salah satu aspek penting dalam proses pembelajaran (Sinabang, 2020). Berpikir kritis menjadi keterampilan utama yang mendukung pemahaman siswa dan berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar mereka. Oleh karena itu, pendidik perlu merancang model pembelajaran secara matang agar mampu memfasilitasi peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa, salah satu model pembelajaran yang diyakini efektif karena siswa belajar melalui pemecahan masalah nyata, menganalisis informasi, berdiskusi untuk mengevaluasi ide, mencri bukti dan melakukan refleksi. dalam meningkatkan kemampuan tersebut adalah *problem based learning*, dan menggunakan pendekatan pembelajaran inovatif (Pamungkas & Astuti, 2019).

Pembelajaran yang inovatif ini sesuai dengan Kurikulum Merdeka yang sedang digunakan sekarang. Dalam Kurikulum Merdeka, pembelajaran intrakurikuler fokus pada kompetensi dan materi yang sesuai dengan tujuan belajar. Tujuannya agar siswa bisa memahami materi dengan baik dan mengembangkan kemampuan sesuai dengan minat dan bakat mereka. Guru juga diberi banyak pilihan alat ajar sehingga lebih mudah dalam mengajar. Selain itu, ada juga pembelajaran proyek yang disebut pembelajaran kokurikuler. Pembelajaran ini menekankan pencapaian profil pelajar Pancasila sesuai yang diharapkan pemerintah. Pembelajaran proyek ini tidak harus mengikuti materi dari mata pelajaran tertentu (Pratiwi *et al.,* 2023).

Penerapan model pembelajaran PBL yang berbasis TPACK dipercaya dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hal ini karena siswa tidak hanya menyelesaikan masalah yang terkait dengan materi pelajaran, tetapi juga menggunakan teknologi untuk mengeksplorasi, menyajikan, dan mengomunikasikan ide-ide mereka. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan model PBL berbasis TPACK memberikan dampak positif terhadap pemahaman konsep biologi dan keterampilan abad 21 siswa. Model *Problem Based Learning* berbasis TPACK ini fokus pada penggabungan aspek teknologi, pedagogi, dan konten dalam

pembelajaran. Pendekatan ini membantu meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa melalui cara belajar yang lebih nyata dan praktis (Ayunda *et al.,* 2022).

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru mata pelajaran Biologi, diketahui bahwa kurikulum yang digunakan saat ini adalah Kurikulum Merdeka. Guru menerapkan beberapa model pembelajaran *seperti Problem Based Learning, Project Based Learning*, ceramah, dan diskusi. Untuk mengatasi kejenuhan siswa, guru sering mengajak siswa bermain game yang berisi materi pembelajaran dan memberikan kuis. Hal ini dilakukan karena motivasi belajar siswa saat ini cukup rendah; selama pembelajaran, tidak semua siswa fokus, ada yang jarang mengerjakan tugas, dan beberapa siswa malas berpartisipasi. Keterampilan berpikir kritis pada siswa perlu didukung dengan motivasi belajar, karena tanpa motivasi, siswa mudah terganggu baik dari dalam maupun luar dirinya saat berusaha melatih kemampuan berpikir kritis.

Salah satu model pembelajaran yang cocok untuk kebutuhan ini adalah *Problem Based Learning* (PBL). Model PBL adalah pembelajaran yang berfokus pada masalah nyata dan dirancang untuk mendorong siswa berpikir kritis serta mencari solusi secara mandiri dengan cara bekerja sama (Awaliyah *et al*., 2024). Penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi yang tepat dalam model PBL akan membuat proses belajar menjadi lebih efektif dan memberikan pengalaman yang lebih bermakna bagi siswa (Kusumaningtyas *et al.*, 2020).

