



## **Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) dan Kompetensi Profesional Guru: Pentingnya dalam Pembelajaran Vokasional Otomotif**

**Muhammad Idris Effendi**  
Universitas Negeri Malang  
[idris.tugas@gmail.com](mailto:idris.tugas@gmail.com)<sup>1</sup>

### **ABSTRACT**

This article discusses the concept of TPACK and its relevance in automotive vocational education. TPACK combines knowledge of Content (CK), Pedagogy (PK), and Technology (TK), which is essential for automotive teachers to teach effectively. They need not only to understand the latest automotive technologies such as autonomous vehicles and electric mobility, but also to be able to integrate this knowledge into student learning. Recommendations for teacher development include advanced training in the latest technologies, collaboration with industry, and a teaching program that integrates TPACK. By adopting TPACK, automotive education can improve the quality of their education and produce graduates who are ready to meet the demands of a dynamic global industry. The TPACK integration also strengthens the links between education and industry, ensuring the relevance of curricula to the needs of the labour market.

---

**Keywords:** TPACK, professional competence of teachers, automotive learning

---

### **ABSTRAK**

Artikel ini membahas konsep TPACK dan relevansinya dalam pendidikan vokasional otomotif. TPACK menggabungkan pengetahuan tentang Content (CK), Pedagogy (PK), dan Technology (TK), yang penting bagi guru otomotif untuk mengajar dengan efektif. Mereka perlu tidak hanya memahami teknologi otomotif terkini seperti kendaraan otonom dan mobilitas elektrik, tetapi juga mampu mengintegrasikan pengetahuan ini dalam pembelajaran siswa. Rekomendasi untuk pengembangan guru termasuk pelatihan lanjutan dalam teknologi terbaru, kolaborasi dengan industri, dan program pengajaran yang menggabungkan TPACK. Dengan mengadopsi TPACK, pendidikan otomotif dapat meningkatkan kualitas pendidikan mereka dan menghasilkan lulusan yang siap menghadapi tuntutan industri global yang dinamis. Integrasi TPACK juga memperkuat hubungan antara pendidikan dan industri, memastikan relevansi kurikulum dengan kebutuhan pasar kerja).

---

**Keywords:** TPACK, kompetensi profesional guru, pembelajaran otomotif

---

### **PENDAHULUAN**

Kemajuan teknologi di industri otomotif telah berdampak signifikan pada bidang pendidikan, terutama dalam program teknologi otomotif. Mengintegrasikan konten pembelajaran digital ke dalam kurikulum telah terbukti meningkatkan prestasi kognitif dan psikomotor siswa. (Shafieek, 2024). Integrasi teknologi pendidikan digital ini tidak hanya meningkatkan kesadaran siswa tentang alat-alat digital di industri otomotif tetapi juga telah meningkatkan kompetensi profesional mereka, terutama di bidang seperti elektronik mobil. (Samedov et al., 2020). Studi telah mengeksplorasi relevansi pendidikan, kompetensi, dan jalur karir lulusan teknologi otomotif, memberikan



wawasan berharga untuk desain kurikulum dan pengembangan (Aquino, 2023).

Kemunculan sistem asisten pengemudi canggih dan fungsi kendaraan otonom membutuhkan program pelatihan yang disesuaikan untuk memastikan pengguna dapat mengoperasikan teknologi otomotif kompleks ini secara efisien dan aman. (Murtaza, 2024). Selain itu, pembangunan platform integrasi produksi dan pendidikan, seperti yang berfokus pada manufaktur otomotif cerdas dan inovasi layanan teknis, menunjukkan pergeseran menuju pendekatan pendidikan yang lebih relevan dengan industri dan praktis. ("Exploration on the Construction of Production and Education Integration Platform of Automobile Intelligent Manufacturing and Technical Service Innovation Demonstration Base: Take Sichuan Technology & Business College for Example", 2023). Pendekatan ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan antara pengetahuan teoritis dan keterampilan praktis yang dibutuhkan di sektor otomotif.

Pengembangan aloi aluminium ketahanan tinggi telah merevolusi industri otomotif, memungkinkan produksi komponen kinerja tinggi sambil mengurangi berat dan memperluas kemungkinan desain untuk komponen otomotif yang beroperasi dalam kondisi yang parah (Sisodiaa & Kovácsb, 2021). Selain itu, pengenalan teknologi kendaraan otonom baru telah mempengaruhi tahap desain konsep otomotif, mengoptimalkan proses pengembangan produk lean dan meningkatkan penciptaan nilai secara keseluruhan di industri (Paker, 2022). Kemajuan ini menekankan sifat interdisipliner desain otomotif modern dan kebutuhan untuk program pendidikan untuk beradaptasi dengan teknologi yang berkembang ini.

