

URGENSI DAN IMPLEMENTASI *TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL AND CONTENT KNOWLEDGE (TPACK)* DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA

Mohammad Nurwahid^{1*}

Institut Alif Muhammad Imam Syafi'i¹

*Corresponding author

muhammadnurwahid@inamis.ac.id¹

Abstract

In the field of mathematics, the main challenge teachers face is how to make complex and abstract material easier for students to understand. Technology, if used appropriately, can help close this gap. Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) is a framework to help teachers integrate technology into their teaching in an effective way. The aim of writing this article is to provide information about the urgency and application of TPACK in mathematics learning. This research uses a literature review, data obtained from international and national journals in the last ten years, data analysis uses an analysis model by Miles which includes three stages, namely the process of data collection, verification and drawing conclusions through document research. The results of this research are the urgency of TPACK in mathematics learning, including increasing student involvement, increasing conceptual understanding, personalized learning, developing 21st century skills. Meanwhile, the application of TPACK in mathematics learning can be done by identifying mathematical concepts or content, identifying technology that is appropriate to the content, planning learning by integrating technology, conducting assessments, providing constructive feedback, carrying out reflection and continuous improvement.

Keywords: Urgency, Implementation, TPACK, Mathematics Learning.

Abstrak

Dalam bidang matematika, tantangan utama yang dihadapi guru adalah bagaimana menjadikan materi yang kompleks dan abstrak lebih mudah dipahami siswa. Teknologi dapat membantu mengatasi kesenjangan tersebut jika digunakan dengan tepat. *Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)* adalah kerangka kerja untuk membantu guru mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran dengan cara yang efektif. Penulisan artikel ini bertujuan memberikan informasi tentang urgensi dan penerapan TPACK dalam pembelajaran matematika. Penelitian ini menggunakan literatur review, data diperoleh dari jurna internasional maupun nasional sepuluh tahun terakhir, analisis data menggunakan model analisis oleh Miles yang meliputi tiga tahapan yaitu proses pengumpulan data, verifikasi dan penarikan kesimpulan melalui penelitian dokumen. Hasil penelitian ini adalah urgensi TPACK dalam pembelajaran matematika di antaranya adalah peningkatan keterlibatan siswa, peningkatan pemahaman konseptual, *personalized learning*, pengembangan keterampilan abad 21. Sedangkan penerapan TPACK dalam pembelajaran matematika dapat dilakukan dengan identifikasi konsep atau konten matematika, identifikasi teknologi yang sesuai dengan konten, merencanakan pembelajaran dengan mengintegrasikan teknologi, melakukan penilaian, memberikan umpan balik yang konstruktif, melakukan refleksi dan perbaikan berkelanjutan

Kata kunci: Urgensi, Implementasi, TPACK, Pembelajaran Matematika



Mathematics Education and Application Journal (META)

by <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/meta> is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Di era digital saat ini, teknologi sudah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam dunia pendidikan. Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran tidak hanya

mempermudah proses pengajaran tetapi juga membuka peluang untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Seiring berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi, pembelajaran terintegrasi teknologi ikut berkembang dan kebutuhan akan teknologi dalam dunia pendidikan semakin meningkat. Untuk mengatasi perubahan teknis dalam lingkungan pendidikan, guru, sebagai profesional, harus mengatasi tantangan mengajar dengan teknologi dan menjaga pemahaman yang baik tentang konten mata pelajaran (Joo et al., 2018). Dalam bidang matematika, tantangan utama yang dihadapi guru adalah bagaimana menjadikan materi yang kompleks dan abstrak lebih mudah dipahami siswa. Teknologi, jika digunakan dengan tepat, dapat membantu menutup kesenjangan ini.

Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) adalah kerangka kerja yang diperkenalkan oleh Mishra dan Koehler untuk membantu guru mengintegrasikan teknologi ke dalam pengajaran mereka dengan cara yang efektif (Padmavathi, 2017). TPACK menggabungkan tiga komponen utama: teknologi (*tools dan resources*), pedagogi (strategi pengajaran), dan konten (materi Pelajaran) (Koh et al., 2017; Ndlovu et al., 2020). Konten adalah materi pelajaran yang akan diajarkan, sedangkan teknologi terdiri dari teknologi masa kini seperti komputer, Internet, video digital, dan teknologi umum termasuk proyektor, *tv smart*. Sementara pedagogi merupakan kumpulan praktik, proses, strategi, prosedur, pendekatan dan metode belajar mengajar. Ini juga terdiri dari pengetahuan tentang tujuan pengajaran, penilaian, dan pembelajaran siswa (Beri & Sharma, 2021). TPACK menjadi bidang keahlian yang dibutuhkan bagi para guru di era pembelajaran abad ke-21 (Joo et al., 2018). Dalam konteks pembelajaran matematika, penerapan TPACK memungkinkan guru untuk memilih dan menggunakan teknologi yang tepat untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika, membuat pembelajaran lebih interaktif, dan memotivasi siswa untuk lebih terlibat dalam proses belajar.