Model ini juga sesuai dengan pendekatan Kurikulum Merdeka karena mendukung pembelajaran yang aktif, eksploratif, dan bermakna. Namun, penerapan model ini memiliki tantangan, terutama bagaimana guru bisa menggabungkan teknologi secara efektif dalam proses belajar mengajar. Untuk itu, guru perlu memiliki kemampuan mengajar yang didukung dengan penguasaan materi dan teknologi, yang dikenal dengan kerangka TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*). Pendekatan TPACK menggabungkan tiga aspek penting dalam pembelajaran digital abad 21, yaitu penguasaan materi pelajaran, pemahaman strategi mengajar, dan keterampilan menggunakan teknologi secara tepat sesuai konteks (Tanjung *et al.*, 2022)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimen semu (*quasi-experimental*). Desain yang digunakan adalah desain kelompok kontrol dengan *pretest* dan *posttest* yang tidak setara (*non-equivalent pretest-posttest control group design*). Penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* untuk menentukan sampel. Teknik ini termasuk dalam kategori *non-probability sampling*, yang artinya sampel dipilih bukan secara acak, melainkan berdasarkan kriteria tertentu yang sesuai dengan tujuan penelitian. Menurut Arikunto (2019), *purposive sampling* dipakai ketika peneliti memilih subjek yang dianggap paling mewakili dan relevan dengan fokus penelitian. Populasi penelitian ini adalah sembilan kelas XE. Langkah pertama dalam penentuan sampel adalah melakukan uji normalitas data terhadap sembilan kelas X-E. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data hasil belajar siswa pada masing-masing kelas berdistribusi normal atau tidak. Pengujian Dari sembilan kelas yang tersedia, kelas XE-5 dipilih sebagai kelompok kontrol, sementara kelas XE-7 ditetapkan sebagai kelompok eksperimen. Analisis data mempergunakan uji prasyarat, uji normalitas, uji homogenitas, dan uji hipotesis.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1.Hasil Keterlaksaan Sintaks Model Pembelajaran PBL TPACK

Berdasarkan hasil uji persamaan regresi dapat terlihat hubungan antara kemampuan berpikir kritis siswa dan hasil belajar kognitif pada tahap *pretest* dan *posttest* yang menunjukkan bahwa:

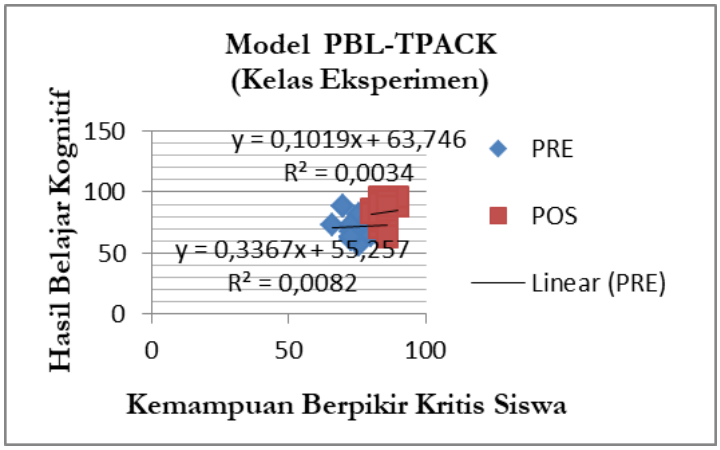
Nilai *pretest*: $y = 0.3367x + 55.257$ ($R^2 = 0.0082$)

Nilai *posttest*: $y = 0.1019x + 63.746$ ($R^2 = 0.0034$)

Nilai R^2 yang rendah menunjukkan hubungan yang lemah antara kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar kognitif, namun tren garis regresi positif. Hal ini menandakan bahwa penerapan model PBL berbasis TPACK memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan hasil belajar dan kemampuan berpikir kritis, meskipun pengaruhnya belum kuat secara statistik, dikarenakan waktu penerapan yang singkat, perbedaan kemampuan siswa, proses adaptasi, dan aktivitas kelompok yang tidak merata.

