

Analisis Implementasi TPACK dalam Pembelajaran Logika Matematika di SMK

**Lessa Roesdiana^{1*}, Al Jupri², Turmudi³, Alpha Galih Adirakasiwi⁴,
Adi Ihsan Imami⁵**

Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia^{1*,4,5}

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia^{2,3}

lessa.roesdiana@fkip.unsika.ac.id^{1*}, aljupri@upi.edu², turmudi@upi.edu³,
alpha.galih@fkip.unsika.ac.id⁴, adi.ihsan@fkip.unsika.ac.id⁵

ABSTRAK

Perkembangan pembelajaran digital menuntut guru matematika menyelaraskan teknologi, pendekatan pedagogis, dan substansi materi. Meskipun demikian, bukti empiris mengenai penerapan kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) di sekolah menengah kejuruan, terutama pada topik logika matematika, masih belum banyak tersedia. Penelitian ini bertujuan menggambarkan pelaksanaan pembelajaran sekaligus menelaah keterwujudan komponen TPACK dalam pembelajaran logika matematika. Studi dilakukan dengan pendekatan kualitatif observasional terhadap seorang guru matematika dan 40 siswa kelas XI pada salah satu SMK di Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Data diperoleh melalui pengamatan kelas, wawancara, dan telaah dokumentasi, lalu diolah melalui reduksi, penyajian, dan interpretasi data. Temuan menunjukkan bahwa pembelajaran berlangsung melalui kegiatan awal, penggalan konsep, kerja kelompok, dan presentasi. Guru memperlihatkan penguasaan materi logika matematika dan menggunakan strategi pedagogis yang memberi ruang bagi keterlibatan siswa. Namun, teknologi baru dimanfaatkan untuk membagikan modul ajar dan LKPD dalam format digital; belum ditemukan penggunaan media atau aplikasi yang menunjang representasi konsep maupun interaksi belajar. Dengan demikian, Pedagogical Knowledge (PK) dan Content Knowledge (CK) telah terlihat, sedangkan Technological Knowledge (TK) belum menyatu secara memadai dalam proses pembelajaran. Hasil ini memotret kondisi aktual implementasi TPACK pada pembelajaran logika matematika di SMK dan dapat digunakan sebagai pijakan untuk merancang pembelajaran matematika yang lebih terintegrasi dengan teknologi.

Kata kunci: TPACK, logika matematika, pembelajaran matematika, studi observasional

ABSTRACT

Mathematics teaching in a digital learning environment requires teachers to coordinate subject matter, pedagogy, and technology rather than apply these elements separately. Nevertheless, classroom-based evidence on the use of the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework in vocational high schools, especially for mathematical logic, remains scarce. This study describes the instructional process and examines how the TPACK components were manifested during mathematical logic lessons. A qualitative observational design was employed with one mathematics teacher and 40 eleventh-grade students from a vocational high school in Karawang Regency, West Java, Indonesia. Evidence was gathered from classroom observations, a teacher interview, and instructional documents, and was interpreted through data

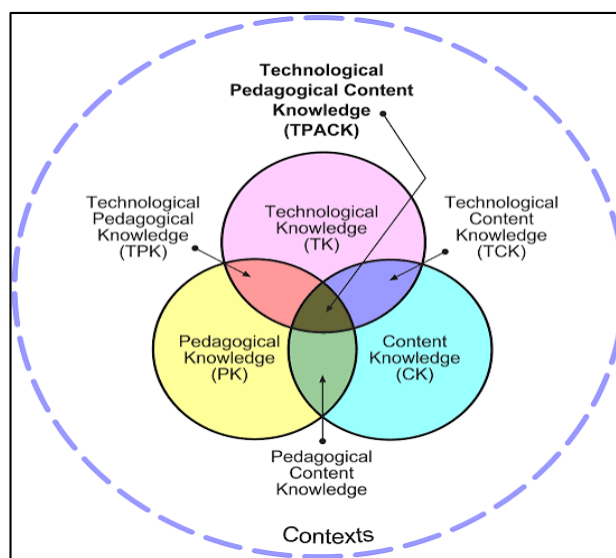
condensation, data organization, and conclusion development. The lesson included opening activities, exploration of concepts, collaborative work, and group presentations. The teacher displayed adequate knowledge of mathematical logic and used pedagogical practices that encouraged student involvement. Technology, however, was used only to circulate teaching modules and student worksheets in digital form; no digital application or interactive medium was employed to represent concepts or facilitate classroom interaction. The findings therefore show a visible presence of Pedagogical Knowledge (PK) and Content Knowledge (CK), while Technological Knowledge (TK) was not sufficiently embedded in instruction. This study offers a classroom-based account of the current strengths and gaps of TPACK implementation in vocational-school mathematical logic and provides a basis for improving technology-supported mathematics teaching.

Keywords: TPACK, mathematical logic, learning process

PENDAHULUAN

Matematika berkontribusi besar terhadap pembentukan cara berpikir yang logis, kritis, dan terstruktur. Akan tetapi, proses mempelajarinya sering terkendala oleh anggapan siswa bahwa matematika sulit dipahami. Pandangan tersebut cenderung menguat ketika konsep disajikan secara abstrak, tidak dekat dengan konteks kehidupan, dan kurang memberi pengalaman belajar yang bermakna (Andini et al., 2023). Sejumlah temuan mutakhir juga memperlihatkan bahwa kecemasan matematika berkorelasi negatif dengan capaian akademik serta dapat melemahkan keterlibatan siswa selama pembelajaran (Yarkwah et al., 2024; Wang et al., 2024). Andri dan Agia (2020) menambahkan bahwa hambatan belajar matematika bukan semata-mata bersumber dari kemampuan kognitif, tetapi turut dipengaruhi oleh kesan bahwa mata pelajaran tersebut sukar dan tidak menarik. Situasi ini menegaskan perlunya pembelajaran yang melampaui penyampaian informasi, yakni pembelajaran yang interaktif, relevan, dan responsif terhadap karakteristik siswa.

