

ANALISIS PEMBELAJARAN MATEMATIKA PADA MATERI PELUANG DENGAN PENDEKATAN TPACK DALAM PERSPEKTIF TEORI BELAJAR KONSTRUKTIVISME

Maya Nurlita¹, Al Jupri², Bambang Avip Priatna³

^{1,2,3} Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No 229, Bandung, Indonesia
¹mayanurlita@upi.edu, ²aljupri@upi.edu, ³bambangavip@upi.edu

ARTICLE INFO

Article History

Received Jun 24, 2024

Revised Apr 10, 2025

Accepted Apr 30, 2025

Keywords:

mathematics learning;

probability;

TPACK;

constructivist learning theory

ABSTRACT

This study aims to analyze the implementation of mathematics learning on chance materials using the technological pedagogical content knowledge (TPACK) approach from the perspective of constructivist learning theory. Students often experience difficulties in understanding the concept of opportunities due to its abstract nature and lack of contextual visualization, so a learning approach is needed that can bridge the gap between mathematical theory and meaningful learning experiences in the digital era. Data was obtained through a qualitative study using direct observation of the learning process using an observation sheet. The participants were 27 students of class XII and one teacher. The results of the analysis showed that the percentage of learning process achievement was 66.67%. This shows that the TPACK approach has been applied, but not yet optimally in several important aspects. Teachers have applied the TPACK approach, but technology integration has not been maximized. Reflection and feedback on the learning process have not been implemented thoroughly.

Corresponding Author:

Maya Nurlita,
Universitas Pendidikan
Indonesia
Bandung, Indonesia
mayanurlita@upi.edu

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi pembelajaran matematika pada materi peluang menggunakan pendekatan *teknologi pedagogical content knowledge* (TPACK) dalam perspektif teori belajar konstruktivisme. Siswa kerap mengalami kesulitan dalam memahami konsep peluang karena sifatnya yang abstrak dan kurangnya visualisasi kontekstual, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menjembatani kesenjangan antara teori matematika dan pengalaman belajar yang bermakna di era digital. Data diperoleh melalui studi kualitatif dengan metode observasi langsung terhadap proses pembelajaran menggunakan lembar observasi. Partisipan penelitian ini adalah 27 siswa kelas XII dan satu orang guru. Hasil analisis menunjukkan bahwa persentase ketercapaian proses pembelajaran sebesar 66,67%. Ini menunjukkan bahwa pendekatan TPACK telah diaplikasikan, namun belum optimal pada beberapa aspek penting. Guru telah menerapkan pendekatan TPACK, namun integrasi teknologi belum maksimal. Refleksi dan umpan balik terhadap proses pembelajaran belum dilaksanakan secara menyeluruh.

How to cite:

Nurlita, M., Jupri, A., & Priatna, B. A. (2025). Analisis pembelajaran matematika pada materi peluang dengan pendekatan TPACK dalam perspektif teori belajar konstruktivisme. *JPMI – Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 8(3), 367-382.

PENDAHULUAN

Pendidikan berperan penting sebagai pilar utama dalam menciptakan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi dan kualitas tinggi. Dalam pembelajaran matematika, tantangan utama adalah bagaimana menyampaikan materi abstrak dengan cara yang relevan, menarik, dan sesuai dengan kebutuhan siswa di era digital. Peluang adalah salah satu topik fundamental dalam matematika. Sebagai konsep dasar dalam matematika dan statistik, peluang digunakan untuk mengukur kemungkinan terjadinya suatu peristiwa (Mahto, 2024; Natalia, A., & Mampouw, H. 2024) dan memiliki beragam penerapan dalam kehidupan sehari-hari seperti pengambilan keputusan (Wahyuni et al., 2021; Mailizar et al., 2021; Xin et al., 2020) dan analisis data. Namun pembelajaran pada materi peluang sering kali menjadi tantangan bagi guru dan siswa. Siswa sering menganggap peluang sebagai konsep yang abstrak dan sulit dipahami, sedangkan guru menghadapi kendala dalam merancang pembelajaran untuk memvisualisasikan konsep tersebut secara konkrit dan relevan dengan kehidupan sehari-hari (Van de Walle et al., 2013). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya mengintegrasikan konsep matematika, tetapi juga memanfaatkan teknologi dan pedagogi secara efektif.

Di era digital saat ini, *Pendekatan Technological Content Knowledge (TPACK)* yang diperkenalkan oleh Mishra dan Koehler (2006) menjadi solusi inovatif dalam menjawab tantangan tersebut. Kerangka kerja TPACK telah muncul sebagai konsep penting dalam memahami hubungan yang rumit antara teknologi, pedagogi, dan pengetahuan konten dalam lanskap pendidikan (Alharbi, 2019; Wei et al., 2018; Kara, 2021). Tetapi juga merupakan kerangka kerja yang menekankan keterpaduan antara pengetahuan konten, pedagogi, dan teknologi dalam mendesain pengalaman belajar yang bermakna, (Nurhidayah & Suyanto, 2021; Stapf & Martin, 2019). Kerangka kerja ini menekankan interaksi dinamis di antara ketiga elemen kunci ini, menggarisbawahi pentingnya mengintegrasikan teknologi dengan cara meningkatkan proses belajar mengajar (Wei et al., 2018), serta guru harus memiliki pemahaman yang mendalam tentang cara mengintegrasikan teknologi secara efektif ke dalam praktik pengajaran mereka untuk meningkatkan hasil belajar siswa (Mailizar et al., 2021). Dengan demikian, pendekatan TPACK menjadi fondasi strategis dalam merancang pembelajaran abad ke-21 yang bermakna, karena mampu menyinergikan teknologi, pedagogi, dan konten secara holistik guna meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar.

Dalam konteks materi peluang, teknologi dapat dimanfaatkan untuk menghadirkan simulasi interaktif, perangkat lunak statistik, dan aplikasi digital lainnya yang membantu siswa memahami probabilitas secara visual dan kontekstual. Sebab mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran matematika dapat meningkatkan proses pembelajaran dan membuat konsep yang abstrak menjadi lebih kongkrit bagi siswa (Nan et al., 2017). Sehingga dengan mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran, diharapkan siswa dapat lebih memahami konsep matematika secara mendalam, dan dilengkapi dengan keterampilan abad ke-21, seperti pemikiran kritis, kolaborasi, dan literasi digital.

Pada saat yang sama, teori belajar menjadi landasan penting dalam menyusun strategi pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik siswa. Salah satunya yaitu teori belajar konstruktivisme yang menjadi landasan pedagogis penting yang menekankan bahwa siswa secara aktif mengembangkan pengetahuan mereka melalui pengalaman langsung dari interaksi sosial (Piaget, 1973; Vygotsky, 1978). Konsep Vygotsky tentang “Zona Perkembangan Proksimal” menyoroti pentingnya interaksi sosial dan bimbingan dalam proses pembelajaran, di mana peserta didik dapat mencapai lebih banyak hal dengan dukungan orang lain daripada yang dapat mereka capai sendiri (Alanazi, 2016; S Chaiklin, 2023).