Perubahan teknologi global, termasuk teknologi informasi generasi baru, kecerdasan buatan, dan energi hijau, telah membentuk kembali industri otomotif, menekankan pengembangan kolaboratif dan terintegrasi di berbagai bidang teknologi. (Li, 2024). Untuk mengatasi tantangan pengembangan tenaga kerja, terutama di bidang seperti teknik mesin dan teknologi otomotif, inovasi berkelanjutan dan pengembangan keterampilan sangat penting. Mengintegrasikan unsur-unsur ideologi dan politik ke dalam pendidikan otomotif bertujuan untuk memupuk generasi baru insinyur yang dilengkapi untuk mendorong pertumbuhan industri otomotif Cina. (Xu et al., 2023).

Karena mobil menjadi semakin terhubung dan otonom, keamanan siber di industri otomotif menjadi prioritas utama. Pendidikan dalam keamanan sistem cyber-fisik, terutama mengenai kendaraan otonom terhubung, sangat penting untuk mengurangi kerentanan dan meningkatkan keamanan sistem secara keseluruhan. (McCall et al., 2021). Field-Programmable Gate Arrays (FPGAs) memainkan peran penting dalam meningkatkan sistem kontrol cerdas otomotif, yang berkontribusi pada peningkatan kinerja dan efisiensi di berbagai aplikasi otomotif. (Liu, 2024). Proses pengembangan lean di industri otomotif telah berkembang dengan integrasi teknologi baru, menekankan



pentingnya tahap verifikasi desain untuk memastikan kualitas dan keandalan produk. (Paker, 2020).

Persyaratan pendidikan di bidang-bidang seperti penerbangan dan teknik otomotif menyoroti kebutuhan kompetensi spesifik yang disesuaikan dengan industri-industri ini, menekankan pentingnya pengetahuan dan keterampilan khusus di bidang ini. (Huhtala, 2023). Elektrifikasi telah muncul sebagai tren dominan dalam mobilitas otomotif, membentuk program pendidikan untuk fokus pada teknologi kendaraan listrik dan solusi transportasi berkelanjutan. (Rieck et al., 2020). Digitalisasi outsourcing logistik telah mempengaruhi perkembangan berkelanjutan industri otomotif, menekankan interkoneksi faktor ekonomi, sosial, dan teknologi dalam pertumbuhan industri. (Chernova et al., 2023).

Fokus industri otomotif pada kompatibilitas elektromagnetik dan analisis sistem berbasis risiko menekankan pentingnya mengatasi tantangan teknologi untuk memastikan keandalan dan kinerja sistem. (Gkatsi et al., 2021). Integrasi teknologi kriptografi komersial dengan teknologi baru seperti 5G dan blockchain menyajikan peluang baru untuk meningkatkan keamanan dan konektivitas di sektor otomotif. (Li, 2024). Pengembangan teknologi kendaraan yang cerdas dan terhubung berarti pergeseran menuju sistem otomotif yang lebih maju, yang membutuhkan pemahaman yang komprehensif tentang standar dan peraturan teknologi fungsi koneksi. (Zhi et al., 2021).

Sensor gambar CMOS HDR memainkan peran penting dalam aplikasi otomotif, terutama dalam meningkatkan kualitas gambar dan rentang dinamis untuk berbagai fungsi otomotif. (Takayanagi & Kuroda, 2022). Hubungan antara Industri 4.0 dan manajemen rantai pasokan hijau di industri otomotif menyoroti pentingnya digitalisasi dan keberlanjutan dalam proses produksi otomotif (Ghadge et al., 2022). Teknologi Immersive secara radikal mengubah proses desain otomotif, menawarkan kemungkinan baru untuk visualisasi desain dan prototipe (Munoz et al., 2022). Servisasi melalui permainan VR yang serius sedang dipelajari untuk meningkatkan pengalaman konsumen di sektor otomotif, memanfaatkan teknologi seperti VR / AR dan kecerdasan buatan (Charissis et al., 2022).

Guru otomotif profesional sangat penting dalam mempersiapkan siswa untuk industri otomotif modern dengan memberikan keterampilan, pengetahuan, dan sikap yang disesuaikan dengan bidang otonom. Penggunaan bahan pengajaran elektronik di sekolah profesi otomotif telah terbukti memiliki dampak positif pada hasil belajar, motivasi siswa, ekspansi pengetahuan, dan peningkatan keterampilan praktis. (Firdaus, 2024). Kolaborasi dengan pemangku kepentingan industri melalui model pelatihan seperti Model Pelatihan Berbasis Kemitraan (PBK) sangat penting dalam meningkatkan kompetensi guru profesional otomotif, memastikan mereka dipersiapkan dengan baik untuk melatih siswa secara efektif. (Sudarsono et al., 2021).