Transformasi digital mengharuskan pembelajaran matematika mengombinasikan kompetensi materi, keputusan pedagogis, dan penggunaan teknologi secara selaras. Kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) banyak digunakan untuk menjelaskan hubungan ketiga ranah tersebut. Mishra dan Koehler (2006) memaknai TPACK sebagai pengetahuan terpadu yang terbentuk dari Content Knowledge (CK), Pedagogical Knowledge (PK), dan Technological Knowledge (TK) untuk mendukung perencanaan serta pelaksanaan pembelajaran yang tepat. Ketika ketiganya dipadukan, guru dapat membantu siswa memahami konsep matematika sekaligus melatih literasi digital, kolaborasi, dan pemecahan masalah sebagai kompetensi abad ke-21. Oleh sebab itu, TPACK relevan dijadikan landasan dalam pengembangan pembelajaran matematika berbantuan teknologi. Struktur kerangka tersebut ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)
(Koebler dan Mishra, 2009)

Dalam praktiknya, penerapan TPACK menuntut guru memilih teknologi yang sesuai dengan sifat konten matematika dan strategi belajar yang digunakan. Hanifah et al. (2024) melaporkan bahwa kompetensi TPACK mendukung terciptanya pengalaman belajar yang lebih aktif dan efektif. Penguatan melalui program pelatihan juga berperan dalam meningkatkan kapasitas pedagogis maupun teknologi guru untuk merespons kebutuhan pembelajaran masa kini (Ortiz Colón et al., 2023; Mardati et al., 2024). Pada mata pelajaran matematika, perangkat seperti GeoGebra dan Desmos dapat digunakan untuk menghadirkan representasi visual atas konsep yang abstrak sehingga materi lebih mudah dihubungkan dengan konteks dan dipahami siswa (Ariyanti et al., 2024). Temuan Musdalifa dan Dimpudus (2024) turut menunjukkan bahwa pembelajaran yang memadukan unsur-unsur TPACK berpotensi memperkuat keterlibatan dan pemahaman matematis siswa.

Logika matematika merupakan salah satu topik yang layak ditelaah melalui kerangka TPACK karena menjadi fondasi bagi penalaran deduktif, pemikiran logis, dan pengambilan keputusan secara sistematis. Materi ini memuat objek simbolik seperti pernyataan majemuk, nilai kebenaran, implikasi, biimplikasi, ekuivalensi, dan tabel kebenaran. Karakter tersebut dapat menyulitkan siswa apabila pembelajaran hanya mengandalkan penjelasan verbal dan prosedur konvensional. Diperlukan strategi pedagogis yang memandu proses penalaran serta teknologi yang mampu menampilkan relasi antarkonsep melalui representasi yang dinamis dan interaktif. Dengan memanfaatkan perspektif TPACK, guru dapat menyusun keterkaitan antara substansi logika matematika, aktivitas belajar, dan perangkat digital agar pemahaman siswa terbentuk secara lebih bermakna.

Kajian TPACK yang telah berkembang umumnya menyoroti rancangan pembelajaran, pembuatan perangkat, atau persepsi guru mengenai kompetensi TPACK. Penelitian yang mengungkap bagaimana ketiga komponennya benar-benar tampak dalam kegiatan kelas masih lebih sedikit, terutama pada pembelajaran logika matematika di SMK. Padahal, observasi langsung diperlukan untuk membedakan antara penggunaan teknologi secara administratif dan integrasi teknologi yang benar-benar mendukung proses pedagogis serta pemahaman konten.

Bertolak dari kesenjangan tersebut, penelitian ini mengajukan pertanyaan: bagaimana implementasi Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) dalam pembelajaran logika matematika pada siswa kelas XI SMK? Pertanyaan ini menempatkan TPACK sebagai kesatuan, bukan sekadar penjumlahan penggunaan teknologi, strategi mengajar, dan penguasaan materi. Penelitian diarahkan untuk mendeskripsikan alur pembelajaran dan menganalisis keterhubungan TK, PK, serta CK selama kegiatan berlangsung. Kebaruan studi terletak pada penyajian bukti kelas yang memperlihatkan tidak hanya kemunculan setiap unsur TPACK, tetapi juga tingkat keterpaduan, keunggulan, dan keterbatasannya dalam situasi pembelajaran nyata. Temuan penelitian diharapkan menjadi bahan evaluasi bagi guru dan sekolah dalam merancang pembelajaran matematika yang lebih relevan, kontekstual, dan didukung teknologi secara fungsional.

METODE

Studi ini menerapkan pendekatan kualitatif dengan desain observasional untuk memperoleh pemahaman kontekstual mengenai pembelajaran logika matematika di kelas. Desain tersebut dipilih karena memungkinkan praktik mengajar diamati dalam kondisi yang berlangsung secara alamiah. Analisis difokuskan pada cara guru memperlihatkan dan menghubungkan pengetahuan teknologi, pedagogi, serta konten sebagai unsur utama Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK).