ISSN 2085-8531 (*print*)
ISSN 2721-5946 (*online*)

Kecenderungan peningkatan terlihat karena model PBL mendorong siswa berpikir lebih analitis dan mandiri. Jika dibandingkan dengan kelas kontrol, distribusi nilai di kelas eksperimen lebih tinggi dan lebih fokus pada kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar yang baik. Ini menunjukkan bahwa penerapan model PBL berbasis TPACK berjalan lebih konsisten dengan dukungan teknologi, pedagogi, dan konten dalam setiap tahapan pembelajaran seperti orientasi masalah, investigasi, dan refleksi. Hasil keterlaksanaan sintaks model pembelajaran PBL TPACK pada kelas eksperimen dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik Keterlaksanaan Sintaks Model Pembelajaran PBL TPACK

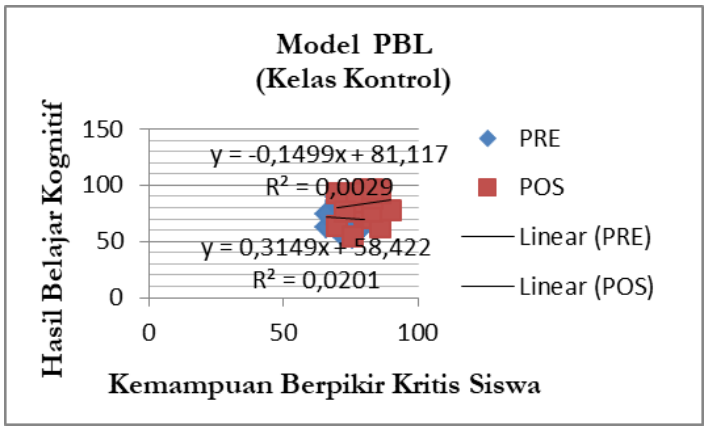
Penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) yang terintegrasi dengan pendekatan TPACK pada kelas eksperimen menunjukkan hasil yang beragam dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa. Pada tahapan awal seperti orientasi masalah, penyelidikan, dan penyajian hasil, seluruh indikator berpikir kritis seperti fokus, alasan, inferensi, dan kejelasan mencapai skor tinggi dengan kategori “Sangat Kritis”. Hal ini menandakan siswa mampu memahami masalah, melakukan investigasi, serta menyampaikan hasil secara logis dan mendalam. Namun, pada tahapan mengorganisasi belajar serta menganalisis dan mengevaluasi solusi, keterampilan berpikir kritis siswa masih tergolong rendah hingga sedang dikarenakan siswa belum terbiasa belajar mandiri, kurang terlatih mengevaluasi solusi, dan masih beradaptasi dengan proses model PBL. Beberapa indikator seperti inferensi dan *overview* menunjukkan nilai rendah, yang menandakan kesulitan siswa dalam menarik kesimpulan dan mengevaluasi solusi secara menyeluruh. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kurang optimalnya integrasi pengetahuan pedagogis dan teknologi pada tahap tersebut.

ISSN 2085-8531 (*print*)
ISSN 2721-5946 (*online*)

Secara keseluruhan, *content knowledge* memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis, dengan peran penting *technology knowledge t*erutama pada tahap penyajian hasil. *Pedagogical knowledge* masih perlu diperkuat agar keterlibatan siswa lebih aktif dan kritis, terutama pada tahapan yang masih menunjukkan hasil rendah. Perbandingan dengan kelas kontrol yang menggunakan PBL konvensional tanpa integrasi TPACK menunjukkan bahwa kelas eksperimen lebih konsisten dan unggul pada sebagian besar indikator, terutama inferensi dan kejelasan, yang diperkuat oleh integrasi teknologi dan pedagogi. Meski begitu, kemampuan evaluatif masih menjadi tantangan di kedua kelas, yang memerlukan bimbingan lebih lanjut.

3.2.Hasil Keterlaksanaan Sintaks Model PBL

Hasil keterlaksanaan sintaks model penbelajaran PBL pada kelas kontrol dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Grafik Keterlaksanaan Sintaks Model Pembelajaran PBL

Terdapat hubungan antara kemampuan berpikir kritis siswa dan hasil belajar kognitif pada tahap *pretest* dan *posttest.* Persamaan regresi menunjukkan:

Nilai *pretest*: y = –0.1499x + 81.117 (R^2 = 0.0029)

Nilai *posttest*: y = 0.3149x + 58.422 (R^2 = 0.0201)