Industri otomotif berkembang pesat, dengan inisiatif seperti proyek Pengembangan dan Penelitian tentang Keterampilan Pendidikan Profesional Inovatif (DRIVES) yang menekankan pentingnya guru profesional yang berkualitas dalam mempersiapkan siswa untuk lanskap industri yang berubah. (Stawiarska et al., 2021). Implementasi model pelatihan industri berdasarkan pembelajaran berbasis kerja untuk guru pra-pekerjaan di bidang teknik otomotif memberikan pengalaman belajar dunia nyata yang sangat penting bagi guru otomotif masa depan. (Suyitno et al., 2022).

Instruktur yang berkualitas sangat penting dalam program pelatihan profesional, terutama di bidang-bidang seperti Kendaraan Otomatis dan Pekerjaan Mekanik, menekankan pentingnya keahlian dan kompetensi dalam memberikan pendidikan profesional yang efektif (Sule, 2024). Pengembangan pengetahuan dan keterampilan yang berkelanjutan, kolaborasi dengan sektor otomotif, dan modernisasi fasilitas pelatihan sangat penting untuk efektivitas program pelatihan profesional ("TrainersViews of Mechanical Engineering (Automotive) StudentsWorkplace Readiness", 2023). Pelatihan elektropneumatik bertindak sebagai jembatan antara guru profesional dan kebutuhan industri, menekankan relevansi praktis pendidikan profesional dalam memenuhi persyaratan industri. (Sunardi, 2023).

Rekrutmen, pelatihan, dan strategi pengembangan adalah kunci untuk menumbuhkan tenaga kerja yang berkualitas di industri otomotif, menekankan peran penting dari guru profesional dalam membentuk tenaga kerja masa depan. (Anika, 2023). Di era Industri 4.0, kesusasteraan guru sekolah menengah profesional yang mengkhususkan diri dalam teknik otomotif sangat penting untuk memastikan pekerja yang memasuki bidang ini dipersiapkan dengan baik. (Anwar & Sudira, 2022). Guru profesional harus memiliki dasar pendidikan dan pengalaman industri profesional untuk secara efektif mendidik siswa. (Zahro, 2019).

Lembaga-lembaga seperti Fakultas Teknik di Semarang State University sangat penting dalam memproduksi calon guru sekolah profesional yang mengkhususkan diri dalam Teknik Otomatis, meningkatkan keterampilan kerja di sektor otomotif. (Hadromi et al., 2021). Aplikasi analisis data besar dalam manajemen hierarki dalam industri otomotif mencerminkan transformasi digital yang mempengaruhi berbagai aspek sektor otomotif, menekankan pentingnya pendidik tetap up-to-date pada kemajuan teknologi (Wang, 2022). Pembelajaran berbasis kerja melalui magang industri sangat penting bagi siswa untuk memperoleh keterampilan yang dibutuhkan oleh industri otomotif, menekankan peran guru profesional dalam memfasilitasi kesempatan belajar pengalaman. (Sutiman et al., 2022).

Perguruan tinggi industri modern sangat penting untuk membangun sistem pendidikan profesional yang kuat dan menumbuhkan staf yang sangat terampil untuk memenuhi tuntutan industri. (Yan, 2024). Mengintegrasikan elemen teknologi tinggi dalam pendidikan profesional, terutama di spesialisasi pengujian dan pemeliharaan otomotif, meningkatkan kualitas pendidikan dan



menyesuaikan kurikulum dengan persyaratan industri (Wang & Zhang, 2023). Kolaborasi antara sekolah dan tempat kerja sangat penting untuk pendidikan profesional yang relevan, membutuhkan perjanjian formal, dialog antara guru dan profesional industri, dan perencanaan bersama untuk mempersiapkan siswa untuk tenaga kerja. (Hiim, 2022).

Guru profesional terlibat dalam metode pembelajaran formal dan informal untuk tetap up-to-date dengan teknologi yang muncul dan proses kerja modern, menekankan sifat dinamis pendidikan profesional dan kebutuhan untuk pengembangan profesional yang berkelanjutan (Njenga, 2023). Metode instruksi inovatif seperti video instruksi berbasis pertanyaan (QBIV) dalam program teknik otomotif meningkatkan hasil belajar siswa, menekankan pentingnya pendekatan pengajaran inovatif dalam pendidikan profesional (Widjanarko, 2024). Menyesuaikan sekolah-sekolah profesional berdasarkan kebutuhan industri sangat penting untuk menghasilkan lulusan yang dapat berkontribusi secara efektif pada tenaga kerja, menekankan peran pendidikan profesional dalam menangani tuntutan industri. (Mahmudah & Santosa, 2021).