Namun, meskipun potensi teknologi dalam pembelajaran sangat besar, masih banyak guru yang kesulitan mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran. Berikut beberapa penyebab kurangnya pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran: 1) Guru kurang memiliki keterampilan dan pengetahuan. Banyak guru matematika tidak memiliki keterampilan dan pengetahuan yang cukup untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam pengajaran. Meskipun banyak guru telah menguasai konten dan pedagogi, masih banyak guru yang kurang percaya diri dalam menggunakan teknologi baru atau mengintegrasikan teknologi ke dalam strategi pembelajaran. Hal ini disebabkan kurangnya pelatihan profesional yang berfokus pada TPACK (Koh et al., 2017). 2) Terbatasnya akses terhadap teknologi. Tidak semua sekolah memiliki akses terhadap teknologi yang dibutuhkan untuk menerapkan TPACK. Sekolah di daerah terpencil atau dengan sumber daya terbatas mungkin tidak memiliki perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk mendukung pembelajaran berbasis teknologi. Selain itu, infrastruktur seperti koneksi internet yang tidak stabil juga menimbulkan hambatan besar (Ndlovu et al., 2020). 3) Resistensi terhadap perubahan. Beberapa guru mungkin keberatan dengan penggunaan teknologi dalam pembelajaran. Faktor-faktor seperti kebiasaan lama, kenyamanan dengan metode pengajaran tradisional, dan ketakutan gagal dalam menggunakan teknologi dapat menjadi hambatan

dalam penerapan TPACK. Perubahan ini mengharuskan guru menghabiskan banyak waktu dan upaya untuk beradaptasi dengan pendekatan baru (Philipsen et al., 2017). 4) Penilaian dan umpan balik yang tidak memadai. Penilaian berkelanjutan dan umpan balik siswa sangat penting untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan teknologi dalam pembelajaran. Namun, banyak guru yang tidak memiliki alat atau metode yang memadai untuk mengevaluasi dampak penerapan TPACK terhadap pembelajaran siswa. Hal ini mengakibatkan kurangnya data untuk meningkatkan dan menyempurnakan strategi pengajaran berbasis teknologi (Joo et al., 2018).

Penerapan TPACK sangat penting untuk memenuhi persyaratan Pendidikan, karena hal ini membekali guru dengan pengetahuan dan keterampilan untuk secara efektif mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik pembelajaran. Kerangka kerja ini memungkinkan guru untuk tidak hanya memahami cara menggunakan alat-alat teknologi tetapi juga menyelaraskan alat-alat teknologi tersebut dengan strategi pembelajaran dan pengetahuan konten untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa (Beri & Sharma, 2021; Padmavathi, 2017). Dalam dunia digital yang berubah dengan cepat, kemampuan beradaptasi dan inovasi sangatlah penting dan TPACK memberikan landasan bagi para guru untuk berhasil mencapai hal ini. Dengan mengintegrasikan TPACK ke dalam praktik pengajaran, guru dapat lebih mempersiapkan siswa menghadapi tantangan dan peluang abad ke-21, memastikan siswa dibekali dengan keterampilan yang dibutuhkan untuk berkembang di era yang semakin digital dan saling terhubung.

TPACK memungkinkan guru membuat keputusan berdasarkan informasi tentang alat teknologi mana yang akan digunakan dan cara mengintegrasikannya secara efektif ke dalam pembelajaran. Kerangka kerja ini mendorong guru untuk mempertimbangkan tidak hanya aspek teknologi dalam pembelajaran tetapi juga strategi pengajaran dan pengetahuan konten yang akan meningkatkan pembelajaran siswa (Koh et al., 2017). Dengan menggunakan TPACK, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang dinamis dan menarik yang memenuhi beragam kebutuhan dan gaya belajar siswa. Dengan TPACK sebagai panduannya, para guru dapat dengan percaya diri menavigasi lanskap pendidikan teknologi yang terus berubah, membekali siswa dengan keterampilan dan pengetahuan yang dibutuhkan untuk berhasil di era digital. Oleh karena itu, penting untuk memahami urgensi dan penerapan TPACK dalam pembelajaran matematika dan mempelajari bagaimana penerapannya dalam pembelajaran, khususnya dalam pembelajaran matematika.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *literature review*. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi dan mengkaji artikel-artikel yang relevan dan menganalisis artikel-artikel tersebut berdasarkan topik, kemudian menafsirkannya. Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi topik yang dianggap menarik, kemudian merumuskan masalah yang berkaitan dengan topik yang diidentifikasi tersebut. Langkah selanjutnya adalah mengumpulkan artikel jurnal internasional maupun

nasional tahun 2014 hingga 2023 yang sesuai dengan topik yang ditentukan. Tinjauan literatur yang dilakukan berasal dari berbagai database seperti *Google Scholar*, *Eric.gov*, *Resecarchgate*, *Elsavier* dengan kata kunci pencarian “TPACK”. Selanjutnya tahap analisis data dengan menggunakan model analisis Miles yang meliputi tiga tahapan yaitu proses pengumpulan data, verifikasi dan penarikan kesimpulan melalui penelitian dokumen (Miles et al., 2014). Hal ini dilakukan agar peneliti mudah mengambil kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap pengumpulan data, peneliti mencari dan mengumpulkan artikel-artikel yang relevan dengan topik TPACK. Selanjutnya, dari data-data tersebut diverifikasi, sehingga diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 1

Aspek dan Deskripsi Artikel

Aspek	Deskripsi	Referensi
Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika	TPACK memungkinkan guru menggunakan teknologi seperti simulasi, perangkat lunak pemodelan matematika, dan alat visualisasi untuk membantu siswa memahami konsep yang kompleks dengan lebih baik.	(Muhtadi et al., 2022).
Meningkatkan Motivasi dan Keterlibatan Siswa	Penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan keterlibatan siswa melalui gamifikasi, aplikasi interaktif, dan pembelajaran berbasis proyek.	(Mouza et al., 2022)
Mendukung Pembelajaran yang Dipersonalisasi	Dengan teknologi, guru dapat memberikan pembelajaran yang lebih adaptif, menyesuaikan materi dan kecepatan pembelajaran sesuai dengan kebutuhan masing-masing siswa.	(Schmid et al., 2021)
Mempersiapkan Siswa untuk Era Digital	Kemampuan menggunakan teknologi dalam matematika membantu siswa mengembangkan literasi digital dan keterampilan pemecahan masalah yang penting untuk masa depan siswa.	(Joo et al., 2018)
Pelatihan dan Pengembangan Profesional Guru	Guru harus mendapatkan pelatihan tentang bagaimana mengintegrasikan teknologi dalam pengajaran matematika, termasuk penggunaan alat digital dan strategi pembelajaran inovatif.	(Nalipay et al., 2019)
Pemilihan Teknologi yang Tepat	Guru perlu memilih teknologi yang relevan dengan materi matematika, seperti <i>GeoGebra</i> , <i>Desmos</i> , atau perangkat lunak statistik, untuk meningkatkan pemahaman siswa.	(Fathurrahman & Fitrah, 2023)
Desain Pembelajaran yang Terintegrasi	Guru harus merancang pembelajaran yang menggabungkan teknologi, pedagogi, dan konten secara seimbang, misalnya dengan menggunakan pendekatan <i>flipped classroom</i> atau <i>blended learning</i> .	(Agustina, 2022)
Evaluasi dan Feedback Berkelanjutan	Evaluasi pembelajaran menggunakan teknologi dapat dilakukan melalui kuis daring, asesmen berbasis data, dan analisis hasil belajar siswa untuk meningkatkan efektivitas pengajaran.	(Husniza & Yacob, 2023)
Kolaborasi dan Berbagi Praktik Baik	Guru dapat bergabung dalam komunitas pembelajaran profesional untuk bertukar pengalaman dan praktik terbaik dalam penerapan TPACK di kelas.	(Philipsen et al., 2017)