Selain itu Konstruktivisme juga merupakan teori belajar yang menekankan pentingnya peran aktif peserta didik dalam menghubungkan pemahaman mereka sendiri terhadap materi (Alanazi, 2016). Salah satu karakteristik utama pembelajaran konstruktivis adalah penekanan pada inisiatif dan partisipasi aktif siswa dalam proses pembelajaran. Siswa didorong untuk mengeksplorasi, bereksperimen, dan membuat hubungan antara informasi baru dengan pengetahuan yang sudah mereka miliki (Pundir & Surana, 2016; Loyens & Gijbels, 2008). Dengan demikian, teori konstruktivisme memberikan dasar yang kuat bagi perancangan pembelajaran yang menekankan keterlibatan aktif siswa, interaksi sosial, serta integrasi pengetahuan baru dengan pengalaman sebelumnya untuk membangun pemahaman yang lebih bermakna.

Pendekatan konstruktivis memberikan peluang kepada siswa untuk memahami konsep melalui aktivitas seperti eksperimen, permainan simulasi, dan diskusi kelompok. Pendekatan ini membantu siswa menghubungkan pengetahuan baru dengan pengalaman yang telah dimiliki, sehingga pemahaman dan daya ingat mereka terhadap materi dapat meningkat. Pada intinya, konstruktivisme menekankan inisiatif dan keterlibatan aktif pelajar dalam proses pembelajaran, bukan penerimaan informasi secara pasif (Du et al., 2021; Chieu et al., 2004). Dalam pengajaran dan pembelajaran, konstruktivisme menekankan perlunya menstimulasi siswa untuk lebih aktif dalam pembelajaran mereka, berbeda dengan pendekatan tradisional yang berpusat pada guru di mana siswa secara pasif menerima informasi (Du et al., 2021). Pergeseran ini mengharuskan pendidik untuk menciptakan lingkungan belajar yang berpusat pada siswa, kolaboratif dan interaktif (Chieu et al., 2004) yang mendorong siswa untuk terlibat dengan materi, mengeksplorasi ide-ide mereka sendiri, dan membangun pemahaman mereka sendiri. Dengan kata lain, pendekatan konstruktivis menuntut transformasi peran guru dan desain pembelajaran menuju lingkungan yang aktif, kolaboratif, dan berpusat pada siswa guna mendorong keterlibatan, eksplorasi, serta konstruksi pengetahuan secara mandiri dan bermakna.

Aspek penting lainnya dari pembelajaran konstruktivis adalah peran guru sebagai fasilitator, bukan penyebar pengetahuan. Tanggung jawab guru adalah menciptakan lingkungan yang mendukung dan memandu pembelajaran siswa, bukan hanya menyampaikan informasi. Ruang kelas konstruktivis sering kali ditandai dengan kegiatan langsung, kerja kelompok kolaboratif, dan tugas-tugas pemecahan masalah terbuka yang memungkinkan siswa untuk membangun pemahaman mereka sendiri. (Chieu et al., 2004; Pundir & Surana, 2016; Loyens & Gijbels, 2008). Dengan mengintegrasikan teknologi yang relevan dengan materi yang sedang dipelajari, diharapkan dapat membantu menjadikan konsep yang semula abstrak menjadi lebih nyata, memungkinkan siswa untuk memahami materi dengan lebih mendalam, mencapai indikator pembelajaran secara maksimal, serta mencegah terjadinya miskonsepsi (Столбова et al., 2018; Nurhadi & Darhim, 2021).

Dari perspektif teori pembelajaran konstruktivis, kerangka kerja TPACK selaras dengan prinsip-prinsip inti dari pendekatan pedagogis ini. Konstruktivisme menyatakan bahwa siswa secara aktif membangun pemahaman mereka sendiri tentang dunia, dengan mengembangkan pengetahuan dan pengalaman yang telah diperoleh sebelumnya. Dalam konteks ini, kerangka kerja TPACK menyediakan lensa yang dapat digunakan guru untuk memanfaatkan teknologi secara efektif untuk memfasilitasi proses konstruktif ini, menyesuaikan strategi pedagogis mereka dengan konten spesifik dan kebutuhan siswa mereka (Koehler & Mishra, 2009; Nurhidayah & Suyanto, 2021).

Berbagai studi sebelumnya telah mengkaji penerapan kerangka kerja *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) dalam pembelajaran matematika dan

menggarisbawahi potensinya dalam meningkatkan literasi matematika melalui integrasi teknologi digital secara bermakna. Hanifah et al (2024) menyoroti bagaimana mahasiswa pendidikan matematika yang menguasai kompetensi TPACK mampu merancang pengalaman belajar konstruktivis yang mendalam dan melibatkan siswa secara aktif. Temuan serupa dikemukakan oleh Pastor dan Pedro (2023), yang menunjukkan adanya korelasi positif antara kemampuan guru dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dengan efektivitas mereka dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran, yang pada gilirannya berdampak pada peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematika siswa.

Sementara itu, Bonafini dan Lee (2021) mengungkap bahwa calon guru yang membuat video pembelajaran berbasis screencast berhasil menggabungkan teknologi aksi matematika dengan strategi pedagogis, sehingga memperkuat kualitas pengajaran mereka. Namun demikian, seperti yang ditegaskan oleh Alrwaished (2024), kompetensi teknis semata belum cukup; guru juga perlu memiliki kesadaran kontekstual yang tinggi agar implementasi TPACK benar-benar efektif dalam pembelajaran matematika.

Meski demikian, sebagian besar penelitian yang ada cenderung bersifat umum dan belum menyoroti secara spesifik penerapan TPACK pada topik matematika yang bersifat abstrak, seperti peluang. Belum banyak studi yang mengaitkan kerangka TPACK secara langsung dengan pendekatan konstruktivisme di dalam kelas nyata. Beberapa studi lain, seperti yang dilakukan oleh Hill dan Uribe-Flórez (2019) serta Nindiasari et al (2021), memang menyoroti pentingnya mempertimbangkan karakteristik demografis guru, namun belum mendalami bagaimana TPACK dapat diterapkan secara kontekstual dalam materi yang menuntut pemahaman mendalam seperti peluang.

Penelitian ini hadir untuk menjawab kekosongan tersebut dengan mengkaji secara khusus bagaimana TPACK diimplementasikan dalam pembelajaran matematika pada topik peluang di tingkat SMA melalui pendekatan konstruktivisme. Dengan melakukan observasi langsung di kelas, penelitian ini mengevaluasi sejauh mana integrasi teknologi berjalan secara holistik, mencakup aktivitas siswa, peran guru sebagai fasilitator, serta terbentuknya pemahaman secara aktif. Kontribusi utama dari studi ini terletak pada fokus spesifik terhadap materi peluang, penguatan pendekatan pedagogis berbasis konstruktivisme, dan penerapan kerangka TPACK secara kontekstual yang didukung oleh data empiris lapangan. Pendekatan ini tidak hanya memberikan gambaran konkret mengenai praktik pembelajaran yang bermakna dan berorientasi pada pengalaman siswa, tetapi juga memperkaya desain pembelajaran matematika yang efektif secara teknis dan menyentuh aspek psikologis peserta didik.