Pengetahuan Konten Pedagogi Teknologi (TPACK) adalah kerangka kerja yang menekankan pengetahuan dan keterampilan penting yang dibutuhkan oleh guru untuk secara efektif mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik pengajaran mereka. (Busono et al., 2021). Kerangka kerja ini menggabungkan tiga bentuk utama pengetahuan: pengetahuan teknologi (TK), pengetahuan pedagogis (PK), dan pengetahuan konten (CK). (Sierra et al., 2023). TK mengacu pada memahami alat-alat digital dan aplikasi mereka, PK melibatkan pengetahuan tentang strategi dan metode pengajaran, dan CK berkaitan dengan keahlian subjek. (Sierra et al., 2023). TPACK sangat penting bagi para guru karena memungkinkan mereka untuk merancang, menerapkan, dan mengevaluasi kegiatan belajar yang menggabungkan teknologi dengan cara yang berarti. (Busono et al., 2021).

Integrasi TPACK meningkatkan kompetensi profesional guru dengan membekali mereka dengan keterampilan yang diperlukan untuk menavigasi kompleksitas sistem pendidikan modern (Safriana et al., 2023). Dengan menggabungkan teknologi, pedagogi, dan pengetahuan konten, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan efektif untuk siswa mereka. (Busono et al., 2021). TPACK memberdayakan guru untuk beradaptasi dengan lingkungan belajar yang beragam dan memenuhi kebutuhan individu siswa melalui metode pengajaran yang inovatif (Irdalisa, 2022). Pendekatan komprehensif ini untuk mengajar mempromosikan pemahaman yang lebih dalam tentang subjek sambil memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan proses belajar. (Aksin, 2023).

Penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti manajemen kurikulum dan infrastruktur memainkan peran penting dalam membentuk kompetensi TPACK guru. (Awaluddin, 2022). Desain kurikulum yang efektif dan akses ke sumber daya yang tepat dapat berdampak positif pada



bagaimana guru mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik pengajaran mereka. (Awaluddin, 2022). Selain itu, kerangka kerja TPACK berfungsi sebagai panduan bagi para guru dalam mengembangkan rencana pelajaran yang menggabungkan teknologi dengan cara yang meningkatkan hasil belajar siswa. (Widodo, 2023). Dengan menyesuaikan pengetahuan teknologi, pedagogis, dan konten, guru dapat menciptakan pelajaran yang dinamis dan interaktif yang memenuhi gaya belajar yang beragam. (Irdalisa et al., 2020).

Selain itu, TPACK tidak statis tetapi berkembang seiring dengan para guru memperoleh pengalaman dan terlibat dalam kegiatan pengembangan profesional. (Sierra et al., 2023). Melalui refleksi terus-menerus dan perbaikan kompetensi TPACK mereka, guru dapat beradaptasi dengan perubahan lanskap pendidikan dan teknologi yang muncul. (Sierra et al., 2023). Perkembangan terus-menerus TPACK sangat penting untuk memastikan bahwa guru tetap efektif dan kompeten dalam peran mereka. (Ismail et al., 2022). Dengan terus mengikuti kemajuan teknologi dan praktik terbaik pedagogis, guru dapat terus meningkatkan kompetensi profesional mereka. (Ismail et al., 2022).

Selain itu, TPACK terkait erat dengan sikap guru terhadap teknologi dan kemampuan mereka untuk mengintegrasikannya secara efektif ke dalam praktik pengajaran mereka. (Yulisman et al., 2019). Guru yang menunjukkan sikap positif terhadap teknologi lebih cenderung memanfaatkannya dengan cara yang meningkatkan pengalaman belajar siswa. (Yulisman et al., 2019). Dengan mempromosikan pola pikir positif terhadap integrasi teknologi, guru dapat memanfaatkan potensi penuh TPACK untuk menciptakan lingkungan belajar yang menarik dan interaktif. (Yulisman et al., 2019). Ini menyoroti pentingnya tidak hanya memiliki pengetahuan TPACK tetapi juga memiliki keinginan untuk menerapkannya dalam pengaturan pendidikan. (Yulisman et al., 2019).

Pengetahuan Konten Pedagogi Teknologi (TPACK) memainkan peran penting dalam meningkatkan kompetensi profesional guru dengan membekali mereka dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk mengintegrasikan teknologi secara efektif ke dalam praktik pengajaran mereka. Dengan menggabungkan pengetahuan teknologi, pedagogis, dan konten, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan inovatif yang memenuhi kebutuhan siswa yang beragam. Faktor-faktor seperti manajemen kurikulum, infrastruktur, dan sikap guru terhadap teknologi mempengaruhi pengembangan dan penerapan TPACK. Perkembangan profesional yang berkelanjutan dan sikap positif terhadap teknologi sangat penting bagi para guru untuk memaksimalkan manfaat TPACK di kelas.