Pembelajaran dengan teknologi saja tidak cukup bagi guru untuk memiliki keterampilan teknologi informasi yang baik, guru harus mampu merancang pembelajaran yang sesuai dengan konten materi dan keterampilan pedagogi dalam pembelajaran (Aminah et al., 2020). *Technological*

Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) adalah kerangka kerja yang dikembangkan oleh Mishra dan Koehler yang menekankan pentingnya integrasi tiga elemen utama dalam pembelajaran: teknologi, pedagogi, dan konten (Syarifah & Yanuarto, 2023). Ketiga elemen ini harus dipadukan secara harmonis agar pembelajaran menjadi lebih efektif dan bermakna bagi siswa. Kerangka kerja TPACK terdiri dari tujuh komponen utama yang saling berinteraksi untuk menciptakan pembelajaran yang efektif dan inovatif. *Technological Knowledge (TK)* mengacu pada pemahaman guru tentang berbagai teknologi yang dapat digunakan dalam pembelajaran. *Content Knowledge (CK)* merujuk pada penguasaan materi atau konten yang akan diajarkan. Dalam konteks pendidikan matematika, misalnya, CK mencakup pemahaman tentang aljabar, geometri, statistik, dan konsep lainnya. *Pedagogical Knowledge (PK)* adalah pengetahuan tentang strategi, metode, dan pendekatan dalam mengajar. PK mencakup pemahaman tentang bagaimana siswa belajar, teknik pengajaran yang efektif, dan pengelolaan kelas. *Pedagogical Content Knowledge (PCK)* adalah kombinasi antara PK dan CK, yaitu pemahaman tentang bagaimana mengajarkan suatu materi dengan strategi yang paling sesuai. *Technological Content Knowledge (TCK)* mengacu pada bagaimana teknologi dapat digunakan untuk mendukung pemahaman suatu materi. *Technological Pedagogical Knowledge (TPK)* adalah pemahaman tentang bagaimana teknologi dapat mendukung strategi pengajaran. *Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)* adalah puncak dari seluruh elemen tersebut, yaitu integrasi harmonis antara teknologi, pedagogi, dan konten untuk menciptakan pengalaman belajar yang efektif (Chai et al., 2013; Indrawati, 2021).

Dalam pembelajaran matematika, penerapan TPACK memungkinkan guru untuk memilih teknologi yang tepat, menerapkan strategi pengajaran yang sesuai, dan menyampaikan materi dengan cara yang paling mudah dipahami oleh siswa. Dengan pendekatan ini, guru dapat meningkatkan keterlibatan siswa, memperdalam pemahaman mereka terhadap materi, serta menyesuaikan pembelajaran dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan zaman. Urgensi penerapan TPACK sangat signifikan mengingat perkembangan teknologi yang pesat dan kebutuhan untuk menghasilkan pembelajaran yang lebih efektif dan menarik bagi siswa. Berdasarkan hasil *literature review*, berikut beberapa urgensi TPACK dalam pembelajaran matematika.

Peningkatan Keterlibatan Siswa

Pendekatan *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)* memungkinkan guru mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam pembelajaran matematika. Teknologi membantu mengubah konsep abstrak menjadi lebih konkret, misalnya melalui aplikasi *GeoGebra* atau *Desmos*, yang memungkinkan siswa memvisualisasikan grafik dan mengeksplorasi fungsi secara interaktif (Mouza et al., 2022). Simulasi dinamis juga mempermudah pemahaman pola dalam data kompleks, menghubungkan konsep matematika dengan kehidupan nyata (Zhu, 2024). Teknologi juga meningkatkan keterlibatan siswa. Gamifikasi, seperti Kahoot dan Quizizz, membuat pembelajaran lebih

menyenangkan dan mendorong partisipasi (Cheung & Slavin, 2013). *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR) mendukung eksplorasi geometri tiga dimensi, menjadikan pembelajaran lebih imersif. Selain itu, perangkat kolaboratif seperti *Google Jamboard* dan *Microsoft Teams* menciptakan lingkungan belajar yang interaktif (Ramadhan, 2024)

Pembelajaran berkelanjutan difasilitasi melalui platform *Moodle* atau *Edmodo*, memungkinkan siswa berdiskusi dan bertukar ide di luar kelas (Rafi et al., 2020). Dalam pembelajaran berbasis proyek, perangkat lunak seperti *Excel* atau *Python* membantu siswa menganalisis data, menjadikan pembelajaran lebih aplikatif (Mouza et al., 2022). Untuk konsep abstrak seperti integral atau limit, video tutorial dan simulasi digital membantu pemahaman bertahap, sementara alat seperti *Wolfram Alpha* mendukung eksplorasi konsep matematika yang kompleks. Dengan pendekatan TPACK, guru dapat merancang pembelajaran yang lebih menarik dan relevan. Integrasi teknologi yang tepat tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa, tetapi juga membentuk keterampilan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif, mempersiapkan mereka menghadapi tantangan masa depan (Mouza et al., 2022).