Penelitian dilaksanakan pada salah satu SMK di Kabupaten Karawang, Jawa Barat, dengan melibatkan seorang guru matematika dan 40 siswa kelas XI TKJ 3. Informasi penelitian dihimpun melalui observasi kelas, wawancara, dan dokumentasi. Observasi digunakan untuk merekam tindakan guru serta respons siswa selama pembelajaran logika matematika. Wawancara berfungsi menggali pertimbangan guru dalam memilih strategi pembelajaran dan keputusan terkait penggunaan teknologi. Foto kegiatan, catatan lapangan, dan perangkat pembelajaran ditelaah sebagai bukti pendukung.

Lembar observasi berbasis Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) menjadi instrumen utama untuk menelusuri kemunculan Technological Knowledge (TK), Pedagogical Knowledge (PK), dan Content Knowledge (CK). Setiap butir dirumuskan dalam bentuk perilaku yang dapat diamati sehingga hubungan antara penggunaan teknologi, tindakan pedagogis, dan penguasaan materi dapat dianalisis. Ranah TK mencakup penggunaan perangkat atau media digital untuk menyajikan materi, menyalurkan tugas, dan membantu representasi konsep. Ranah PK meliputi pembukaan serta pengelolaan kelas, pemilihan metode, fasilitasi diskusi, pemberian penguatan, dan evaluasi. Ranah CK diarahkan pada ketepatan pemahaman guru terhadap logika matematika, kejelasan penjelasan, kualitas contoh, dan kemampuan menanggapi pertanyaan siswa.

Penyusunan instrumen mengacu pada kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) dari Mishra dan Koehler (2006) serta indikator yang digunakan pada kajian-kajian terdahulu. Sebelum diterapkan, instrumen diperiksa melalui expert judgment oleh dua orang, yaitu dosen Pendidikan Matematika yang berpengalaman dalam pembelajaran berbasis TPACK dan guru matematika berpengalaman. Penilaian validator mencakup relevansi indikator terhadap tujuan studi, kejelasan rumusan butir, dan keteramatan aspek TK, PK, serta CK. Masukan kedua validator digunakan untuk memperbaiki instrumen sebelum observasi kelas dilakukan.

Pelaksanaan penelitian dibagi ke dalam tahap persiapan, pengumpulan data, dan analisis. Pada tahap awal, peneliti menyusun instrumen observasi berbasis TPACK serta menyelesaikan perizinan di kampus dan sekolah. Tahap lapangan mencakup pengamatan proses pembelajaran, pencatatan aktivitas guru dan siswa, pengumpulan dokumentasi, serta wawancara dengan guru. Wawancara dilaksanakan setelah observasi terhadap satu guru matematika menggunakan pedoman semi-terstruktur selama kurang lebih 30-45 menit. Pertanyaan diarahkan pada alasan pemilihan strategi, pertimbangan menggunakan atau tidak menggunakan teknologi pada materi logika matematika, kendala integrasi teknologi, dan cara guru membantu siswa memahami konsep. Keterangan dari wawancara dipakai untuk menjelaskan, mengonfirmasi, dan memperkaya interpretasi terhadap hasil pengamatan.

Bahan dokumenter yang dianalisis meliputi modul ajar, Lembar Kerja Siswa (LKPD), media yang digunakan guru, foto pembelajaran, catatan lapangan, dan pekerjaan siswa yang berhubungan dengan logika matematika. Dokumen tersebut diperiksa untuk menelusuri kesesuaian antara perencanaan dan pelaksanaan pembelajaran, bentuk pemanfaatan teknologi, strategi yang diterapkan, serta partisipasi siswa. Informasi dokumenter kemudian disandingkan dengan data observasi dan wawancara dalam proses triangulasi. Rincian indikator observasi TPACK disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator observasi berbasis TPACK

Komponen	Indikator	Deskripsi operasional
TK (<i>Technological Knowledge</i>)	Pemanfaatan teknologi pembelajaran	Guru memanfaatkan perangkat atau aplikasi digital untuk menyajikan bahan, menyalurkan tugas, atau memediasi interaksi belajar.
TK (<i>Technological Knowledge</i>)	Kesesuaian teknologi dengan materi	Perangkat digital yang dipilih berkontribusi pada penjelasan konsep logika matematika agar lebih mudah dipahami dan terkait dengan konteks.
PK (<i>Pedagogical Knowledge</i>)	Membuka pembelajaran	Guru menyiapkan kondisi belajar, menyampaikan salam, melakukan apersepsi, dan menginformasikan tujuan kegiatan.
PK (<i>Pedagogical Knowledge</i>)	Pengelolaan kelas	Guru mengatur partisipasi siswa, membentuk kelompok, menjaga keteraturan kelas, dan menyediakan ruang interaksi.
PK (<i>Pedagogical Knowledge</i>)	Strategi pembelajaran	Guru memadukan metode yang sesuai dengan kebutuhan materi, antara lain penjelasan, tanya jawab, diskusi, dan presentasi.
PK (<i>Pedagogical Knowledge</i>)	Penguatan dan evaluasi	Guru menyampaikan apresiasi dan umpan balik serta melakukan penilaian untuk menelusuri pemahaman siswa.
CK (<i>Content Knowledge</i>)	Penguasaan materi	Guru menyajikan konsep logika matematika secara tepat, sistematis, dan selaras dengan tujuan pembelajaran.
CK (<i>Content Knowledge</i>)	Ketepatan contoh dan penjelasan	Guru memilih contoh, ilustrasi, atau latihan yang sesuai dengan konsep logika matematika yang sedang dibahas.
CK (<i>Content Knowledge</i>)	Respons terhadap pertanyaan siswa	Guru menanggapi pertanyaan secara akurat dan membantu siswa memperbaiki pemahaman yang kurang tepat.