Di sisi lain, implementasi TPACK dalam pembelajaran matematika tidak lepas dari berbagai kendala yang kompleks. Kurangnya pelatihan guru dalam pemanfaatan teknologi, keterbatasan infrastruktur, dan resistensi terhadap perubahan menjadi tantangan besar yang sering muncul dalam praktik (Koehler & Mishra, 2009). Dalam konteks ini, salah satu SMA Negeri di Kabupaten Bandung Barat yang dikenal sebagai sekolah unggulan sekaligus sekolah penggerak berupaya menerapkan pendekatan pembelajaran inovatif guna meningkatkan kualitas pendidikan. Namun, sejauh mana pendekatan TPACK benar-benar diimplementasikan secara optimal dalam pembelajaran topik peluang berdasarkan prinsip konstruktivisme masih perlu dievaluasi secara lebih mendalam.

Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk menelaah penerapan TPACK dari perspektif praktik di lapangan, menilai kesesuaiannya dengan teori belajar yang relevan, serta memahami bagaimana siswa membangun pengetahuan mereka dan sejauh mana hal tersebut berdampak

pada proses serta hasil belajar mereka. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi spesifik bagi guru matematika dalam merancang pembelajaran yang adaptif, kontekstual, dan berpusat pada siswa, serta berimplikasi luas pada pengembangan pelatihan guru dan kebijakan pendidikan yang mendukung integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika secara lebih bermakna dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini termaksud jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan studi observasional, bertujuan untuk memahami secara mendalam aktivitas pembelajaran matematika berbasis pendekatan TPACK dalam perspektif teori konstruktivisme. Observer melakukan pengamatan langsung di kelas tanpa melakukan intervensi terhadap metode, pendekatan, siswa, atau guru yang menjadi bagian dari proses pembelajaran. Pemilihan topik pembelajaran disesuaikan dengan jadwal mengajar guru dan kebijakan sekolah terkait pelaksanaan kegiatan observasi. Dalam pengamatan, observer bertindak sebagai pengamat pasif dengan mencatat, mengamati, dan mendokumentasikan dinamika pembelajaran secara alami. Pendekatan ini bertujuan untuk menghasilkan gambaran mendalam mengenai proses pembelajaran matematika, efektivitas strategi pengajaran, serta penggunaan teknologi di kelas sesuai pendekatan TPACK dalam perspektif teori belajar konstruktivisme tanpa mengubah atau mempengaruhi jalannya kegiatan.

Partisipan dalam observasi pembelajaran matematika terdiri dari 27 siswa kelas XII.D dan seorang guru matematika di salah satu SMA Negeri di Kabupaten Bandung Barat. Pemilihan partisipan dilakukan melalui teknik purposive sampling, dengan mempertimbangkan faktor seperti jadwal mengajar guru dan kebijakan sekolah. Untuk memperoleh data yang komprehensif dan mendalam, penelitian ini menggunakan beberapa instrumen utama berupa lembar observasi kelas dan dokumentasi proses pembelajaran. Guna meningkatkan validitas data dalam penelitian kualitatif ini, diterapkan teknik triangulasi sumber dan metode, yaitu dengan menggabungkan hasil observasi langsung, dokumentasi pembelajaran, dan catatan reflektif peneliti. Pendekatan triangulasi ini memungkinkan verifikasi silang terhadap data yang dikumpulkan, serta memperkuat keabsahan temuan yang dihasilkan dari berbagai perspektif.

Data yang diperoleh dari lembar observasi dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan menghitung persentase ketercapaian pembelajaran berdasarkan sintaks TPACK yang dipadukan dengan prinsip konstruktivisme. Perhitungan dilakukan dengan rumus berikut:

$$X = \frac{p}{N} \times 100\%$$

Dimana X adalah persentase ketercapaian pelaksanaan pembelajaran menggunakan sintaks TPACK dalam perspektif teori belajar konstruktivis, p adalah skor yang diperoleh dalam pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan, dan N adalah skor maksimal yang diperoleh.

Tabel 1. Kategori Presentase Ketercapaian Pelaksanaan Pembelajaran

No	Skala	Kategori
1	$85 \leq X \leq 100$	Sangat Baik
2	$70 \leq X < 85$	Baik
3	$56 \leq X < 70$	Cukup
4	$X < 56$	kurang

Persentase capaian ini merepresentasikan tingkat keberhasilan pelaksanaan pembelajaran selama proses observasi berlangsung. Nilai tersebut menjadi dasar untuk mengevaluasi sejauh mana pembelajaran telah berjalan sesuai dengan sintaks dan prinsip yang ditetapkan, serta mengukur kesesuaian antara tujuan pembelajaran yang dirancang dengan pelaksanaan nyata di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Setiap komponen diberi skor 0 jika indikator pelaksanaan pembelajaran tidak dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung, dan diberi skor 1 jika indikator pelaksanaan pembelajaran dilaksanakan sesuai dengan urutan yang tercantum dalam lembar observasi yang digunakan. Ketercapaian proses pembelajaran menggunakan rumus 1 adalah sebagai berikut:

$$X = \frac{p}{N} \times 100\% = \frac{16}{24} \times 100\% = 66,67\%$$

Hasil analisis menunjukkan bahwa ketercapaian pelaksanaan pembelajaran matematika berdasarkan sintaks pendekatan TPACK dalam perspektif teori belajar konstruktivisme mencapai 66,67% yang berada dalam kategori cukup berdasarkan klasifikasi skor yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini adalah representasi hasil ketercapaian dalam bentuk tabel:

Tabel 2. Hasil Ketercapaian Pelaksanaan Pembelajaran

No	Skor Maksimal (N)	Skor Diperoleh (p)	Persentase Ketercapaian (%)	Kategori
1	24	16	66,67%	Cukup

Visualisasi ini mendukung evaluasi objektif terhadap pelaksanaan pembelajaran di kelas, serta menjadi dasar dalam menilai sejauh mana guru telah mengimplementasikan pembelajaran berbasis TPACK secara konstruktivis. Temuan ini juga mengindikasikan adanya ruang untuk perbaikan dalam integrasi teknologi dan pendekatan pedagogis dalam proses pembelajaran matematika.