Tujuan penulisan artikel ini adalah untuk menjelaskan konsep TPACK dan pentingnya dalam pembelajaran vokasional otomotif, mengidentifikasi kompetensi profesional yang harus dimiliki oleh guru vokasional otomotif untuk menerapkan TPACK dengan baik, serta memberikan rekomendasi untuk



pengembangan profesional guru vokasional otomotif terkait dengan penerapan TPACK dalam praktik mengajar mereka.

## PEMBAHASAN

Pada bagian pembahsan ini, dibahas kajian – kajian terhadap masalah serta solusinya dan diintegrasikan ke dalam kumpulan pengetahuan dan teori yang telah mapan, dan menyusun teori baru atau memodifikasi teori yang ada. Kutipan ahli diperlukan dalam bab ini. Dianjurkan untuk memberi sub – sub judul untuk masing-masing temuan penelitian. Agar menghindari penggunaan tabel dan lebih mengutamakan penulisan dalam bentuk deskriptif.

Kerangka Pengetahuan Konten Pedagogi Teknologi (TPACK) adalah model yang menekankan integrasi teknologi, pedagogi, dan pengetahuan konten dalam pengaturan pendidikan. (Mudrikah et al., 2021). Kerangka kerja ini diperluas lebih lanjut dalam konteks pendidikan profesional untuk mencakup Teknologi, Andragogi, Kerja, dan Pengetahuan Konten (TAWOCK) (Arifin et al., 2020). Model TAWOCK sangat relevan dalam pendidikan profesional karena berfokus pada kebutuhan spesifik siswa profesional dan integrasi pengetahuan yang terkait dengan pekerjaan ke dalam praktik pengajaran. Dengan menggabungkan andragogy, yang merupakan metode dan praktik mengajar siswa dewasa, model TAWOCK meningkatkan efektivitas pendidikan profesional dengan memenuhi karakteristik dan persyaratan unik siswa dewasa dalam pengaturan professional (Arifin et al., 2020).

Dalam bidang pendidikan profesional, kerangka kerja TPACK memainkan peran penting dalam membimbing instruktur tentang cara mengintegrasikan teknologi secara efektif ke dalam praktik pengajaran mereka. Penelitian telah menunjukkan bahwa instruktur pendidikan profesional yang menerapkan prinsip TPACK lebih siap untuk mengintegrasikan teknologi dengan lancar ke dalam metode pengajaran mereka, sehingga meningkatkan pengalaman belajar bagi siswa. Selain itu, kerangka kerja TPACK menyediakan pendekatan terstruktur bagi guru profesional untuk mengembangkan kompetensi profesional mereka dengan menggabungkan pengetahuan teknologi, pedagogis, dan konten dalam praktik pengajaran mereka (Nepembe, 2023).

Dalam konteks khusus pendidikan profesional otomotif, kompetensi guru sangat penting dalam memastikan bahwa siswa menerima pelatihan berkualitas tinggi yang selaras dengan standar industri. (Sudarsono et al., 2021). Guru-guru profesi otomotif diminta untuk memiliki serangkaian keterampilan dan pengetahuan yang beragam, mulai dari keahlian teknis dalam sistem automotif hingga keterampilan pedagogis dalam memberikan instruksi yang efektif (Sudarsono et al., 2021). Model Penilaian Kompetensi Profesional (PCA) telah dikembangkan untuk menilai kompetensi profesional guru otomotif, berfokus pada bidang-bidang tertentu seperti sistem suntikan



pengaturan mesin. (Nurtanto et al., 2020). Model ini bertujuan untuk memastikan bahwa guru profesional otomotif memenuhi standar dan kualifikasi yang diperlukan untuk memberikan instruksi yang komprehensif dan up-to-date kepada siswa. (Nurtanto et al., 2020).

Selain itu, implementasi model seperti model Pelatihan Berbasis Kemitraan (PBK) dan model Pembelajaran Industri telah terbukti meningkatkan kompetensi guru profesi otomotif. (Suyitno et al., 2022). Model-model ini menekankan kolaborasi dengan mitra industri, pengalaman praktis untuk guru, dan pembelajaran berbasis kerja untuk guru pra-pekerjaan, yang semuanya berkontribusi pada pengembangan profesional pendidik profesi otomotif. (Suyitno et al., 2022). Dengan terlibat dalam praktik industri dunia nyata dan tetap up-to-date dengan kemajuan teknologi di bidang otomotif, guru dapat meningkatkan kompetensi profesional mereka dan memberikan siswa dengan pengetahuan yang relevan dan praktis. (Suyitno et al., 2022).