Analisis data dilakukan secara siklis melalui pemilahan, pengorganisasian, dan pemaknaan data. Pada tahap pertama, informasi dari observasi, wawancara, dan dokumentasi diseleksi serta dikelompokkan berdasarkan TK, PK, dan CK. Data yang telah dipilah selanjutnya ditata dalam uraian naratif dan tabel agar pola hubungan antarkomponen TPACK dapat dikenali. Tahap berikutnya ialah merumuskan interpretasi mengenai bagian yang telah terimplementasi dan bagian yang masih terbatas dalam pembelajaran logika matematika. Kredibilitas temuan diperkuat melalui triangulasi teknik, yakni dengan memeriksa konsistensi informasi yang muncul dari pengamatan kelas, wawancara guru, dan dokumen pembelajaran. Gambar 2 menampilkan lembar observasi yang digunakan dalam penelitian.

LEMBAR OBSERVASI PEMBELAJARAN (PENDEKATAN TPACK)											
A. PELAKSANAAN OBSERVASI Tempat : Kurikulum : Waktu : Materi Pelajaran : Nama Guru :											
B. PERNYATAAN											
Menerapkan etika, tujuan, dan pandangan hidup guru berlandaskan prinsip moral dan keyakinannya terhadap Tuhan Yang Maha Esa											
No.	Skor	1	2	3	4	5	6	8	9	10	
1		Kurang Sekali		Kurang		Baik		Baik Sekali			
		Guru kurang melakukan sikap dan penerapan etika, tujuan, dan pandangan hidup berkaitan prinsip moral dan keyakinannya terhadap Tuhan Yang Maha Esa.		Guru kurang melakukan sikap dan penerapan etika, tujuan, dan pandangan hidup berkaitan prinsip moral dan keyakinannya terhadap Tuhan Yang Maha Esa.		Guru sudah dalam menyikapi penerapan dengan baik mengenai sikap, tujuan, dan pandangan hidup berkaitan prinsip moral dan keyakinannya terhadap Tuhan Yang Maha Esa.		Guru melakukan sikap dan penerapan dengan sangat baik mengenai etika, tujuan, dan pandangan hidup berkaitan prinsip moral dan keyakinannya terhadap Tuhan Yang Maha Esa.			
Menggunakan strategi pembelajaran yang efektif untuk capaian belajar literasi dan numerasi peserta didik											
No.	Skor	1	2	3	4	5	6	8	9	10	
2		Kurang Sekali		Kurang		Baik		Baik Sekali			
		Guru tidak menggunakan strategi pembelajaran yang efektif untuk capaian tujuan pembelajaran literasi dan numerasi peserta didik.		Guru kurang menjadi tolak ukur penerapan strategi pembelajaran yang efektif untuk capaian tujuan pembelajaran literasi dan numerasi peserta didik.		Guru menjadi tolak ukur baik dalam penerapan strategi pembelajaran yang efektif untuk capaian tujuan pembelajaran literasi dan numerasi peserta didik.		Guru menjadi tolak ukur sangat baik dalam penerapan strategi pembelajaran yang efektif untuk capaian tujuan pembelajaran literasi dan numerasi peserta didik.			
Menggunakan konten pembelajaran dan cara mengelolanya											
No.	Skor	1	2	3	4	5	6	8	9	10	
3		Kurang Sekali		Kurang		Baik		Baik Sekali			
		Guru tidak menunjukkan kefasihan menggunakan pengetahuan penyediaan konten yang relevan untuk tercipta aktif di dalam pembelajaran.		Guru kurang menjadi tolak ukur pengorganisasian penyediaan konten yang relevan untuk tercipta aktif di dalam pembelajaran.		Guru menunjukkan dengan baik hasil pengorganisasian penyediaan konten yang relevan untuk tercipta aktif di dalam pembelajaran.		Guru menunjukkan dengan sangat baik hasil pengorganisasian penyediaan konten yang relevan untuk tercipta aktif di dalam pembelajaran.			
Pemahaman guru terhadap materi ajar yang diampukan											
No.	Skor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4		Kurang Sekali		Kurang		Baik		Baik Sekali			
		Guru tidak menjelaskan konsep secara benar, tidak menggunakan contoh yang relevan untuk menjelaskan materi, dan guru tidak mampu menjawab pertanyaan siswa dengan jelas.		Guru kurang menjelaskan konsep secara benar, tidak menggunakan contoh yang relevan untuk menjelaskan materi, dan guru kurang mampu menjawab pertanyaan siswa dengan jelas.		Guru mampu menjelaskan konsep secara benar dengan menggunakan contoh yang relevan untuk menjelaskan materi dan guru mampu menjawab pertanyaan siswa dengan jelas.		Guru mampu menjelaskan konsep secara benar dengan sangat baik serta menggunakan contoh yang relevan untuk menjelaskan materi dan guru mampu menjawab pertanyaan siswa dengan jelas secara komprehensif.			
Menerapkan struktur dan alur pengetahuan dari suatu bidang keilmuan secara runtut (berurutan) dari suatu bidang keilmuan yang diajarkan											
No.	Skor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5		Kurang Sekali		Kurang		Baik		Baik Sekali			
		Guru tidak menerapkan struktur dan alur pengetahuan dalam bentuk pertemuan dan penemuan dengan tingkat pengetahuan yang berbeda-beda (bervariasi), urutan bertingkat tidak terbangun, dan tidak ada hubungan keilmuan yang relevan untuk pembelajaran.		Guru kurang menerapkan struktur dan alur pengetahuan dalam bentuk pertemuan dan penemuan dengan tingkat pengetahuan yang berbeda-beda (bervariasi), urutan bertingkat kurang terbangun, dan hubungan keilmuan yang relevan untuk pembelajaran masih kurang jelas.		Guru menerapkan struktur dan alur pengetahuan dalam bentuk pertemuan dan penemuan dengan tingkat pengetahuan yang berbeda-beda (bervariasi), urutan bertingkat cukup terbangun, dan ada hubungan keilmuan yang relevan untuk pembelajaran.		Guru menerapkan struktur dan alur pengetahuan dalam bentuk pertemuan dan penemuan dengan tingkat pengetahuan yang berbeda-beda (bervariasi), urutan bertingkat terbangun dengan sangat baik, dan ada hubungan keilmuan yang relevan serta sangat mendukung pembelajaran.			
Menerapkan keterkaitan dalam proses pembelajaran yang berpusat pada peserta didik											
No.	Skor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6		Kurang Sekali		Kurang		Baik		Baik Sekali			
		Guru tidak menerapkan upaya keterkaitan pada proses berpikir tingkat tinggi (<i>high order thinking</i>) bagi kelas pembelajaran dan pengalaman belajar yang memfokuskan pada peserta didik.		Guru kurang menerapkan upaya keterkaitan pada proses berpikir tingkat tinggi (<i>high order thinking</i>) bagi kelas pembelajaran dan pengalaman belajar yang memfokuskan pada peserta didik.		Guru menerapkan upaya keterkaitan pada proses berpikir tingkat tinggi (<i>high order thinking</i>) bagi kelas pembelajaran dan pengalaman belajar yang memfokuskan pada peserta didik.		Guru menerapkan dengan sangat baik upaya keterkaitan pada proses berpikir tingkat tinggi (<i>high order thinking</i>) bagi kelas pembelajaran dan pengalaman belajar yang memfokuskan pada peserta didik.			