Pembahasan

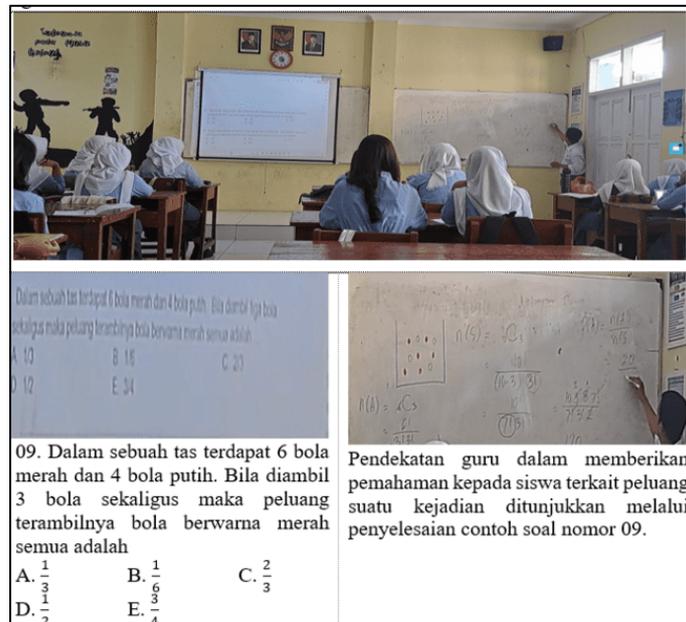
Hasil observasi mengungkapkan bahwa proses pembelajaran yang dilakukan oleh guru melibatkan tiga komponen utama: kegiatan pendahuluan, kegiatan inti, dan kegiatan penutup dengan persentase ketercapaian proses pembelajaran sebesar 66,67%, yang termasuk dalam kategori cukup. Sebelum memulai kegiatan pendahuluan, guru terlebih dahulu melakukan berbagai persiapan untuk menciptakan suasana kelas yang kondusif dan memastikan siswa siap mengikuti pembelajaran. Persiapan tersebut meliputi pengecekan perangkat pembelajaran berbasis teknologi seperti laptop, proyektor, materi dan soal yang akan digunakan. Guru memulai pembelajaran dengan menyapa siswa, diikuti dengan salam, serta menanyakan kabar mereka. Setelah interaksi awal, guru melanjutkan dengan melakukan absensi dengan memanggil nama siswa secara bergiliran.

Selanjutnya, untuk memastikan kesiapan belajar siswa, guru berkeliling ke meja-meja siswa, memeriksa buku catatan, dan mengajukan pertanyaan langsung kepada beberapa siswa. Siswa yang dipanggil kemudian memberikan jawaban atas pertanyaan yang diajukan. Dilanjutkan dengan menjelaskan tujuan pembelajaran, yaitu untuk memahami cara menentukan nilai peluang suatu kejadian. Selain itu, guru mengaitkan materi yang akan dipelajari dengan konsep-

konsep yang telah dipelajari sebelumnya melalui pertanyaan yang diajukan kepada siswa. Siswa kemudian memberikan jawaban yang berkaitan dengan kombinasi dan permutasi.

Pada kegiatan inti, terdapat lima aspek yang menjadi landasan utama dalam membangun pengetahuan siswa. Kelima aspek ini dirancang dengan mengacu pada sintaks pendekatan TPACK dalam perspektif teori konstruktivisme. Berikut adalah tinjauan terkait penerapan teknologi dalam pembelajaran matematika pada materi peluang dalam perspektif teori konstruktivisme.

Dalam pendekatan TPACK, komponen *Content Knowledge-CK* (pengetahuan konten) menjadi dasar yang penting untuk memberikan pemahaman konseptual kepada siswa. Berdasarkan teori konstruktivisme, pemberian orientasi dan konteks bertujuan agar siswa dapat menghubungkan pengetahuan baru dengan pengalaman atau situasi yang mereka alami. Pada aspek ini guru memulai dengan membahas beberapa contoh soal terkait materi peluang suatu kejadian. Pembahasan ini dilakukan secara interaktif, dimana guru mengajak siswa untuk berpartisipasi melalui tanya jawab guna mendalami konsep dan strategi penyelesaian masalah. Seperti gambar 1 berikut.



Gambar 1. Orientasi dan Pemberian Konteks

Selama kegiatan berlangsung siswa memperhatikan dengan seksama dan tertib serta antusias menjawab setiap pertanyaan-pertanyaan yang dilontarkan oleh guru. Guru membuat ilustrasi tentang peluang suatu kejadian dengan menggambar sebuah tas berbentuk persegi tanpa penutup di papan tulis, yang berisi 6 bola merah dan 4 bola putih. Selama penjelasan, guru melibatkan siswa dalam diskusi untuk membangun pemahaman mereka, dengan cara mengajukan pertanyaan-pertanyaan secara berkala, seperti guru menanyakan tentang “materi apa yang dibutuhkan untuk membantu menyelesaikan permasalahan ini, “apa perbedaan permutasi dan kombinsai”, kenapa kombinasi yang dibuat adalah C_1^4 dan lain sebagainya. Siswa tampak antusias saat merespon setiap pertanyaan yang diajukan oleh guru.

Pada gambar 1 di atas menunjukkan Strategi yang diterapkan guru memberikan orientasi dan konteks pembelajaran yang mengarah pada penerapan *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), dimana siswa dapat memahami relevansi metari peluang dengan pengalaman atau situasi yang

relatable. Orientasi ini membantu siswa mengaitkan konsep peluang suatu kejadian dengan pengalaman nyata mereka dalam kehidupan sehari-hari. Menurut Vygotsky (1978), memberikan stimulus kontekstual seperti contoh kasus akan membantu siswa mengasah pemikiran kritis dan penalaran matematis melalui aktivitas diskusi atau pemecahan masalah. Namun, penekanan pada kasus nyata masih perlu ditingkatkan agar siswa dapat mengonstruksi pengetahuan mereka secara lebih mendalam.

Teknologi yang digunakan pada orientasi dan pemberian konteks terlihat masih bersifat teknologi tingkat rendah, sebab guru menggunakan laptop, infokus dan PPT hanya sebagai media untuk menunjukkan materi yang akan dibahas, tidak ada animasi, video pembelajaran atau aktivitas kolaboratif yang diberikan oleh guru dari penggunaan perangkat tersebut. Meskipun guru memiliki akses ke perangkat digital dan sumber daya yang luas yang tersedia di internet (Gray et al., 2010). Guru hanya menggunakan media papan tulis dan spidol yang juga merupakan teknologi rendah (*low tech*) untuk mendukung aktivitas guru dalam memberikan pemahaman tentang materi peluang suatu kejadian kepada siswa. Hendal et al., (2013) mengatakan bahwa penggunaan media spidol dan papan tulis untuk menjelaskan materi merupakan teknologi rendah (*low tech*).

Teori konstruktivis menekankan bahwa pengetahuan dibangun oleh siswa berdasarkan pemahaman awal yang telah mereka miliki. Dalam pembelajaran yang diamati, guru menggunakan pertanyaan pemantik yang bersifat reflektif untuk menggali pengetahuan dasar siswa terkait peluang suatu kejadian. Contohnya, guru bertanya, ““Di sini akan mengambil berapa bola?”, dan siswa menjawab, “3 bola.” Guru kemudian melanjutkan dengan pertanyaan terkait kemungkinan hasil, yang dijawab siswa dengan menyebutkan berbagai kombinasi, seperti “2 putih dan 1 merah,” “1 putih dan 2 merah,” dan “3 putih.” Untuk memperkuat pertanyaan, guru kembali bertanya, “disini bisa terjadi apa anak-anak” dan siswa menjawab kombinasi. Guru kemudian menanyakan kembali, “disini kita membutuhkan bantuan kombinasi atau permutasi”? dan siswa tanpa ragu menjawab, “kombinasi”. Guru juga meminta siswa menjelaskan perbedaan antara kombinasi dan permutasi, dan salah satu siswa menjawab bahwa kombinasi tidak memperhatikan urutan. Strategi ini mencerminkan penguasaan *Content Knowledge* (CK) dalam pendekatan TPACK, dimana guru menunjukkan pemahaman mendalam terhadap materi peluang dan mampu merancang pertanyaan relevan untuk mengakses pengetahuan awal siswa. Aktivitas ini mengaktifkan kemampuan berpikir siswa, sehingga mereka dapat menyadari konsep-konsep yang telah mereka miliki sebelumnya.