Nilai R^2 yang rendah menunjukkan bahwa penerapan PBL di kelas kontrol belum memberikan pengaruh sifgnifikan karena pembelajaran belum dilakukan secara dengan tahapan PBL secara utuh. Siswa tidak terlibat dalam kegiatan pemecahan masalah, diskusi, maupun analisis mendalam yang dapat melatih berpikir krits. Akibatnya, kemampuan berpikir kritis tidak berkembang secara optimal

dan tidak berkorelasi kuat dengan hasil belajar, sehingga hubungan keduanya menjadi sangat lemah. Namun, perubahan arah garis regresi dari negatif ke positif mengindikasikan adanya sedikit peningkatan setelah proses pembelajaran. Garis regresi *posttest* yang lebih positif menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran konvensional dengan unsur PBL terbatas mulai memberikan pengaruh kecil terhadap hasil belajar seiring dengan meningkatnya kemampuan berpikir kritis siswa.

3.3.Hasil *Critical Thinking Skill* Siswa

Nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan peningkatan. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa di kedua kelas yang dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data *Pretest* dan *Posttest Critical Thinking Skill* Siswa

No	Kelas	Rata-Rata *Pretest*	Rata-Rata Posttest	Selisih
1.	XE7(Eksperimen)	77,58	84,96	7,38
2.	XE5(Kontrol)	73,80	79,96	6,16

Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan model *pembelajaran Problem Based Learning (*PBL) berbasis TPACK memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dibandingkan dengan PBL konvensional. Meski kedua kelas mengalami peningkatan, kelas eksperimen menunjukkan hasil *posttest* yang lebih tinggi, menandakan bahwa integrasi teknologi, pedagogi, dan konten dalam pembelajaran PBL memberikan nilai tambah dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

Hal ini juga didukung oleh hasil uji *One Way* ANCOVA pada yang menunjukkan bahwa model pembelajaran PBL berbasis TPACK memberikan pengaruh sedang terhadap kemampuan berpikir kritis, meskipun hasilnya tidak signifikan secara statistik [$F(1, 324) = 0{,}493$, $p > 0{,}05$]. Kemampuan berpikir kritis memerlukan keterlibatan aktif siswa dalam proses pembelajaran yang kompleks, reflektif, dan berbasis pada pemecahan masalah nyata. Pembelajaran berbasis PBL memenuhi semua kriteria tersebut, dan saat dikombinasikan dengan pendekatan TPACK, guru dapat mengintegrasikan teknologi sebagai alat bantu pedagogis yang efektif (Malcolm, 2020).

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) adalah pendekatan yang mengintegrasikan pengetahuan tentang teknologi, pedagogi, dan konten untuk

menciptakan pembelajaran yang efektif. Pada era digital saat ini, keterampilan seperti literasi digital dan penggunaan teknologi sangat penting bagi siswa. Dengan TPACK, guru dapat merancang pembelajaran yang membantu siswa memahami materi secara lebih baik dan selalu menghadapi tantangan baru. Pendekatan ini mendorong inovasi dalam proses belajar agar teknologi dapat dimanfaatkan secara optimal dalam pembelajaran (Yuliani & Saputri, 2024).

Perbandingan antara kelas eksperimen dan kontrol menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa di kelas eksperimen meningkat lebih signifikan. Proporsi siswa dengan kategori sangat kritis di kelas eksperimen naik dari 48,2% menjadi 100%, sedangkan di kelas kontrol naik dari 13,8% menjadi 64,2%. Meski kelas kontrol juga mengalami peningkatan, hasilnya masih lebih rendah dibanding kelas eksperimen. Berpikir kritis penting karena membantu siswa mengembangkan kemampuan analisis, sintesis, evaluasi, dan kreasi, yang merupakan bagian dari berpikir tingkat tinggi. Keterampilan ini sangat dibutuhkan untuk memecahkan masalah kompleks dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari, termasuk mengorganisasi ide, menganalisis fakta, dan mencari solusi (Efwinda *et al*., 2023).

Integrasi TPACK dalam model pembelajaran PBL memberikan pengalaman belajar yang lebih terarah dan sesuai konteks. Siswa tidak hanya diminta memecahkan masalah, tetapi juga menggunakan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten secara terpadu (Oecd, 2022). Pendekatan ini mendorong siswa untuk mengevaluasi informasi dengan lebih mendalam, menilai berbagai alternatif solusi, serta mengembangkan kemampuan analisis yang lebih matang. Temuan ini sejalan dengan tujuan pendidikan abad 21, yaitu menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang penting bagi siswa.