Keterangan Skor: 1-2 = Kurang Sekali | 3-5 = Kurang | 6-8 = Baik | 9-10 = Baik Sekali

Gambar 2. Lembar observasi pembelajaran (Pendekatan TPACK)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi kelas memberikan data langsung mengenai praktik pembelajaran matematika sebagaimana berlangsung di sekolah. Pendekatan observasional kualitatif memungkinkan peneliti memahami proses pembelajaran secara rinci, meskipun penafsiran data tetap perlu dikendalikan melalui triangulasi agar tidak terlalu subjektif (Merrilyn, 2015). Pengamatan dilakukan di salah satu SMK di Kabupaten Karawang, Jawa Barat, pada Jumat, 22 November 2024, pukul 10.00-11.30 WIB. Kegiatan melibatkan seorang guru matematika dan 40 siswa kelas XI TKJ 3 pada materi logika matematika. Sebelum pengumpulan data, peneliti memperoleh izin dan menyepakati

prosedur pelaksanaan dengan pihak sekolah. Seluruh pencatatan mengacu pada lembar observasi pembelajaran berbasis TPACK yang telah disiapkan. (Merrilyn, 2015)

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa Pedagogical Knowledge (PK) dan Content Knowledge (CK) lebih menonjol daripada Technological Knowledge (TK). Guru menjalankan pembelajaran secara berurutan melalui pembukaan, penjelasan materi, diskusi kelompok, presentasi, dan evaluasi. Penguasaan konten terlihat ketika guru menerangkan konsep dengan tepat, menyajikan contoh yang sesuai, dan menanggapi pertanyaan siswa. Adapun teknologi digunakan sebatas pengiriman modul ajar dan LKPD melalui WhatsApp dalam format digital. Tidak tampak pemanfaatan aplikasi, media interaktif, atau perangkat digital untuk memvisualisasikan konsep logika matematika maupun memperluas interaksi belajar. Ikhtisar temuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil observasi implementasi TPACK

Komponen	Temuan Observasi
TK	Modul ajar dan LKPD dikirim melalui WhatsApp dalam format digital. Teknologi belum digunakan untuk merepresentasikan konsep, meningkatkan interaksi, atau melaksanakan evaluasi.
PK	Guru melaksanakan pembukaan, apersepsi, kerja kelompok, presentasi, penguatan, dan evaluasi secara terarah.
CK	Guru menjelaskan logika matematika dengan tepat, memilih contoh yang relevan, dan merespons pertanyaan siswa secara benar.