Meskipun teknologi tingkat menengah dan tinggi belum diterapkan pada tahap ini, tetapi guru telah memanfaatkan teknologi rendah sebagai alat bantu untuk mendukung pembelajaran berbasis teori konstruktivis. Salah satu strategi utama yang digunakan adalah pertanyaan pemantik reflektif, yang mampu meningkatkan struktur kognitif dan kemampuan penalaran siswa (Basir et al., 2022). Pertanyaan-pertanyaan ini mendorong siswa untuk merefleksikan konsep-konsep matematika secara mendalam, membantu mereka mengembangkan pemahaman yang lebih kuat. Dengan strategi ini, guru tidak hanya menggali pengetahuan awal siswa, tetapi juga memperkuat kemampuan siswa dalam memahami materi melalui proses refleksi dan eksplorasi (Cutrer et al., 2016). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan teori konstruktivis, meskipun sederhana, dapat menciptakan pembelajaran yang efektif dan bermakna.

Teori konstruktivis berpendapat bahwa konsep baru dapat dipahami siswa jika mereka secara aktif mengeksplorasi dan menghubungkannya dengan pengalaman nyata. Dalam kegiatan pembelajaran yang diamati, guru belum memfasilitasi siswa dengan melakukan percobaan sederhana berbasis dunia nyata, misalnya menghadirkan langsung bola merah dan putih yang

tersimpan didalam tas seperti pernyataan soal nomor 09 di atas ataupun melakukan percobaan lain seperti melempar koin atau dadu. Padahal, pengalaman konkret semacam ini sangat penting dalam membangun pemahaman siswa terhadap konsep peluang suatu kejadian. Andrew (Tsakiridou. H., & Vavyla. E., 2015) menekankan bahwa siswa memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang probabilitas ketika mereka terlibat dalam eksperimen langsung, seperti lemparan koin atau lemparan dadu, yang memberikan pengalaman nyata untuk memperkuat ide-ide abstrak.

Namun demikian, guru terlihat melakukan penguatan konsep dengan mencoba memvisualisasikan dengan cara menggambar sebuah tas berbentuk persegi tanpa penutup di papan tulis, yang berisi 6 bola merah dan 4 bola putih, ini menunjukkan bahwa teknologi yang digunakan merupakan teknologi rendah. Penggunaan teknologi ini mencerminkan integrasi *Technological Knowledge* (TK), dimana guru berusaha membantu siswa melihat pola hasil percobaan serta memfasilitasi pemahaman lebih mendalam. Selain dengan memvisualkan seperti pada gambar 1 di atas, guru telah mengarahkan siswa untuk berdiskusi dalam menyelesaikan 2 soal peluang suatu kejadian yaitu nomor 11 dan 12 seperti pada gambar 2 berikut

Soal nomor 11
 Dari 14 anak 6 diantaranya putri, akan dipilih tiga orang untuk bernyanyi, peluang yang terpilih dua putra dan satu putri adalah
 A. $\frac{2}{13}$ B. $\frac{3}{4}$ C. $\frac{3}{13}$
 D. $\frac{6}{13}$ E. $\frac{3}{8}$

Soal nomor 12
 Sebuah rak berisi 4 buku novel, 3 buku ilmiah dan sebuah kamus. Secara acak diambil dua buku. Peluang bahwa yang terambil semuanya novel adalah
 A. $\frac{2}{7}$ B. $\frac{3}{7}$ C. $\frac{1}{7}$
 D. $\frac{3}{14}$ E. $\frac{5}{14}$

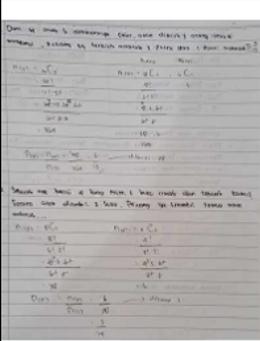
Gambar 2. Soal Diskusi Kelompok

Siswa dikelompokkan menjadi enam kelompok, masing-masing terdiri dari 4-5 siswa, seperti yang terlihat pada gambar 3 berikut. Kegiatan ini bertujuan untuk mendorong kolaborasi dan keterlibatan aktif siswa dalam memahami konsep probabilitas melalui diskusi dan pemecahan masalah bersama.



Gambar 3. Aktivitas Siswa Saat Melakukan Diskusi Kelompok

Berdasarkan observasi, kegiatan ini menunjukkan penguatan aspek *Pedagogical Knowledge* (PK) yang dimiliki guru dimana guru memfasilitasi berpikir kritis, kolaborasi, dan eksplorasi konsep melalui diskusi kelompok. Diskusi ini membantu siswa dalam menguji pemahaman mereka terkait konsep peluang suatu kejadian, meluruskan miskonsepsi melalui interaksi dengan teman dan guru, dan membangun penalaran yang logis terkait suatu kejadian. Hal ini diperkuat oleh hasil diskusi kelompok yang mengindikasikan bahwa 4 dari 6 kelompok berhasil menyelesaikan soal nomor 11 begitu juga dengan soal nomor 12. Berikut adalah salah satu hasil pekerjaan salah satu kelompok yang dapat menyelesaikan dengan benar

	<p>Jawaban nomor 11</p> $11. n(s) = C_3^4$ $= \frac{14!}{11!3!}$ $= \frac{14 \cdot 13 \cdot 12 \cdot 11!}{11! \cdot 3 \cdot 2}$ $= 364$ $n(A) = C_2^8 \cdot C_1^6$ $= \frac{8!}{6!2!} \cdot 6$ $= \frac{8 \cdot 7 \cdot 6!}{6! \cdot 2} \cdot 6$ $= 28 \cdot 6$ $= 168$ $P(A) = \frac{n(A)}{n(s)} = \frac{168}{364}$ $= \frac{6}{13}$	<p>Jawaban nomor 12</p> $12. n(s) = C_2^8$ $= \frac{8!}{6!2}$ $= \frac{8 \cdot 7 \cdot 6!}{6! \cdot 2}$ $= 28$ $n(A) = C_2^4$ $= \frac{4!}{2!2!}$ $= \frac{4 \cdot 3 \cdot 2!}{2! \cdot 2}$ $= 6$ $P(A) = \frac{n(A)}{n(s)} = \frac{6}{28}$ $= \frac{3}{14}$
---	--	---

Gambar 4. Hasil Pekerjaan Salah Satu Kelompok

Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa siswa mampu menerapkan prinsip kombinasi dalam menyelesaikan soal peluang dengan pendekatan sistematis. Keberhasilan mereka tidak hanya menunjukkan pemahaman prosedural terhadap rumus, tetapi juga kemampuan untuk menafsirkan konteks soal secara logis. Aktivitas ini memperkuat peran penting kerja kelompok dalam meningkatkan kualitas interaksi dan elaborasi ide matematis siswa.