Peningkatan Pemahaman Konseptual

Pendekatan TPACK memungkinkan guru mengintegrasikan teknologi untuk meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Teknologi membantu memvisualisasikan konsep abstrak, memungkinkan eksplorasi hubungan antar elemen matematika dengan lebih jelas (Muhtadi et al., 2022). *GeoGebra*, misalnya, mendukung eksplorasi transformasi geometri dan hubungan sudut serta panjang sisi dalam segitiga secara langsung (Mouza et al., 2022). Dalam pembelajaran fungsi dan grafik, *Desmos* memungkinkan siswa memanipulasi koefisien atau konstanta dalam persamaan dan melihat perubahan grafik secara real-time, memberikan pemahaman intuitif tentang bentuk grafik dan gradien (Syarifah & Yanuarto, 2023). *PhET Interactive Simulations* juga membantu dalam konsep kompleks seperti integral dan limit melalui pendekatan visual.

Selain visualisasi, teknologi mendukung eksplorasi mandiri. *Wolfram Alpha* memungkinkan siswa memahami langkah perhitungan dan solusi matematika secara rinci, menghubungkan konsep dasar dengan penerapannya (Muyassar & Harahap, 2020). Pendekatan berbasis TPACK mendorong pembelajaran berpusat pada siswa, membangun keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah melalui eksperimen dan diskusi kolaboratif (Syarifah & Yanuarto, 2023). Dengan pemilihan teknologi yang tepat dan strategi pedagogi yang efektif, TPACK membantu siswa memahami konsep matematika secara lebih mendalam dan aplikatif.

Personalized Learning

Pendekatan TPACK memungkinkan guru merancang pengalaman belajar yang personal dan relevan. Teknologi membantu menyesuaikan materi dengan tingkat pemahaman, gaya belajar, dan minat siswa. Perangkat lunak adaptif seperti *ALEKS*, *DreamBox Learning*, dan *Edmodo* menyesuaikan tingkat kesulitan berdasarkan capaian siswa, memberikan latihan tambahan bagi yang membutuhkan,

dan memungkinkan siswa yang lebih cepat melanjutkan ke materi berikutnya (Orhani, 2021; Sarai & Shaheed, 2022). Tutorial interaktif seperti *Khan Academy* dan *Coursera* memberi fleksibilitas belajar, memungkinkan siswa mengulang materi atau mengeksplorasi topik sesuai minat mereka. Personalisasi ini meningkatkan hasil belajar dan rasa percaya diri dalam pemecahan masalah (Tjahyanti et al., 2022). Penilaian berbasis teknologi seperti *Google Forms* dan *Quizizz* memberikan umpan balik real-time, membantu siswa memperbaiki kesalahan dan meningkatkan keterlibatan belajar (Awiria et al., 2022).

Dalam matematika, *GeoGebra* dan *Desmos* memfasilitasi eksplorasi visual konsep-konsep abstrak, membantu siswa memahami hubungan antar variabel dalam grafik (Rafi & Sabrina, 2019). Teknologi juga mendukung siswa berkebutuhan khusus melalui fitur text-to-speech atau pembaca layar, serta mendorong kolaborasi melalui Padlet dan Microsoft Teams. Dengan pendekatan ini, TPACK memastikan pembelajaran yang lebih inklusif, optimal, dan bermakna bagi setiap siswa.

Pengembangan Keterampilan Abad 21

Pada abad ke-21, peran guru tidak lagi terbatas pada penyampaian informasi, tetapi juga mencakup pengembangan keterampilan yang relevan dengan kebutuhan dunia modern. Pendekatan TPACK memberikan landasan bagi guru untuk mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam pembelajaran, sehingga mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 pada siswa. Guru tidak hanya dituntut untuk memahami teknologi, tetapi juga harus mampu memadukan teknologi tersebut dengan strategi pedagogis yang inovatif untuk menciptakan pembelajaran yang interaktif dan relevan (Herizal et al., 2022; Nugroho et al., 2019).

Teknologi mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis dan pemecahan masalah. *Google Workspace* dan *Microsoft Teams* mendorong kolaborasi, sementara perangkat lunak seperti Excel membantu siswa menganalisis data secara kritis (Mouza et al., 2022). Simulasi interaktif, seperti *Minecraft: Education Edition*, memungkinkan eksplorasi konsep matematika melalui tantangan dunia nyata, meningkatkan kreativitas dan pemecahan masalah. Selain itu, literasi digital menjadi fokus penting, membekali siswa dengan keterampilan mengevaluasi dan menggunakan informasi secara etis (Cheung & Slavin, 2013).

Guru juga perlu berinovasi dengan teknologi seperti VR dan AR untuk memperkenalkan konsep kompleks, seperti struktur tiga dimensi dalam matematika (Ramadhan, 2024). Pembelajaran daring melalui *Moodle* dan *Coursera* mendukung kemandirian dan manajemen waktu siswa (Rafi et al., 2020). Dengan penerapan TPACK, pembelajaran menjadi lebih inklusif, kreatif, dan relevan, membekali siswa dengan keterampilan esensial di era digital. Penerapan TPACK dalam pembelajaran tidak hanya membantu siswa memahami materi akademik tetapi juga mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan abad ke-21. Integrasi teknologi yang dirancang secara strategis oleh guru dapat menciptakan lingkungan belajar yang mendukung pengembangan keterampilan kritis, kreatif, dan kolaboratif, yang

sangat penting untuk pendidikan dan karier di masa depan. Pendekatan TPACK mengintegrasikan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih efektif dan relevan. Dalam konteks pembelajaran matematika, penerapan TPACK bertujuan membantu siswa memahami konsep-konsep yang kompleks dengan cara yang interaktif, kreatif, dan bermakna.