Pelaksanaan Pembelajaran

1. Pendahuluan

Pada awal pembelajaran, guru memastikan suasana kelas siap untuk belajar. Setelah guru menyampaikan salam, ketua kelas memimpin doa, kemudian guru menanyakan kondisi siswa dan memeriksa kehadiran melalui informasi dari ketua kelas. Rangkaian kegiatan pembukaan tersebut didokumentasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Siswa berdoa sebelum belajar

2. Kegiatan Inti

a. Kegiatan Eksplorasi

Memasuki kegiatan inti, guru menghubungkan topik yang akan dibahas dengan

materi pada pertemuan sebelumnya. Penjelasan mengenai logika matematika disertai tanya jawab agar siswa dapat mengikuti perkembangan konsep. Guru secara berkala memeriksa pemahaman siswa dan memberi kesempatan kepada mereka untuk menyalin catatan penting dari papan tulis. Situasi pembelajaran pada tahap eksplorasi ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Kegiatan guru saat menjelaskan materi

Untuk memeriksa pemahaman awal, guru mengajukan soal mengenai logika matematika dan meminta siswa menyebutkan contoh pernyataan konjungsi. Respons tersebut digunakan sebagai indikasi apakah siswa telah memahami konsep yang baru dijelaskan. Aktivitas ini terdokumentasi pada Gambar 5.



Gambar 5. Kegiatan pemeriksaan pemahaman siswa

b. Kegiatan Diskusi

Pada sesi kerja kelompok, modul ajar dan LKPD dikirimkan melalui grup WhatsApp agar dapat dibuka melalui telepon genggam siswa. Pemanfaatan teknologi pada tahap ini bersifat distributif karena hanya menggantikan penyampaian dokumen cetak. Guru belum menggunakan aplikasi pembelajaran, media interaktif, atau perangkat lunak matematika untuk membantu representasi konsep logika maupun menunjang pertukaran gagasan selama diskusi.



Gambar 6. Kegiatan diskusi kelompok

Setiap kelompok mengerjakan soal yang mencakup konjungsi, disjungsi, implikasi, dan biimplikasi melalui modul ajar serta LKPD digital. Guru terlebih dahulu menjelaskan tata cara pengerjaan, kemudian memberikan waktu sekitar 15 menit untuk menyusun jawaban bersama. Selama diskusi, guru berkeliling dari satu kelompok ke kelompok lain untuk memantau kemajuan dan memberikan bantuan ketika diperlukan.

Temuan pada kegiatan kelompok memperkuat gambaran bahwa PK dan CK telah hadir melalui apersepsi, fasilitasi diskusi, presentasi, serta ketepatan guru dalam menangani materi. Sebaliknya, TK belum berfungsi sebagai bagian yang menyatu dengan aktivitas belajar. WhatsApp memang digunakan untuk menyalurkan bahan ajar, tetapi teknologi belum diarahkan untuk menampilkan konsep secara visual, meningkatkan interaksi, atau menyelenggarakan penilaian digital.

c. Kegiatan Presentasi

Setelah waktu diskusi berakhir, guru menunjuk wakil dari setiap kelompok untuk menyampaikan hasil kerja. Dalam presentasi, seorang siswa menuliskan penyelesaian di papan tulis, sedangkan siswa lain menjelaskan alasan dan langkah kelompoknya kepada kelas. Dokumentasi kegiatan presentasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kegiatan siswa saat melakukan presentasi

3. Penutup

Pada bagian akhir, guru menyusun kembali pokok-pokok materi yang telah dipelajari, melakukan evaluasi singkat, dan memberikan tugas individu untuk memperdalam pemahaman logika matematika. Kegiatan evaluasi diperlukan untuk menilai ketercapaian tujuan, efektivitas pembelajaran, dan perkembangan siswa (Ansya et al., 2023). Guru selanjutnya membuka kesempatan bertanya, tetapi tidak ada siswa yang menyampaikan pertanyaan. Pembelajaran ditutup dengan motivasi agar siswa tetap bersemangat dan diakhiri dengan salam (Ansya et al., 2023).

Pengamatan menunjukkan bahwa penggunaan teknologi belum menjadi bagian substantif dari pembelajaran logika matematika. Papan tulis, buku teks, modul ajar, dan diskusi kelompok masih menjadi sarana utama untuk menjelaskan materi serta memberikan latihan. WhatsApp hanya berfungsi untuk mengirimkan dokumen, sehingga belum dapat dikategorikan sebagai integrasi teknologi yang mendukung representasi konsep atau interaksi belajar. Dengan demikian, unsur Technological Knowledge belum terlihat secara kuat dalam keputusan pembelajaran guru.

Keterbatasan tersebut perlu mendapat perhatian karena teknologi dapat menjembatani karakter abstrak sejumlah konsep matematika. Ariyanti et al. (2024) memperlihatkan bahwa rancangan berbasis TPACK dapat mengarahkan pemilihan teknologi untuk menyajikan konsep dengan visualisasi yang lebih sistematis. Musdalifa dan Dimpudus (2024) juga menemukan adanya peningkatan keterlibatan dan pemahaman ketika TPACK diintegrasikan dalam pembelajaran matematika. Kompetensi TPACK berkaitan dengan kemampuan menyusun pembelajaran konstruktif (Hanifah et al., 2024), sedangkan pelatihan guru membantu memperkuat keterampilan pedagogis dan teknologis yang diperlukan dalam praktik kelas (Ortiz Colón et al., 2023). Pada konteks lain, Sonsupap et al. (2024) melaporkan hubungan antara tingkat TPACK guru dan kompetensi ilmiah siswa.