Sehubungan dengan pentingnya pendidikan, salah satu tujuan pendidikan nasional adalah agar siswa yang menempuh pendidikan mampu mengembangkan pengetahuan serta potensi diri melalui proses pembelajaran (Sahrir, 2017). Hal tersebut terjadi karena dalam proses pemecahan masalah, siswa memerlukan keterampilan berpikir kritis dan kreatif untuk mengambil keputusan, menganalisis berbagai asumsi yang muncul, serta melakukan investigasi berdasarkan data atau informasi guna memperoleh kesimpulan yang tepat. Artinya, peningkatan kemampuan berpikir kritis menjadi kebutuhan penting dalam proses pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan nasional (Nofiana & Prayitno, 2020).

Hal ini sejalan dengan tujuan pembelajaran biologi, yaitu membekali siswa tidak hanya dengan pengetahuan sebagai produk sains, tetapi juga dengan pemahaman terhadap proses ilmiah itu sendiri. Oleh karena itu, pada abad ke-21, peran pendidik tidak hanya sebatas menyampaikan materi di kelas, melainkan juga membimbing siswa dalam mengembangkan berbagai keterampilan, termasuk kemampuan berpikir kreatif (Suryaningsih & Aripin, 2022).

Penerapan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL) yang dipadukan dengan kerangka kerja pengetahuan teknologi-pedagogi-konten (TPACK) terbukti secara konsisten meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa. Penelitian Amalia *et al.* (2024) menunjukkan bahwa integrasi PBL TPACK bersama media interaktif menghasilkan peningkatan aktivitas kelas dan kemampuan analisis siswa secara signifikan. Integrasi TPACK dalam PBL tidak sekadar mengganti metode namun mengubah peran guru menjadi fasilitator, dan mengubah aktivitas siswa menjadi lebih aktif, kolaboratif, serta reflektif. Dengan demikian, siswa tidak hanya menerima pengetahuan, melainkan terlibat dalam pemecahan masalah autentik, yang menuntut mereka untuk menganalisis, mengevaluasi, dan merumuskan solusi. Hal ini sejalan dengan temuan Hasanah *et al.* (2023) yang menunjukkan peningkatan signifikan hasil belajar saat strategi PBL TPACK diterapkan. Namun, efektivitas PBL TPACK terhadap keterampilan berpikir kritis tidaklah seragam dan tergantung pada sejumlah faktor konteks.

Efek model pembelajaran PBL pada berpikir kritis siswa bervariasi bergantung pada durasi intervensi, kesiapan guru, dan kompleksitas masalah yang diberikan. Oleh sebab itu, untuk mencapai hasil optimal diperlukan desain instruksional yang mempertimbangkan kesiapan teknologi, kompetensi pedagogik guru, karakteristik siswa, dan dukungan sarana prasarana (Sahidin & Prajono, 2022). Keterampilan berpikir kritis perlu dikembangkan dalam diri siswa karena melalui keterampilan berpikir kritis siswa dapat lebih mudah memahami konsep, mampu menerapkan konsep dalam situasi yang berbeda, peka terhadap masalah dan dapat menyelesaikannya dengan baik (Rahmayuni *et al.*, 2024). Peran aktif siswa dalam proses pembelajaran akan meningkatkan kemampuan yang dimiliki siswa tersebut, salah satunya adalah kemampuan berpikir kritis. Rendahnya keterlibatan siswa menutup kesempatan siswa dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritisnya. Tentu saja hal ini tidak sesuai dengan fungsi dan tujuan pelajaran matematika

sebagai wadah untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis (Istifadah *et al.*, 2020).