Temuan ini diperkuat oleh Gokhale (1995), yang menyatakan bahwa siswa yang bekerja dalam kelompok kecil cenderung menunjukkan peningkatan yang lebih baik dalam keterampilan berpikir kritis dibandingkan siswa yang belajar secara individu. Hal ini serupa dengan yang ditemukan oleh Khusna et al. (2024), yang menyatakan bahwa aktivitas pemecahan masalah secara kolaboratif mampu mendorong munculnya kemampuan berpikir kritis dan pemahaman konseptual di kalangan siswa.

Konstruksi pengetahuan baru yang dirancang oleh guru telah berjalan dengan baik dalam beberapa aspek, meskipun belum sepenuhnya mengoptimalkan teknologi dalam pembelajaran. Proses ini tetap mencerminkan prinsip konstruktivis yang menekankan pembentukan pengetahuan secara aktif oleh siswa melalui interaksi, kolaborasi, dan bimbingan. Guru membagi siswa menjadi 6 kelompok kecil, dengan masing-masing kelompok terdiri dari 4-5 siswa. Melalui diskusi kelompok siswa dapat berbagi pemikiran, ide, dan pendekatan dalam menyelesaikan soal peluang suatu kejadian. Dalam teori konstruktivis, interaksi sosial menjadi kunci dalam membangun pengetahuan baru, karena siswa belajar tidak hanya melalui guru, tetapi juga dari teman sejawat mereka (Saleem, A., Kausar, H., & Deeba, F; 2021), untuk ikut

berperan aktif dalam proses belajar mereka sendiri, dimana pembelajaran melalui teman sebaya menjadi metode yang efektif untuk memperdalam pemahaman melalui interaksi sosial (Hayden, C. L.; Carrico, et al, 2021). Proses pembelajaran kolaboratif, yang dimediasi dan distrukturkan oleh guru, memungkinkan siswa untuk menemukan atau mengkonstruksi pengetahuan mereka sendiri melalui interaksi teman sebaya (Akpan, V. I., Igwe, U. A., Mpmah, I. B. I., & Okoro, C. O, 2020).

Pada saat kerja kelompok berlangsung guru terlihat memberikan *scaffolding* atau bantuan yang diperlukan untuk mendukung siswa dalam memahami materi peluang dan menyelesaikan permasalahan yang diberikan. Bantuan tersebut berupa arahan dan berupa pertanyaan pemantik seperti yang dijelaskan pada sub bagian menggali pengetahuan awal siswa (*Eliciting Prior Knowledge*). Dengan *scaffolding* siswa dibimbing untuk berpikir kritis dan menyelesaikan masalah secara mandiri yang mendukung pembentukan pengetahuan baru secara bertahap. Holton dan Clarce (2006) mendefinisikan *scaffolding* sebagai “suatu Tindakan pengajaran yang (a) mendukung konstruksi pengetahuan secara langsung oleh siswa; dan (b) memberikan dasar untuk pembelajaran mandiri individu siswa dimasa depan.

Selanjutnya, guru meminta dua dari enam kelompok yang ada untuk mepresentasikan hasil pekerjaan mereka didepan kelas. Kelompok yang ditunjuk diminta mengutus salah satu anggotanya untuk memaparkan hasil diskusi. Setelah jawaban dituliskan, guru mengarahkan siswa untuk menjelaskan langkah-langkah penyelesaian, dimulai dari “apa yang diketahui” dan apa yang ditanyakan”. Siswa kemudian mejelaskan alasan kombinasi yang digunakan adalah C_3^{14} , serta menguraikan proses penyelesaian hingga diperoleh hasil akhir bahwa peluang terpilihnya dua putra dan satu putri adalah $\frac{6}{13}$, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 5. Kegiatan Presentasi

Kegiatan ini mendorong siswa untuk mengomunikasikan hasil pemikiran mereka, melatih kampuan berpikir logis, dan merefleksikan pemahaman konsep yang dipelajari. Penerapan strategi pembelajaran yang melibatkan kerja kelompok, *scaffolding*, dan presentasi hasil diskusi yang dirancang oleh guru menunjukkan penguasaan pengetahuan pedagogis (*Pedagogical Knowledge*). Sementara itu, aktivitas siswa dalam menyelesaikan soal mencerminkan penguasaan Konten (*Content Knowledge*). Van de Pol, Volman, dan Beishuizen (2010) mengungkapkan bahwa penggunaan *scaffolding* dalam kelompok kecil efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa selama diskusi matematika. Penelitian juga menunjukkan bahwa kegiatan mempersiapkan dan menyampaikan presentasi mengenai topik matematika dapat membantu siswa memperdalam pemahaman mereka, karena mereka perlu meneliti materi secara mendalam dan menyusun ide-ide secara terstruktur (Kent, 2014). Selain itu, metode presentasi memungkinkan siswa mendapatkan masukan dari teman sebaya dan guru, yang yang

dapat lebih jauh memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep yang dipelajari (Square & Heyde, 2020).

Guru belum sepenuhnya memfasilitasi siswa untuk merefleksikan pembelajaran yang telah dilakukan, guru juga tidak memberikan tanggapan atas kinerja siswa dengan cara mendorong siswa untuk membangun pengetahuan baru dari pengalaman langsung atau memberikan apresiasi atas kontribusi siswa dalam kerja kelompok. Padahal, aktivitas refleksi dan umpan balik sangat penting dalam teori konstruktivis, karena proses ini memungkinkan siswa mengaitkan pengalaman belajar dengan pemahaman yang lebih mendalam. Dengan demikian, pengetahuan baru dapat terintegrasi secara lebih efektif. Guru hanya memberikan umpan balik dalam bentuk apresiasi berupa ucapan terimakasih bagi siswa yang telah menjelaskan atau mempresentasikan hasil kelompok mereka, tanpa diikuti diskusi mendalam untuk mengevaluasi proses pembelajaran atau menemukan solusi dari tantangan yang dihadapi.

Refleksi sebenarnya memiliki manfaat utama dalam memperdalam pemahaman sekaligus menantang keyakinan dan asumsi yang telah ada sebelumnya. Dengan merefleksikan pengalaman nyata, individu dapat mengurangi kesenjangan antara teori dan praktik, yang pada akhirnya menghasilkan “pengetahuan transformasional” yang mampu mendorong perubahan perilaku dan pendekatan belajar (Campbell & Rogers, 2022). Selain itu, refleksi memungkinkan siswa mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi pembelajaran dengan mempertimbangkan berbagai sudut pandang serta mengeksplorasi Solusi alternatif (Moon, 2005; Alt et al., 2022). Karena itu, penting bagi guru untuk tidak hanya memberikan apresiasi, tetapi juga mengintegrasikan refleksi sebagai bagian dari proses pembelajaran, sehingga siswa memiliki pengalaman belajar yang lebih bermakna dan efektif.

Pada bagian penutup, guru meminta siswa untuk merangkum materi yang telah dipelajari. Dua siswa diminta secara bergantian untuk menyampaikan kesimpulan mereka mengenai pembelajaran yang telah berlangsung. Setelahnya, guru menutup kegiatan dengan mengajukan pertanyaan tentang kesan siswa terhadap proses pembelajaran, lalu mengakhiri sesi dengan mengucapkan salam. Keterlibatan siswa dalam menyimpulkan materi selama penutupan pembelajaran berkontribusi pada peningkatan pemahaman mereka terhadap konsep-konsep yang telah dipelajari. Proses ini penting untuk memastikan pembelajaran yang utuh, karena pemahaman dan sintesis mendalam terhadap inti pelajaran sangatlah krusial. Dengan melibatkan siswa secara aktif dalam kegiatan penutup, siswa dapat memperkuat pemahaman, menginternalisasi konsep, dan melatih keterampilan berpikir kritis mereka (Koppenhaver, 2006; Sulistyono et al., 2019).