Berikut adalah langkah-langkah utama dalam menerapkan TPACK dalam pembelajaran matematika:

Identifikasi konsep Matematika yang akan diajarkan

Penerapan TPACK dalam pembelajaran matematika dimulai dengan identifikasi konsep yang akan diajarkan sesuai dengan standar kurikulum. Konsep-konsep ini mencakup geometri, aljabar, statistik, kalkulus, dan aritmatika, yang masing-masing dapat didukung oleh teknologi yang sesuai. Dalam geometri, penggunaan *GeoGebra* memungkinkan siswa mengeksplorasi bangun geometri, hubungan sudut dan sisi, serta teorema *Pythagoras* secara interaktif, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual mereka (Rafi & Sabrina, 2019; Syarifah & Yanuarto, 2023). Untuk aljabar, perangkat lunak seperti *Desmos* membantu siswa memvisualisasikan grafik persamaan dan memahami hubungan antara variabel secara dinamis (Dhani et al., 2022). Dalam statistik, penggunaan *Excel* dan *Google Sheets* mendukung analisis data serta visualisasi distribusi probabilitas, yang membantu siswa memahami konsep statistik melalui data yang lebih nyata (Mabruri, 2022). Sementara itu, konsep kalkulus yang sering dianggap kompleks dapat disederhanakan dengan bantuan *Wolfram Alpha* dan simulasi interaktif yang memungkinkan siswa memahami limit, turunan, dan integrasi dalam berbagai konteks dunia nyata (Muyassar & Harahap, 2020). Untuk aritmatika, *platform* berbasis gamifikasi seperti *Mathletics* dan *Prodigy* dirancang untuk membuat pembelajaran lebih menarik dan meningkatkan motivasi siswa dalam memahami bilangan dan operasi matematika (Parrales, 2024).

Setelah konsep-konsep ini ditentukan, langkah berikutnya adalah memilih teknologi yang sesuai untuk mendukung pemahaman siswa. *GeoGebra* menjadi alat yang efektif dalam membantu visualisasi geometri secara interaktif (Fathurrahman & Fitrah, 2023). Sedangkan *Desmos* memungkinkan eksplorasi hubungan antara persamaan dan grafik dengan lebih fleksibel (Dhani et al., 2022). Dalam pembelajaran statistik, *Excel* dan *Tableau* dapat digunakan untuk mengolah dan memvisualisasikan data, memberikan wawasan lebih dalam tentang pola dan tren statistik (Mabruri, 2022; Yensy, 2020). Sementara itu, konsep kalkulus dapat dipahami dengan lebih baik melalui simulasi yang disediakan oleh *PhET Interactive Simulations*, yang memungkinkan siswa melihat bagaimana limit dan turunan bekerja dalam berbagai situasi (Mayung et al., 2023; Pangesti & Mulyati, 2022). Selain itu, dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran, guru harus mempertimbangkan karakteristik siswa serta tingkat kompleksitas materi.

Untuk mendukung pembelajaran yang inklusif, perangkat seperti *text-to-speech* dapat membantu siswa dengan kebutuhan khusus dalam memahami materi. Sementara itu, platform seperti

Google Classroom dan *Microsoft Teams* memungkinkan siswa untuk berkolaborasi secara daring, berbagi ide, dan mendiskusikan konsep-konsep matematika secara lebih efektif. Dengan penerapan TPACK yang strategis, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan sesuai dengan tantangan abad ke-21, memastikan bahwa setiap siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap konsep matematika serta keterampilan berpikir kritis yang diperlukan dalam dunia modern.

Merencanakan pembelajaran dengan mengintegrasikan teknologi

Merancang pembelajaran yang efektif dalam penerapan TPACK memerlukan integrasi teknologi, pedagogi, dan konten secara optimal. Dalam pembelajaran matematika, guru harus memastikan bahwa teknologi digunakan untuk memperdalam pemahaman siswa melalui aktivitas yang interaktif, kolaboratif, dan relevan dengan dunia nyata. Misalnya, perangkat lunak seperti *GeoGebra* dapat dimanfaatkan untuk mengeksplorasi konsep geometri, sementara *Desmos* membantu siswa memahami hubungan antara grafik dan persamaan (Dhani et al., 2022; Fathurrahman & Fitrah, 2023). Selain itu, simulasi dan visualisasi mendukung pemahaman konsep abstrak, seperti penggunaan kalkulator grafik untuk melihat perubahan dalam koefisien persamaan linier. Dengan pendekatan ini, siswa dapat lebih aktif mengeksplorasi konsep-konsep matematika dan mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam.

Teknologi kolaboratif juga memainkan peran penting dalam penerapan TPACK. Platform seperti *Google Workspace for Education* memungkinkan siswa berdiskusi, berbagi ide, dan menyelesaikan proyek kelompok secara daring, sehingga meningkatkan keterampilan kerja sama dan komunikasi dalam pembelajaran matematika (Agustina, 2022). Selain itu, untuk meningkatkan motivasi belajar, guru dapat menerapkan gamifikasi melalui aplikasi seperti *Prodigy* atau *Kahoot*, yang menjadikan pembelajaran lebih menarik dan kompetitif. Pendekatan berbasis permainan ini tidak hanya membantu siswa memahami konsep matematika, tetapi juga meningkatkan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Selain itu, penggunaan teknologi adaptif seperti *Khan Academy* memungkinkan guru untuk menyesuaikan pembelajaran dengan kebutuhan individu siswa, memberikan pengalaman belajar yang lebih personal dan inklusif (Rahadiantino, 2022). Teknologi ini dapat membantu siswa dengan berbagai tingkat pemahaman untuk belajar sesuai dengan kecepatan mereka sendiri, sehingga memastikan bahwa tidak ada siswa yang tertinggal dalam proses pembelajaran.