Karena fungsi teknologi belum hadir dalam aktivitas konseptual maupun interaktif, penerapan TPACK pada kelas yang diamati masih belum menyeluruh. Guru telah mengorganisasi pembelajaran dengan runtut, tetapi pola kegiatan tetap banyak bergantung pada penjelasan langsung. Wardani et al. (2024) mengemukakan bahwa pendekatan konvensional efektif untuk menyalurkan informasi, namun dapat membatasi partisipasi aktif dan kesempatan mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Oleh sebab itu, persoalan TK bukan sekadar ketiadaan perangkat digital, melainkan belum digunakannya teknologi sebagai alat kognitif yang memperkaya cara siswa merepresentasikan, memeriksa, dan mendiskusikan gagasan matematika.

Pada ranah pedagogis, guru mampu mengatur kelas dan melaksanakan urutan pembelajaran dengan cukup terarah. Kegiatan awal mencakup pengondisian kelas, salam, doa, pemeriksaan kehadiran, serta penjelasan alur belajar. Selanjutnya, guru memadukan penjelasan langsung, tanya jawab, kerja kelompok, dan presentasi. Guru juga mengatur pembagian kelompok, memantau proses diskusi, membantu siswa yang mengalami hambatan, dan memberikan penguatan verbal terhadap jawaban yang muncul.

Rangkaian tersebut menandakan bahwa Pedagogical Knowledge tampak pada pengelolaan kelas, pemilihan metode, dan pemberian umpan balik. Hal ini sesuai dengan Mishra dan Koehler (2006), yang menempatkan kemampuan memilih

pendekatan serta strategi berdasarkan kebutuhan pembelajaran sebagai bagian dari pengetahuan pedagogis. Meskipun demikian, fasilitasi interaksi antarsiswa belum maksimal. Presentasi kelompok berlangsung lebih sebagai penyampaian hasil daripada forum diskusi, karena kelompok lain belum aktif mengajukan pertanyaan, menanggapi, atau mengkritisi jawaban. Guru dapat memperkuat tahap ini dengan pertanyaan pemantik, meminta perbandingan antarsolusi, atau mengangkat temuan selama diskusi kelompok untuk dibahas bersama.

Dengan demikian, metode yang digunakan telah menyediakan kesempatan bekerja dalam kelompok, tetapi belum sepenuhnya menghasilkan kolaborasi yang dialogis. Interaksi matematis antarsiswa penting karena memberi kesempatan untuk menguji gagasan, mengemukakan alasan, dan memperbaiki pemahaman melalui respons teman. Kemampuan guru mengelola kelas karena itu perlu dilengkapi dengan fasilitasi diskusi yang mengubah presentasi satu arah menjadi pertukaran argumentasi matematis.

Pada komponen Content Knowledge, guru memperlihatkan pemahaman yang memadai terhadap logika matematika. Indikasinya tampak pada urutan penjelasan yang jelas, pemilihan contoh yang sesuai, dan ketepatan respons terhadap pertanyaan siswa. Penyampaian tujuan dan kompetensi pada awal kegiatan turut membantu memperjelas arah pembelajaran. Hasanah et al. (2024) menyatakan bahwa penguasaan konten merupakan prasyarat pengajaran yang efektif karena memungkinkan guru menyajikan konsep secara benar dan relevan. Dalam pengamatan ini, CK terlihat ketika guru menjelaskan konjungsi, disjungsi, implikasi, dan biimplikasi serta mengaitkan contoh dengan aktivitas kelas.

Bukti observasional mengenai CK terutama berasal dari tindakan guru selama menjelaskan materi, memberi contoh, dan menanggapi pertanyaan. Guru juga memberi ruang penerapan konsep melalui tanya jawab, kerja kelompok, dan presentasi. Namun, fokus analisis penelitian berada pada penguasaan konten yang ditampilkan guru, bukan pada pengukuran capaian konseptual siswa. Oleh karena itu, data yang tersedia tidak digunakan untuk menyimpulkan pengaruh CK terhadap hasil belajar atau tingkat pemahaman siswa.

Secara keseluruhan, indikator CK yang diamati telah terpenuhi, yaitu ketepatan penguasaan materi, kejelasan penyampaian konsep, kesesuaian contoh, serta kemampuan meluruskan pertanyaan atau kekeliruan yang muncul selama pembelajaran.

SIMPULAN DAN SARAN

Observasi pembelajaran logika matematika di kelas XI TKJ 3 menunjukkan bahwa TPACK belum diterapkan sebagai satu kesatuan. Kekuatan guru terutama berada pada Pedagogical Knowledge (PK) dan Content Knowledge (CK), yang terlihat dari pengelolaan kegiatan secara terstruktur, penggunaan penjelasan, diskusi kelompok dan presentasi, serta ketepatan dalam menerangkan konsep dan menanggapi pertanyaan. Technological Knowledge (TK) masih terbatas karena perangkat digital hanya digunakan untuk mengirimkan modul ajar dan LKPD, belum untuk membantu representasi materi, interaksi, maupun evaluasi pembelajaran.

Dominasi PK dan CK serta terbatasnya fungsi TK menunjukkan bahwa implementasi TPACK pada kelas tersebut masih parsial. Kehadiran teknologi sebagai sarana distribusi dokumen belum membentuk keterpaduan antara konten, pedagogi, dan teknologi sebagaimana dimaksud dalam kerangka TPACK.

Temuan ini menguatkan karakter TPACK sebagai pengetahuan integratif. Kompetensi pedagogis dan penguasaan materi yang baik belum dengan sendirinya menghasilkan pembelajaran berbasis TPACK apabila teknologi tidak dipilih dan digunakan untuk mendukung tujuan konseptual serta strategi belajar.