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada aspek penggunaan teknologi interaktif yang masih terbatas dalam proses pembelajaran yang diamati, serta ruang lingkup observasi yang hanya mencakup satu kelas dan satu topik pembelajaran. Selain itu, pendekatan kualitatif deskriptif yang digunakan tanpa disertai triangulasi data melalui wawancara atau refleksi siswa cenderung membatasi kedalaman analisis terhadap pengalaman belajar peserta didik. Oleh karena itu, disarankan bagi penelitian selanjutnya untuk memperluas cakupan partisipan, menggunakan instrumen pengumpulan data yang lebih beragam seperti wawancara mendalam dan studi dokumentasi, serta menerapkan pendekatan mixed-method guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai implementasi TPACK dalam konteks pembelajaran.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pembelajaran pada materi peluang dengan pendekatan TPACK dalam perspektif teori belajar konstruktivis, dapat disimpulkan bahwa secara umum guru telah mengimplementasikan beberapa komponen penting dari teori konstruktivis dalam proses pembelajaran. Guru telah berusaha membangun Orientasi dan Pemberian Konteks dengan memberikan ilustrasi visual yang membantu siswa memahami materi peluang. Namun, dalam Menggali Pengetahuan Awal Siswa (*Eliciting Prior Knowledge*), meskipun ada upaya untuk merangsang diskusi, belum ada pemanfaatan teknologi yang lebih mendalam untuk menggali pengetahuan awal siswa. Pada tahap eksplorasi dan penguatan konsep (*Conceptual Change*), guru melibatkan siswa dalam diskusi dan pemecahan masalah, tetapi belum memanfaatkan sepenuhnya eksperimen langsung atau penggunaan aplikasi matematika untuk memperkuat pemahaman konsep. Hal ini menunjukkan adanya peluang untuk mengintegrasikan teknologi lebih efektif, seperti aplikasi simulasi peluang atau percobaan berbasis teknologi. Di sisi lain, pada tahap refleksi dan umpan balik (*Reflection*), guru belum secara maksimal mendorong siswa untuk merefleksikan pembelajaran mereka atau memberikan umpan balik yang konstruktif dan apresiatif. Padahal, refleksi dan umpan balik merupakan elemen penting dalam pembelajaran konstruktivis untuk memperkuat pemahaman siswa dan mendukung terbentuknya pengetahuan baru secara bermakna. Berdasarkan temuan penelitian, disarankan agar guru lebih mengoptimalkan integrasi teknologi interaktif dalam pembelajaran matematika, khususnya pada materi peluang. Penggunaan aplikasi simulasi, perangkat lunak berbasis probabilitas, atau media berbantuan teknologi seperti Augmented Reality (AR) dapat memberikan pengalaman yang lebih konkret dan kontekstual bagi siswa. Selain itu penting bagi guru untuk memperkuat tahapan refleksi dan umpan balik melalui strategi pembelajaran berbasis refleksi seperti penilaian diri, jurnal belajar, atau diskusi pasca pembelajaran guna membangun kesadaran metakognisi siswa. Di sisi lain, lembaga pendidikan dan pemangku kebijakan perlu menyediakan pelatihan profesional berkelanjutan berbasis TPACK yang kontekstual dan aplikatif, agar guru mampu merancang pembelajaran yang terintegrasi secara utuh antar konten, pedagogi, dan teknologi. Untuk pengembangan keilmuan selanjutnya, penelitian berikutnya direkomendasikan untuk mengeksplorasi implementasi pendekatan TPACK dalam topik-topik matematika lainnya yang bersifat abstrak, serta mengkaji dampaknya terhadap kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi digital siswa atau kemampuan kognitif lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpan, V. I., Igwe, U. A., Mpamah, I. B. I., & Okoro, C. O. (2020). Social constructivism: Implications on teaching and learning. *British Journal of Education (BJE)*. Vol.8, Issue 8, pp.49-56. <https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/Social-Constructivism.pdf>
- Alanazi, A. S. (2016). A Critical Review of Constructivist Theory and the Emergence of Constructionism. *American Research Journal of Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.21694/2378-7031.16018>
- Alharbi, H. E. (2019). An Arabic assessment tool to measure Technological Pedagogical and Content Knowledge. In *Computers & Education* (Vol. 142, p. 103650). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103650>
- Alt, D., Raichel, N., & Naamati-Schneider, L. (2022). Higher Education Students' Reflective Journal Writing and Lifelong Learning Skills: Insights From an Exploratory Sequential Study. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 12). Frontiers Media. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.707168>
- Alrwaished, N. (2024). Post-Pandemic Mathematic Teachers' Perception on TPACK and Classroom Management Self Efficacy in Online Teaching. *International Journal of*

- Instruction*, 17(3), 99–116. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.1736a>
- Basir, M. A., Waluya, S. B., Dwijanto, D., & Isnarto, I. (2022). How Students Use Cognitive Structures to Process Information in the Algebraic Reasoning? In *European Journal of Educational Research* (Vol. 14, Issue 1, p. 821). RU Publications. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.2.821>
- Bonafini, F. C., & Lee, Y. (2021). Investigating Prospective Teachers' TPACK and Their Use of Mathematical Action Technologies as They Create Screencast Video Lessons on iPads. *Techtrends*, 65(3), 303–319. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00578-1>
- Campbell, F., & Rogers, H. (2022). Through the looking glass: a review of the literature surrounding reflective practice in dentistry [Review of Through the looking glass: a review of the literature surrounding reflective practice in dentistry]. *BDJ*, 232(10), 729. Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41415-022-3993-4>
- Chieu, V. M., Milgrom, É., & Frenay, M. (2004). Constructivist learning: operational criteria for cognitive flexibility (Vol. 31, p. 221). <https://doi.org/10.1109/icalt.2004.1357407>
- Cutrer, W. B., Miller, B. M., Pusic, M., Mejicano, G. C., Mangrulkar, R. S., Gruppen, L. D., Hawkins, R. E., Skochelak, S. E., & Moore, D. E. (2016). Fostering the Development of Master Adaptive Learners: A Conceptual Model to Guide Skill Acquisition in Medical Education. In *Academic Medicine* (Vol. 92, Issue 1, p. 70). Lippincott Williams & Wilkins. <https://doi.org/10.1097/acm.0000000000001323>
- Du, J. H., Xia, J., Du, L., & Hui-zhen, L. (2021). Cultivation of College Students Innovative Ability in Mathematics Based on Constructivism. <https://doi.org/10.1145/3456887.3457072>
- Gokhale, A. A. (1995). Collaborative Learning Enhances Critical Thinking. *JTE* v7n1, 7. 1. <https://doi.org/10.21061/jte.v7i1.a.2>
- Gray, L., Thomas, N., & Lewis, L. (2010). Teachers' use of educational technology in U.S. public schools: 2009. (NCES 2010-040). Washington, DC: National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education. Retrieved from <https://nces.ed.gov/pubs2010/2010040.pdf>
- Handal, B., Campbell, C., Cavanagh, M., Petocz, P., & Kelly, N. (2013). Technological pedagogical content knowledge of secondary mathematics teachers. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* (Vol. 13, Issue 1).
- Hanifah, U., Budayasa, I. K., Sulaiman, R., & Masriyah, M. (2024). TPACK Competence of Mathematics Education Students in Designing Constructivist Learning. *Perspectives of Science and Education*, 68(2), 249–260. <https://doi.org/10.32744/pse.2024.2.15>
- Hill, J. E., & Uribe-Flórez, L. J. (2019). Understanding Secondary School Teachers' TPACK and Technology Implementation in Mathematics Classrooms. *International Journal of Technology in Education*, 3(1), 1–13. <https://doi.org/10.46328/ijte.v3i1.8>
- Kara, S. (2021). An Investigation of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) Competencies of Pre-Service Visual Arts Teachers. In *International Journal of Technology in Education* (Vol. 4, Issue 3, p. 527). <https://doi.org/10.46328/ijte.184>
- Kent, L. B. (2014). Students' Thinking and the Depth of the Mathematics Curriculum. In *Journal of Education and Learning* (Vol. 3, Issue 4). Canadian Center of Science and Education. <https://doi.org/10.5539/jel.v3n4p90>
- Khusna, A., Prasetyo, Z. K., & Wijayanti, D. S. (2024). Collaborative problem-solving as a means to enhance critical thinking skills in mathematics education. *Journal of Educational Research and Practice*, 12(3), 134–145. <https://doi.org/10.1234/jerp.v12i3.4567>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- Koppenhaver, G. D. (2006). Absent and Accounted For: Absenteeism and Cooperative