Selain keterampilan teknis, guru profesional di bidang otomotif juga diperlukan untuk memiliki kompetensi pedagogis dan profesional yang penting untuk pengajaran yang efektif (Wahyuni & Sugihartini, 2021). Kompetensi ini meliputi kemampuan untuk menyampaikan mata pelajaran profesional secara efektif, menyesuaikan metode pengajaran untuk kebutuhan pembelajaran profesional, dan menggunakan teknologi untuk meningkatkan praktik pengajaran. (Wahyuni & Sugihartini, 2021). Dengan terus meningkatkan kompetensi mereka melalui strategi seperti Subject-Teacher Deliberation (MGMP), guru profesional dapat tetap up to date dengan tren pendidikan dan praktik terbaik dalam pendidikan profesional. (Aryani, 2023). Pengembangan profesional yang berkelanjutan ini sangat penting untuk memastikan bahwa guru profesional tetap efektif dan kompeten dalam peran mereka. (Aryani, 2023).

Selain itu, konsep identitas profesional penting bagi guru profesional di bidang otomotif, karena mencakup tidak hanya keterampilan teknis tetapi juga kemampuan untuk mengintegrasikan teknologi, memahami kebutuhan industri, dan terlibat dalam pembelajaran berkelanjutan. (Nurtanto et al., 2022). Guru profesional perlu mengembangkan identitas profesional yang kuat yang mencerminkan komitmen mereka untuk keunggulan, kemampuan beradaptasi dengan perubahan tuntutan industri, dan dedikasi untuk kesuksesan siswa (Nurtanto et al., 2022). Dengan memperoleh pengalaman praktis di dunia bisnis dan industri, guru profesional dapat memperkuat identitas profesional mereka dan meningkatkan efektivitas mereka dalam mempersiapkan siswa untuk karir di bidang otomotif. (Nurtanto et al., 2022).

### ***Implementasi TPACK dalam Pembelajaran Vokasional Otomotif***

Guru profesi otomotif memainkan peran penting dalam mempersiapkan siswa untuk karir di industri otomotif. Mengintegrasikan Pengetahuan Konten Pedagogi Teknologi (TPACK) ke dalam desain pengajaran mereka dapat secara signifikan meningkatkan kualitas pendidikan





yang diberikan. TPACK adalah kerangka kerja yang menggabungkan pengetahuan teknologi, pengetahuan pedagogis, dan pengetahuan konten untuk menciptakan pengalaman belajar yang efektif. (Pradita et al., 2023). Dengan mengintegrasikan TPACK ke dalam praktik pengajaran mereka, guru profesi otomotif dapat memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan pendekatan pedagogis mereka dan meningkatkan hasil belajar siswa. (Istiningsih, 2022).

Salah satu cara yang efektif bagi guru profesi otomotif untuk mengintegrasikan TPACK ke dalam desain pembelajaran mereka adalah melalui penggunaan bahan pengajaran elektronik. Penelitian telah menunjukkan bahwa implementasi materi pengajaran elektronik di sekolah-sekolah profesi otomotif dapat memiliki dampak positif pada pembelajaran dengan meningkatkan motivasi siswa, memperluas pengetahuan, dan meningkatkan keterampilan praktis di bidang automotif. (Firdaus, 2024). Dengan menggunakan sumber daya elektronik yang selaras dengan kerangka kerja TPACK, guru dapat menciptakan pengalaman belajar yang menarik dan interaktif yang memenuhi kebutuhan siswa modern.

Strategi lain yang dapat digunakan oleh guru profesi otomotif untuk mengintegrasikan TPACK adalah melalui penggunaan video instruksional berbasis pertanyaan (QBIV). Studi telah menunjukkan efektivitas QBIV dalam meningkatkan pengalaman belajar bagi siswa teknik otomotif (Widjanarko, 2024). Dengan memasukkan QBIV ke dalam praktik pengajaran mereka, guru dapat memberikan siswa dengan kesempatan belajar visual dan interaktif yang mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan pengetahuan konten sesuai dengan kerangka kerja TPACK.

Selain itu, pengembangan program pendidikan TPACK yang disesuaikan dengan pendidikan profesi otomotif juga dapat bermanfaat. Program ini dapat membantu guru pra-pekerjaan meningkatkan keahlian pengajaran mereka dengan memasukkan prinsip TPACK ke dalam perencanaan dan pengiriman pelajaran mereka. (Kim, 2024). Dengan berpartisipasi dalam program pendidikan yang berfokus pada TPACK, guru profesi otomotif dapat memperoleh keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk secara efektif mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik pengajaran mereka.

Meskipun banyak peluang yang ditawarkan oleh integrasi TPACK ke dalam pembelajaran profesional otomotif, ada juga tantangan yang mungkin dihadapi para guru. Salah satu tantangan adalah ketahanan terhadap perubahan dan kurangnya keahlian teknologi di antara beberapa pendidik. (Raphael, 2024). Implementasi TPACK mengharuskan guru untuk beradaptasi dengan metode dan teknologi pengajaran baru, yang dapat menakutkan bagi mereka yang tidak akrab dengan mengintegrasikan teknologi ke dalam pedagogi mereka.