Keterkaitan antara model PBL berbasis TPACK dan keterampilan berpikir kreatif terjadi karena model PBL memberikan lingkungan yang menantang dan otentik bagi siswa untuk berpikir kreatif saat mereka menghadapi masalah yang kompleks yang memerlukan pendekatan kreatif dalam mencari Solusi (Hasanah *et al.*, 2023). Dalam PBL, siswa sering berkolaborasi dan berinteraksi dengan berbagai teknologi yang relevan dengan konten pembelajaran, seperti aplikasi, alat presentasi, dan sumber informasi digital. Ini membantu mengembangkan kemampuan berpikir kreatif mereka dalam menggunakan teknologi secara cerdas untuk menciptakan sesuatu yang baru. Integrasi TPACK memungkinkan pengajar untuk mendesain lingkungan pembelajaran yang memanfaatkan teknologi secara efektif, sehingga siswa dapat menggunakan alat dan sumber daya teknologi untuk merangsang kreativitas dan mengeksplorasi ide-ide baru (Nugraha *et al.*, 2023).

Penggunaan model pembelajaran yang yang bervariasi dapat membantu siswa untuk dapat berperan aktif dalam proses pembelajaran. Salah satu model pembelajaran aktif yang dapat membuat perhatian terpusat pada siswa yaitu model pembelajaran kooperatif. Model pembelajaran kooperatif merupakan suatu model pengajaran dimana siswa belajar dalam kelompok-kelompok kecil yang memiliki tingkat kemampuan berbeda. Berkaitan dengan pentingnya pendidikan, salah satu tujuan pendidikan nasional yaitu siswa yang memperoleh pendidikan dapat meningkatkan pengetahuan dan kemampuan yang ada di dalam dirinya melalui kegiatan belajar (Nurhafiza *et al.*, 2019).

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model *Problem Based Learning* (PBL) berbasis *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) berdampak signifikan terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa. Nilai rata-rata *pretest* dan *posttest* pada kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan peningkatan. Pada kelas eksperimen, rata-rata nilai *pretest* adalah 77,58 dan *posttest* 85, dengan peningkatan sebesar 7,38. Sedangkan di kelas kontrol, rata-rata *pretest* 73,80 dan *posttest* 79,96, meningkat sebesar 6,16. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa di kedua kelas. Penggabungan

TPACK terbukti lebih efektif dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis karena menyatukan teknologi, pedagogi, dan konten secara terpadu. Uji ANCOVA menunjukkan pengaruh signifikan dengan *Partial Eta Squared* sebesar 0,116 (efek sedang). Dengan demikian, PBL berbasis TPACK mampu meningkatkan kualitas berpikir kritis siswa secara lebih menyeluruh dibandingkan dengan PBL biasa, sekaligus membantu mencapai keterampilan abad ke-21 seperti analisis, refleksi, dan pemecahan masalah yang berbasis teknologi.

5. DAFTAR PUSTAKA

Amalia, I., Riandi, R., & Surtikanti, H. K. (2024). Kajian literature: penerapan *Project Based Learning* terkait tujuan pembangunan berkelanjutan poin 2 untuk meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan kolaborasi siswa. *Jurnal Jeumpa*, *11*(1), 63–74. https://doi.org/10.33059/jj.v11i1.9581

Awaliyah, N. P., Hastuti, W. S., Wibowo, S. E., & Hidayat, P. (2024). The effect of *Problem Based Learning* model on students' critical thinking ability. *MIMBAR PGSD Undiksha*, *12*(1), 101–107. https://doi.org/10.23887/jjpgsd.v12i1.62280

Ayunda, D. J., Kustiawan, A., & Erlin, E. (2022). Pengaruh model *Problem Based Learning* berbasis TPACK terhadap peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. *Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan, 3*(3), 584-591. http://dx.doi.org/10.25157/j-kip.v3i3.8628

Efwinda, S., Puspita, I., Damayanti, P., Hakim, A., & Syam, M. (2023). Enhancing critical thinking on climate change: TPACK implementation in PBL with digital posters. *EDUSAINS*, *15*(2), 151–163. https://doi.org/10.15408/es.v13i2.33230

Hasanah, D., Prihatni, Y., Lisdayanti, L., & Purwanto, J. (2023). How did problem-based learning with the TPACK approach (PBL-TPACK) enhance physics learning outcomes?. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, *10*(2), 36–45. https://doi.org/10.12928/jrkpf.v10i2.543