- Learning*. In *Decision Sciences Journal of Innovative Education* (Vol. 4, Issue 1, p. 29). Wiley. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2006.00100.x>
- Loyens, S. M. M., & Gijbels, D. (2008). Understanding the effects of constructivist learning environments: introducing a multi-directional approach. In *Instructional Science* (Vol. 36, Issue 5, p. 351). Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/s11251-008-9059-4>
- Mahto, L. (2024). Introduction to probability and statistics: a computational framework of randomness. In *arXiv* (Cornell University). Cornell University. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401>.
- Mailizar, M., Hidayat, M., & Artika, W. (2021). The effect of demographic variables on mathematics teachers' TPACK: Indonesian context. In *Journal of Physics Conference Series* (1882(1), p. 12041). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012041>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Moon, J. A. (2005). Reflection in Learning and Professional Development: Theory and Practice. https://opac.pip-semarang.ac.id/?p=show_detail&id=8625
- Nan, Z., Yang, R., Liu, Y., Zhou, J., & Wang, G. (2017). Integration of Information Technology (IT) and the Mathematics Curriculum. In *New frontiers of educational research* (p. 259). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55781-5_13
- Natalia, A., & Mampouw, H. (2024). Analisis Kesalahan Siswa dalam Menyelesaikan Soal Peluang Berdasarkan Teori Newman Ditinjau dari Gaya Belajar. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(3), 1961-1972. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v8i3.3451>
- Nindiasari, H., Restiana, N., & Pamungkas, A. S. (2021). Implementation of the Tpack Framework to Measure Integration of Technology, Pedagogy and the Content of Lecturers in Mathematics Education. *Prima Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 30. <https://doi.org/10.31000/prima.v5i2.4158>
- Nurhadi, Moh., & Darhim. (2021). Analysis The Ability of Thinking Abstractly of Mathematics And Self-Efficacy Through Tpack. In *Journal of Physics Conference Series* (Vol. 1764, issue 1, p. 12122). IOP Publishing. <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012122>
- Nurhidayah, L., & Suyanto, S. (2021). Integrated of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) for Pre-Service Science Teachers: Literature Review. In *Advances in Social Science, Education and Humanities Research/Advances in social science, education and humanities research*. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210326.014>
- Pastor, M. J. D., & Pedro, L. A. C. (2023). Mathematics Teachers' Levels of ICT Expertise and Use and Their Beliefs About ICT Integration and Students' Problem-Solving Skills. *Southeast Asian Mathematics Education Journal*, 13(1), 57–72. <https://doi.org/10.46517/seamej.v13i1.208>
- Piaget, J. (1973). *To understand is to invent: The future of education*. Grossman Publishers.
- Pundir, R., & Surana, A. (2016). Constructivism Learning: A Way to Make Knowledge Construction. In *International Journal of Indian Psychology* (Vol. 3, Issue 2). Redshine Publication. <https://doi.org/10.25215/0302.190>
- Saleem, A., Kausar, H., & Deeba, F. (2021). Social constructivism: A New Paradigm in Teaching and Learning Environment. *PERENNIAL JOURNAL OF HISTORY* 2(2):403-421. <https://doi.org/10.52700/pjh.v2i2.86>
- S Chaiklin. (2023). [PDF] The zone of proximal development in Vygotsky's analysis of learning and instruction. | Semantic Scholar. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-zone-of-proximal-development-in-Vygotsky's-of-Chaiklin/99a2a389c96edabed1145b58508e3b7abbfa48b2>
- Square, L., & Heyde, V. P. van de. (2020). Poster presentations as an approach to implementing a 'flipped learning' pedagogy in introductory physics. In *Journal of Physics Conference*

- Series (Vol. 1512, p. 12005). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1512/1/012005>
- Stapf, K., & Martin, B. (2019). TPACK + Mathematics: A Review of Current TPACK Literature. *International Journal on Integrating Technology in Education*, 8(3), 13. <https://doi.org/10.5121/ijite.2019.8302>
- Sulistyo, L., Waluyo, B., Rochmad, & Kartono, K. (2019). Project based learning model with scientific approach, implementation of children's education of nation to facing the golden generation era. In *Journal of Physics Conference Series* (Vol. 1321, Issue 2, p. 22117). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022117>
- Tsakiridou. H., and Vavyla. E. (2015). Probability Concepts in Primary School. *American Journal of Educational Research*, 3.4 (2015): 535-540. doi: 10.12691/education-3-4-21.
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher-student interaction: A Decade Of Research. *Educ Psychol Rev.* 22:271-296. . <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9127-6>
- Van de Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. M. (2013). *Elementary and middle school mathematics: Teaching developmentally*. Pearson Higher Ed.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wahyuni, I., Zaenuri, Z., Wardono, Sukestiyarno, Y., Waluya, S. B., Nuriana, & Aminah, N. (2021). Design of instrument Technological Pedagogic Content Knowledge (TPACK) for prospective mathematics teachers. In *Journal of Physics Conference Series* (Vol. 1918, Issue 4, p. 42097). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/4/042097>
- Wei, W., Schmidt-Crawford, D. A., & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039>
- Xin, F., Wang, H., & Guo, Y. (2020). Research on College Mathematics Education Based on TPACK theory. In *Proceedings of the 7th International Conference on Social Science and Higher Education (ICSSHE 2021)*. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201214.096>.