Evaluasi pembelajaran juga menjadi aspek penting dalam penerapan TPACK. Guru perlu memastikan bahwa teknologi yang digunakan benar-benar mendukung pencapaian tujuan pembelajaran dan sesuai dengan standar kurikulum. Evaluasi dapat dilakukan melalui berbagai metode, seperti tes formatif, proyek berbasis teknologi, atau refleksi siswa terhadap penggunaan teknologi dalam pembelajaran mereka. Dengan perencanaan yang strategis, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih mendalam, interaktif, dan relevan dengan tantangan abad ke-21, sehingga mempersiapkan

siswa dengan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi digital yang mereka butuhkan di masa depan.

Melakukan penilaian dalam Pembelajaran yang Mengintegrasikan Teknologi

Penilaian merupakan elemen penting dalam pembelajaran yang tidak hanya mengukur pemahaman siswa, tetapi juga memberikan umpan balik konstruktif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Dalam pembelajaran matematika berbasis teknologi, penilaian menjadi lebih dinamis dan informatif. Dengan alat digital seperti *Kahoot*, *Quizizz*, dan *Google Forms*, guru dapat memantau pemahaman siswa secara real-time dan memberikan umpan balik langsung, sehingga siswa dapat segera memperbaiki konsep yang kurang dipahami (Aliman et al., 2023; Awiria et al., 2022).

Selain itu, platform seperti *Edmodo*, *Schoology*, dan *Moodle* memungkinkan analisis data pembelajaran untuk mengidentifikasi pola pemahaman siswa. Dengan pendekatan berbasis data, guru dapat merancang tindak lanjut yang lebih efektif, seperti memberikan latihan tambahan atau metode pengajaran yang lebih personal (Adi Saputra et al., 2020; Rafi et al., 2020; Rahmawati, 2016). Teknologi juga mendukung penilaian formatif melalui alat seperti *GeoGebra* dan *Desmos*, yang memberikan umpan balik langsung pada kesalahan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika (Schmid et al., 2021). Selain penilaian individu, teknologi memfasilitasi penilaian kolaboratif melalui platform seperti *Padlet* dan *Google Docs*. Guru dapat menilai keterlibatan siswa dalam proyek kelompok serta keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif yang mereka kembangkan (Agustina, 2022). Penilaian berbasis proyek dengan alat seperti *Microsoft Excel* untuk analisis data atau *Trello* untuk manajemen proyek membantu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dalam konteks nyata (Mabruri, 2022).

Umpan balik konstruktif memainkan peran penting dalam membantu siswa memahami konsep yang sulit. Umpan balik yang spesifik dan berbasis bukti, seperti dalam pembelajaran geometri dengan *GeoGebra*, dapat membantu siswa mengidentifikasi kesalahan dan memperbaikinya secara efektif (Nainggolan & Listiani, 2024). Teknologi memungkinkan pemberian umpan balik secara lebih cepat dan terarah, misalnya melalui *Google Classroom* atau *Quizizz*, sehingga siswa dapat segera memahami kekeliruan mereka dan memperbaikinya sebelum melanjutkan ke materi berikutnya (Awiria et al., 2022). Selain koreksi kesalahan, umpan balik juga dapat mendorong pemikiran kritis melalui pertanyaan reflektif seperti "Bagaimana jika kamu mencoba metode lain?" atau "Apa dampak perubahan variabel ini?" (Nainggolan & Listiani, 2024). Dengan penerapan TPACK yang strategis dalam penilaian dan umpan balik, pembelajaran matematika menjadi lebih interaktif, personal, dan relevan dengan kebutuhan siswa, serta membekali mereka dengan keterampilan yang dibutuhkan di abad ke-21.

Melakukan Refleksi dan Perbaikan Berkelanjutan

Refleksi adalah elemen penting dalam pengembangan profesional guru dan peningkatan kualitas pembelajaran. Dalam pembelajaran matematika berbasis teknologi, refleksi berkelanjutan menjadi krusial karena teknologi terus berkembang, dan guru perlu memastikan penggunaannya sesuai dengan kebutuhan siswa. Proses refleksi dimulai dengan mengumpulkan masukan siswa melalui survei atau wawancara untuk mengevaluasi efektivitas alat yang digunakan. Misalnya, siswa dapat diminta menilai sejauh mana *GeoGebra* membantu pemahaman konsep geometri. Data ini memberi guru gambaran mengenai efektivitas teknologi dalam mendukung pembelajaran. Langkah berikutnya adalah menilai hasil belajar siswa dengan menganalisis nilai ujian, tugas, atau proyek menggunakan platform seperti *Google Classroom* atau *Moodle*. Pola kesalahan yang berulang dapat menunjukkan area yang perlu diperbaiki (Rafi et al., 2020). Jika banyak siswa kesulitan menggunakan perangkat lunak grafis untuk menggambar fungsi, guru dapat memberikan lebih banyak latihan atau mencoba alat lain seperti *Desmos*.

Berdasarkan hasil refleksi, guru perlu menyesuaikan strategi pembelajaran, baik dengan mengganti teknologi yang kurang efektif maupun dengan mengadopsi pendekatan baru, seperti pembelajaran berbasis kolaborasi. Selain itu, guru harus menyesuaikan waktu dan fokus pada teknologi yang memberikan dampak paling positif bagi siswa. Refleksi bukan proses sekali jalan, melainkan siklus berkelanjutan. Guru perlu terus mengevaluasi kemajuan siswa dan mengikuti pelatihan untuk meningkatkan keterampilan dalam menggunakan teknologi terbaru (Husniza & Yacob, 2023). Dengan refleksi dan penyesuaian strategi yang tepat, pembelajaran matematika berbasis teknologi dapat menjadi lebih efektif dan relevan bagi kebutuhan siswa (Nainggolan & Listiani, 2024).