Istifadah, Z., Nuryadi, & Saadah, F. N. (2020). Pengembangan perangkat pembelajaran matematika berdasarkan TPACK untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Pendidikan Matematika*, *11*(1), 67–76. http://ojs.uho.ac.id/index.php/jpm

Kusumaningtyas, R., Sholehah, I. M., & Kholifah, N. (2020). Peningkatan kualitas pembelajaran guru melalui model dan media pembelajaran bagi generasi Z. *Warta LPM*, *23*(1), 54–62. https://doi.org/10.23917/warta.v23i1.9106

Malcolm, N. (2020). *Thought and knowledge.* Cornell University Press. https://doi.org/10.7591/9781501738760

Nurhafiza, Ningsih, K., & Titin. (2019). Pengaruh model pembelajaran TGT berbantuan flipbook interaktif terhadap hasil belajar siswa kelas XI SMA. *Jurnal Bio Educatio*, *4*(2), 15–24. https://doi.org/10.31949/be.v4i2.1568

Nofiana, M., & Prayitno, A. (2020). Pengaruh model *Guided Discovery Learning* terhadap hasil belajar. *Jurnal Bio Educatio*, *5*(1), 1–10. https://ejournal.unma.ac.id/index.php/be/index

Nugraha, A. T., Rusyana, A., & Kustiawan, A. (2023). Pengaruh model pembelaran *Problem Based Learning* (PBL) berbasis TPACK terhadap keterampilan berpikir

kreatif siswa SMA pada mata pelajaran biologi. *Jurnal Keguruan Dan Ilmu Pendidikan)*, *4*(3), 844-849. http://dx.doi.org/10.25157/j-kip.v4i3.11381

Oecd, P. (2022). Pengaruh *Problem-Based Learning* terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi matematis siswa Universitas Pendidikan Indonesia. *AKSIOMA, 11*(1), 667–682. http://dx.doi.org/10.24127/ajpm.v11i1.4715

Pamungkas, D., & Astuti, S. (2019). Peningkatan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar matematika pada siswa kelas IV melalui penerapan model *Problem Based Learning*. *Jurnal Ilmiah Sekolah Dasar*, *3*(2), 212–219. https://doi.org/10.23887/jisd.v3i2.17774

Pratiwi, W., Hidayat, S., & Suherman, S. (2023). Kurikulum merdeka sebagai kurikulum masa kini. *JTPPm (Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran) : Edutech and Intructional Research Journal*, *10*(1), 80–90. https://doi.org/10.62870/jtppm.v10i1.21407

Rahmayuni, L. D. M., Sriyati, S., & Kusumawaty, D. (2024). Development of assessment instrument business proposal for students' systems thinking skills on business model canvas in bioentrepreneurship course. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, *10*(3), 773–778. https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i3.34840

Sahidin, L., & Prajono, R. (2022). Eksplorasi TPACK dalam mendukung keterampilan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal Pendidikan Matematika*, *13*(2), 212–227. https://doi.org/10.36709/jpm.v13i2.15

Sahrir, C. D. (2017). Penerapan pembelajaran JIGSAW terintegrasi PBL (*Problem Based Learning*) berbasis *Lesson Study* untuk meningkatkan aktivitas dan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah biologi umum Universitas Negeri Malang. *Bio Educatio*, *1*(1), 2588–2593. https://www.neliti.com/publications/279506/penerapan-pembelajaran-jigsaw-terintegrasi-pbl-problem-based-learning-berbasis-l

Suryaningsih, Y., & Aripin, I. (2022). Ecopreneurship biology learning with local resources to raise high school student entrepreneurial interest. *International Journal of Educational Innovation and Research*, *1*(1), 27–33. https://doi.org/10.31949/ijeir.v1i1.1864

Tanjung, S., Baharuddin, Ampera, D., Farihah, & Jahidin, I. (2022). Problem Based Learning (PBL) model with Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) approach. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *10*(3), 740–752. https://doi.org/10.46328/ijemst.2510

Yuliani, S., & Saputri, K. (2024). The Effectiveness of the TPACK-Based Problem Based Learning model on the learning outcomes. *English franca: Academic Journal of English Language and Education*, *8*(2), 461–474. https://doi.org/10.29240/ef.v8i2.12378