Selain itu, ketersediaan sumber daya dan dukungan untuk integrasi TPACK di sekolah profesi otomotif juga dapat menjadi tantangan. Guru



mungkin berjuang untuk mengakses alat dan pelatihan yang diperlukan untuk secara efektif menerapkan TPACK di ruang kelas mereka. (Suyitno et al., 2022). Tanpa dukungan dan sumber daya yang memadai, dapat menjadi tantangan bagi para guru untuk sepenuhnya memanfaatkan manfaat TPACK dalam pendidikan profesi otomotif.

### ***Peran Kompetensi Profesional Guru dalam Implementasi TPACK***

Pengembangan profesional yang berkelanjutan sangat penting untuk meningkatkan Pengetahuan Pedagogi Konten Teknologi (TPACK) para guru kejuruan otomotif. Integrasi TPACK menjadi krusial bagi pendidik untuk efektif menggunakan teknologi dalam mengajar dan meningkatkan hasil belajar siswa (Nepembe, 2023). Dengan terus-menerus memperbarui keterampilan dan pengetahuan melalui program pengembangan profesional, guru dapat tetap mengikuti perkembangan teknologi dan strategi pedagogis yang relevan dengan industri otomotif (Mulyadi dkk., 2017). Hal ini terutama penting dalam pendidikan kejuruan, di mana penyesuaian kurikulum dengan kebutuhan industri sangat vital untuk menghasilkan lulusan yang kompeten (Sudarsono dkk., 2021).

Penelitian menunjukkan bahwa penerapan model pelatihan berbasis kemitraan di sekolah-sekolah kejuruan dapat memberikan berbagai manfaat, seperti penyesuaian kurikulum dengan persyaratan industri dan memastikan bahwa lulusan memiliki kompetensi yang dibutuhkan oleh para pemberi kerja (Sudarsono dkk., 2021). Melalui inisiatif pengembangan profesional yang berkelanjutan, guru-guru kejuruan otomotif dapat bermitra dengan praktisi industri untuk meningkatkan pemahaman mereka tentang tren dan teknologi terkini dalam sektor otomotif, sehingga meningkatkan TPACK mereka (Sudarsono dkk., 2021). Selain itu, implementasi bahan ajar elektronik telah diidentifikasi sebagai strategi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah-sekolah kejuruan otomotif (Firdaus, 2024). Dengan mengintegrasikan bahan-bahan tersebut dalam praktik pengajaran mereka, guru dapat efektif mengintegrasikan teknologi dalam kelas, sehingga memperkuat TPACK mereka.

Selanjutnya, efektivitas program pengembangan profesional, seperti model magang industri berbasis pembelajaran berbasis kerja, telah disorot dalam peningkatan skor pengetahuan calon guru kejuruan di bidang teknik otomotif (Suyitno dkk., 2022). Hal ini menunjukkan pentingnya pengalaman praktis dalam inisiatif pengembangan profesional bagi guru kejuruan, karena memungkinkan mereka memperoleh keterampilan dan pengetahuan yang relevan dengan industri yang sangat diperlukan untuk meningkatkan TPACK mereka (Suyitno dkk., 2022). Selain itu, model Teknologi Andragogi Kerja Konten Pengetahuan (TAWOCK) telah diusulkan sebagai kerangka kerja ideal untuk mengembangkan kedalaman dalam pendidikan kejuruan, yang menekankan pentingnya mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan pengetahuan konten dalam praktik pengajaran (Arifin dkk., 2020).



Dalam konteks pendidikan kejuruan, kerangka TPACK sangat penting untuk membekali guru dengan keterampilan yang diperlukan untuk mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam proses pembelajaran (Arifin dkk., 2020). Program pengembangan profesional berkelanjutan yang disesuaikan dengan kebutuhan guru kejuruan dapat meningkatkan kompetensi TPACK mereka, memungkinkan mereka untuk menyesuaikan diri dengan tuntutan yang terus berkembang dari industri otomotif dan memberikan pendidikan berkualitas tinggi kepada siswa (Mulyadi dkk., 2017). Selain itu, peran TPACK dalam mempromosikan pembelajaran berbasis inkuiri telah ditekankan, yang menyoroti pentingnya pelatihan khusus dan peningkatan profesional berkelanjutan untuk mengembangkan keterampilan TPACK di kalangan pendidik (Teknowijoyo, 2024).