KESIMPULAN

Integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika menawarkan banyak manfaat, termasuk peningkatan keterlibatan siswa, umpan balik *real-time*, dan penilaian berbasis data yang lebih akurat. Dengan mengumpulkan masukan siswa, menganalisis hasil belajar, serta menyesuaikan strategi pengajaran, guru dapat memastikan bahwa penggunaan teknologi benar-benar mendukung pemahaman siswa. Sebagai contoh, penggunaan *GeoGebra* memungkinkan siswa mengeksplorasi konsep geometri dan aljabar secara visual, sementara *Desmos* membantu dalam memahami hubungan antara persamaan dan grafik. Teknologi berbasis gamifikasi seperti *Kahoot* dan *Quizizz* juga dapat meningkatkan motivasi siswa melalui kuis interaktif. Selain itu, *Google Classroom* dan *Moodle* memungkinkan guru untuk melacak perkembangan siswa dan memberikan umpan balik yang lebih personal. Pengembangan profesional yang berkelanjutan sangat penting agar guru tetap adaptif terhadap perubahan teknologi dan tren pedagogi terbaru. Dengan pendekatan yang reflektif dan berbasis data, pembelajaran matematika dapat menjadi lebih interaktif, personal, dan relevan dengan kebutuhan siswa. Oleh karena itu, integrasi teknologi yang efektif harus selalu diiringi dengan evaluasi yang sistematis untuk mencapai hasil belajar

yang optimal. Dari hasil penelitian ini diharapkan ada penelitian lanjutan mengenai dampak penerapan TPACK dalam pembelajaran matematika terhadap hasil belajar atau kemampuan matematis siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Saputra, P. R., Sariyasa, S., & Suparta, I. N. (2020). MURDER Cooperative Learning Model through Edmodo Toward Mathematics Problem Solving and Motivation of Students. *International Journal on Emerging Mathematics Education*, 4(1), 43. <https://doi.org/10.12928/ijeme.v4i1.15845>
- Agustina, T. (2022). Efektifitas Pembelajaran Daring Menggunakan Aplikasi Google Workspace Dan Whatsapp Pada Mata Pelajaran Matematika Materi Nilai Mutlak Di Kelas X MIPA SMAN 1 LUBUKLINGGAU TAHUN PELAJARAN 2020 / 2021. 9, 356–363.
- Aliman, M., Halek, D. H., Marni, S., Mike, M. (2023). Problem based learning berbantuan kahoot dan google earth untuk meningkatkan kemampuan berpikir spasial dan hasil belajar. *GEOGRAPHY*. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/geography/article/view/13805>
- Aminah, N., Waluya, S. B., & Rochmad, R. (2020). Integrasi Teknologi Dalam Pengajaran Matematika. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 87–100. <https://doi.org/10.31943/mathline.v5i1.122>
- Awiria, A., Prawira, A. Y., Dariyanto, D., & Pujayanah, I. S. (2022). Pelatihan Mengembangkan Evaluasi Pembelajaran Inovatif Menggunakan Google Form, Kahoot Dan Quizziz Di Sekolah Dasar. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ*, 9(1), 112–119. <https://doi.org/10.32699/ppkm.v9i1.2173>
- Beri, N., & Sharma, L. (2021). Development of TPACK for teacher-educators : a Technological pedagogical content knowledge scale. *Linguistics and Culture Review*, 5(1), 1397–1418.
- Chai, C. S., Ng, E. M. W., Li, W., Hong, H. Y., & Koh, J. H. L. (2013). Validating and modelling technological pedagogical content knowledge framework among asian preservice teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(1), 41–53. <https://doi.org/10.14742/ajet.174>
- Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Dhani, S. R., Nasution, M. D., & Irvan, I. (2022). Penggunaan desmos dalam pembelajaran matematika materi program linier sebagai sarana meningkatkan kemampuan siswa. *AKSIOMA : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 13(2), 237–247. <https://doi.org/10.26877/aks.v13i2.11227>
- Fathurrahman, F., & Fitrah, M. (2023). Software Geogebra Pada Pembelajaran Matematika: Studi

Literatur. *Jurnal Ilmiah Matematika Realistik*.
<https://jim.teknokrat.ac.id/index.php/pendidikanmatematika/article/view/2497>

Herizal, H., Nuraina, N., Rohantizani, R., & Marhami, M. (2022). Profil TPACK Mahasiswa Calon Guru Matematika dalam Menyongsong Pembelajaran Abad 21. *JISIP (Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan)*, 6(1), 1847–1857. <https://doi.org/10.58258/jisip.v6i1.2665>

Husniza, & Yacob, F. (2023). Strategi Pengembangan Profesionalisme Guru Dalam Manajemen Pendidikan. *Mimbar Akademika*, 8(1), 163–190.

Indrawati, F. (2021). Pengembangan Aplikasi Pembelajaran Matematika Melalui TPACK. *Prosiding Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, 7(1), 349–356.

Joo, Y. J., Park, S., & Lim, E. (2018). Factors influencing preservice teachers' intention to use technology: TPACK, teacher self-efficacy, and Technology Acceptance Model. *Educational Technology and Society*, 21(3), 48–59.

Koh, J. H. L., Chai, C. S., & Lim, W. Y. (2017). Teacher Professional Development for TPACK-21CL: Effects on Teacher ICT Integration and Student Outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 55(2), 172–196. <https://doi.org/10.1177/0735633116656848>

Mabruri, M. I. (2022). Simulasi Rasio dan Proporsi Menggunakan Google Spreadsheet. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 6(1), 347–368. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v6i1.643>

Mayung, R. A., Tandiayu, W. N., Untu, Z., & Widajanti, A. (2023). Analisis Penggunaan Media Pembelajaran Digital Phet Simulation Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Seminar Nasional Pendidikan Profesi Guru Tahun 2021, 2020*, 105–111.