Implikasinya, guru perlu mengembangkan penggunaan teknologi yang sesuai dengan karakter logika matematika, misalnya untuk memvisualisasikan relasi nilai kebenaran, memfasilitasi eksplorasi, atau memberikan umpan balik. Pihak sekolah dapat mendukung langkah tersebut melalui pengembangan profesional guru dan penyediaan sarana digital yang dapat diterapkan secara realistis di kelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, R. N., Yusritawati, I., Yanti, R., & Saraswati, L. (2023). Analisis persepsi siswa terhadap pentingnya matematika dalam kehidupan sehari-hari di dua kelas SMAN 1 Cigugur. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, 4(3), 2193–2200. <https://doi.org/10.54373/imeij.v4i3.441>
- Andri, W. D. C., & Agia, Y. (2020). Analisis kesulitan belajar matematika kelas V SD Negeri 25 Rajang Begantung II. *J-PiMat: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(2), 231–241.
- Ansyah, Y. A., Alfianita, A., Syahkira, H. P., & Syahrial, S. (2023). Peran evaluasi pembelajaran pada mata pelajaran matematika kelas V sekolah dasar. *Indiktika: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 6(2), 173–184. <https://doi.org/10.31851/indiktika.v6i2.15030>
- Ariyanti, G., Dian, M., & Indrawati, C. D. (2024). Implementation of TPACK-based learning design on the rotating object concept. *Paedagogia: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 107–120. <https://doi.org/10.24239/pdg.Vol13.Iss1.514>
- Fatimah, A. F. N., In'am, A., & Ummah, S. K. (2024). Identifikasi motivasi belajar matematika siswa SMP Negeri 2 Kota Pasuruan. *Indiktika: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 6(2), 220–231. <https://doi.org/10.31851/indiktika.v6i2.14867>
- Fauzan, H., & Anshari, K. (2024). Studi literatur: Peran pembelajaran matematika dalam pembentukan karakter siswa. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Pendidikan*, 3(1), 163–175. <https://doi.org/10.55606/jurripen.v3i1.2802>
- Hanifah, U., Budayasa, I. K., Sulaiman, R., & Masriyah. (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>
- Hasanah, P., Fahmi, Irhasyurna, Y., & Putri, R. F. (2024). Portrait of pedagogical content knowledge (PCK) of science teachers in global Islamic boarding school material classification of living things. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(7), 3827–3837. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i7.7617>
- Hermansah, I., Nasrulloh, I., & Kartini, A. (2024). Model technological pedagogical content knowledge dalam pembelajaran: Sebuah kajian literatur. *Science: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA*, 4(2), 105–116. <https://doi.org/10.51878/science.v4i2.3037>
- Lalbiakzuali, H., & Mishra, L. (2024). Pre-service teachers' perceptions of technological pedagogical and content knowledge (TPACK). *International*

Journal for Multidisciplinary Research, 6(4).
<https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i04.24575>

- Lukas, S., Müller, W., Huwer, J., Drüke-Noe, C., Koppel, I., Rebholz, S., Stratmann, J., Theilmann, F., & Weitzel, H. (2019). Improving students' TPACK through learning labs: The implementation of IChemLab and STEAM makerspace. In *EDULEARN19 proceedings* (pp. 6718–6726). IATED. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.1611>
- Mardati, A., Maryani, I., & Suyatno, S. (2024). TPACK and its contribution to developing differentiated learning in elementary school. *Profesi Pendidikan Dasar*, 11(1), 50–63. <https://doi.org/10.23917/ppd.v11i1.3336>
- Merrilyn, G. (2015). Learning mathematics in a classroom community of inquiry: Examples from a secondary mathematics classroom. In *Proceedings of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (Vol. 1, pp. 293–299).
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Musdalifa, M., & Dimpudus, A. (2024). Integrasi TPACK (*technological, pedagogical, and content knowledge*) dalam pembelajaran matematika materi bentuk aljabar. *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa dan Matematika*, 2(3), 266–275. <https://doi.org/10.61132/arjuna.v2i3.877>
- Ortiz Colón, A. M., Izquierdo Rus, T., Rodríguez Moreno, J., & Agreda Montoro, M. (2023). TPACK model as a framework for in-service teacher training. *Contemporary Educational Technology*, 15(3), Article ep439. <https://doi.org/10.30935/cedtech/13279>
- Sonsupap, K., Cojorn, K., & Sitti, S. (2024). The effects of teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) on students' scientific competency. *Journal of Education and Learning*, 13(5), 91–101. <https://doi.org/10.5539/jel.v13n5p91>
- Wang, C., Xu, Q., & Fei, W. (2024). The effect of student-perceived teacher support on math anxiety: Chain mediation of teacher–student relationship and math self-efficacy. *Frontiers in Psychology*, 15, Article 1333012.
- Wardani, M., Feronika, T., & Ardianti, D. L. (2024). Analysis of students' critical thinking skills in conventional learning. *LAVOISIER: Chemistry Education Journal*, 3(1), 15–22. <https://doi.org/10.24952/lavoisier.v3i1.11598>
- Yarkwah, C., Kpotosu, C. K., & Gbormittah, D. (2024). Effect of test anxiety on students' academic performance in mathematics at the senior high school level. *Discover Education*, 3, Article 245.