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis A Methods Sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publication, Inc.

Mouza, C., Coddling, D., & Pollock, L. (2022). Investigating the impact of research-based professional development on teacher learning and classroom practice: Findings from computer science education. *Computers & Education*, 186, 104530. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104530>

Muhtadi, D., Sukestiyarno, Y. L., Hidayah, I., & Suyitno, A. (2022). Transformasi Technological Pedagogical and Content Knowledge Calon Guru dalam Pembelajaran Matematika. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Pascasarjana Universitas Negeri Semarang*, 251–257. <https://proceeding.unnes.ac.id/index.php/snpasca/article/view/1459%0Ahttps://proceeding.unnes.ac.id/index.php/snpasca/article/download/1459/959>

Muyassar, M. R., & Harahap, E. (2020). Pembelajaran aritmatika menggunakan aplikasi wolfram alpha arithmetic learning using wolfram alpha application. *Jurnal Matematika*, 19(2), 25–32.

- Nainggolan, B. V. H., & Listiani, T. (2024). Pentingnya Pemberian Umpan Balik untuk Memperbaiki Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Matematika. *Plus Minus Jurnal Pendidikan Matematika*, 4, 55–68.
- Nalipay, M. J. N., Jong, M. S. Y., Chiu, T. K. F., & Chai, C. S. (2019). Validating and Modelling Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge for Integrative Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education. *Educational Technology & Society*, 22(3), 37–41. <https://doi.org/10.1109/ISET55194.2022.00016>
- Ndlovu, M., Ramdhany, V., Spangenberg, E. D., & Govender, R. (2020). Preservice teachers' beliefs and intentions about integrating mathematics teaching and learning ICTs in their classrooms. *ZDM - Mathematics Education*, 52(7), 1365–1380. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01186-2>
- Nugroho, A. M., Wardono, Waluyo, S. B., & Cahyono, A. N. (2019). Kemampuan Berpikir Kreatif ditinjau dari Adversity Quotient pada Pembelajaran TPACK. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2, 40–45.
- Orhani, S. (2021). Artificial Intelligence in Teaching and Learning: An Introduction. *Kosovo Educational Research Journal*, 2(3), 29–38. <https://doi.org/10.1080/1355800850220207>
- Padmavathi, M. (2017). Preparing Teachers For Technology Based Teaching-Learning Using TPACK. *I-Manager's Journal on School Educational Technology*, 12(3), 1. <https://doi.org/10.26634/jsch.12.3.10384>
- Pangesti, F. W., & Mulyati, T. (2022). Efektivitas Media Aplikasi Phet Simulations Dalam Meningkatkan Kemampuan Numerasi Peserta Didik Sd Terkait Materi Pecahan. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 11(229), 2715–2723. <https://doi.org/10.26418/jppk.v11i9.58609>
- Parrales, M. L. M. (2024). Gamification for learning mathematics in secondary school: Most effective gamified strategies to motivate students and improve their performance in mathematics. *Salud, Ciencia y Tecnologia*, 4. <https://doi.org/10.56294/saludcyt20241016>
- Philipsen, B., Tondeur, J., & Zhu, C. (2017). Adult Educators' Adopted Online Teaching Roles in Online and Blended Learning Environments. *EDULEARN17 Proceedings*, 1(September 2018), 2213–2218. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.1460>
- Rafi, I., Nurjannah, F. F., Fabella, I. R., & Andayani, S. (2020). Peluang dan Tantangan Pengintegrasian Learning Management System (LMS) dalam Pembelajaran Matematika di Indonesia. *Jurnal Tadris Matematika*, 3(2), 229–248. <https://doi.org/10.21274/jtm.2020.3.2.229-248>
- Rafi, I., & Sabrina, N. (2019). Pengintegrasian TPACK dalam Pembelajaran Transformasi Geometri SMA untuk Mengembangkan Profesionalitas Guru Matematika. *SJME (Supremum Journal of Mathematics Education)*, 3(1), 47–56. <https://doi.org/10.35706/sjme.v3i1.1430>

- Rahadiantino, L. (2022). Implementasi Pembelajaran Artificial Intelligence Bagi Siswa Sekolah Dasar di Kota Batu, Malang, Jawa Timur. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 6(1). <https://doi.org/10.24036/jippsd.v6i1.115857>
- Rahmawati, I. (2016). Pelatihan dan pengembangan pendidikan jarak jauh berbasis digital class platform edmodo. *Prosiding Temu Ilmiah Guru (TING) VII, November*, 593–607. <https://onsearch.id/Record/IOS4882.6536>
- Ramadhan, R. (2024). Perkembangan Matematika dalam Teknologi Realitas Virtual dan Augmented Reality. *Duniailmu.Org*, 4(9), 1–23.
- Sarai, N. K., & Shaheed, J. S. M. (2022). Artificial Intelligence In Education. *The Indian Journal of Technical Education*, 45(3), 1–23.
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior*, 115(October 2020), 106586. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106586>
- Syarifah, Z. A., & Yanuarto, W. N. (2023). Eksplorasi Pembelajaran Matematika Berbasis Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK). *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 6(2), 208–214. <https://doi.org/10.30605/proximal.v5i2.2722>
- Tjahyanti, L. P. A. S., Saputra, P. S., & Gitakarma, M. S. (2022). Peran Artificial Intelligence (AI) Untuk Mendukung Pembelajaran Di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Komputer dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, 1(1), 1–7.
- Yensy, N. A. (2020). Efektifitas pembelajaran statistika matematika melalui media whatsapp group ditinjau dari hasil belajar mahasiswa (masa pandemik Covid 19). *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 05(02), 65–74. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jpmr>
- Zhu, H. (2024). *Enhancing Mathematical Learning Through Technology Integration* (Issue Icela 2023). Atlantis Press SARL. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-214-9_90