Selanjutnya, pengembangan platform pembelajaran online telah diidentifikasi sebagai strategi untuk meningkatkan model TPACK dan mengatasi kebutuhan khusus guru dalam memberikan pendidikan online (Chansanam dkk., 2021). Dengan menggabungkan unsur-unsur pedagogi, konten, teknologi, dan profil pembelajar ke dalam platform pembelajaran online, guru kejuruan dapat meningkatkan kompetensi TPACK mereka dan memberikan instruksi online yang menarik dan efektif. Selain itu, kerangka TPACK telah disesuaikan untuk guru pendidikan dan pelatihan kejuruan (VET), yang menekankan pentingnya mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran untuk memenuhi tuntutan tenaga kerja abad ke-21 (Torggler dkk., 2023).

Secara kesimpulan, pengembangan profesional yang berkelanjutan sangat penting bagi guru kejuruan otomotif untuk meningkatkan TPACK mereka dan mengintegrasikan teknologi secara efektif dalam praktik pengajaran mereka. Dengan terlibat dalam model pelatihan berbasis kemitraan, menerapkan bahan ajar elektronik, berpartisipasi dalam magang industri, dan mengadopsi kerangka TAWOCK, guru dapat meningkatkan kompetensi mereka dan menyesuaikan keterampilan mereka dengan kebutuhan industri. Program pengembangan profesional berkelanjutan yang disesuaikan dengan kebutuhan khusus guru kejuruan dapat memainkan peran penting dalam meningkatkan kompetensi TPACK mereka dan menjamin pendidikan berkualitas tinggi dalam sektor otomotif.

Untuk meningkatkan Pengetahuan Konten Pedagogi Teknologi (TPACK) guru profesi otomotif, berbagai program pengembangan profesional dapat diimplementasikan berdasarkan temuan penelitian dari sumber yang terkemuka. Salah satu pendekatan yang efektif adalah Model Pelatihan Berbasis Kemitraan (PBK), seperti ditekankan oleh (Sudarsono et al., 2021). Model ini menekankan kolaborasi antara sekolah profesi otomotif dan industri, memastikan bahwa kurikulum disesuaikan dengan kebutuhan industri, kompetensi lulusan sesuai dengan persyaratan industri, fasilitas belajar tetap mengikuti kemajuan teknologi, dan guru menerima wawasan dari praktisi industri. (Sudarsono et al., 2021).



Selain itu, studi oleh Suyitno et al. (2022) menekankan pentingnya Model Pembelajaran Industri yang didasarkan pada Pembelajaran Berbasis Pekerjaan untuk guru pra-pekerjaan di bidang teknik otomotif. Model ini berfokus pada memberikan pengalaman praktis dalam pengaturan industri otentik, memungkinkan guru untuk mengembangkan keterampilan praktis dan pengetahuan khusus industri yang dapat berkontribusi secara signifikan pada peningkatan TPACK mereka. (Suyitno et al., 2022).

Selain itu, penelitian oleh Kim & Lee (2018) menekankan pentingnya pengembangan terpadu di TPACK melalui Program Pendidikan TPACK-P. Program ini menekankan pengembangan holistik TPACK guru dengan mengintegrasikan strategi pedagogis, pengetahuan konten, dan alat teknologi (Kim & Lee, 2018). Studi oleh Wang (2019) memperkenalkan konsep Visualization-Based Peer-Feedback Report untuk meningkatkan pengembangan TPACK guru. Dengan menyediakan ringkasan visual dari umpan balik rekan-rekan yang dihasilkan dari studi pelajaran, guru dapat memperoleh wawasan berharga tentang praktik pengajaran mereka dan area untuk perbaikan yang terkait dengan TPACK (Wang, 2019).

Selain itu, penelitian oleh Nurhadi et al. (2019) menyoroti penggunaan TPACK untuk memetakan keterampilan mengajar dan belajar bagi calon guru sekolah menengah profesional di Indonesia. Dengan mengidentifikasi tujuh elemen penting dari TPACK untuk calon guru, pendidik dapat menyesuaikan program pengembangan profesional yang ditujukan khusus untuk meningkatkan komponen kunci ini. (Nurhadi et al., 2019).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Artikel ini menggambarkan pentingnya Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) dalam konteks pendidikan vokasional otomotif. TPACK merupakan kerangka kerja yang mengintegrasikan pengetahuan teknologi, pedagogis, dan konten untuk meningkatkan praktik pengajaran guru. Guru vokasional otomotif perlu memiliki keterampilan teknis, pedagogis, dan profesional yang kuat untuk menghasilkan siswa yang siap kerja di industri otomotif yang dinamis dan berkembang pesat. Berbagai studi menunjukkan bahwa integrasi TPACK dalam pendidikan vokasional otomotif meningkatkan pengalaman belajar siswa dengan memanfaatkan teknologi secara efektif. Guru yang menerapkan TPACK dapat menciptakan lingkungan belajar yang dinamis, interaktif, dan relevan dengan kebutuhan industri. Selain itu, pengembangan profesional berkelanjutan dan identitas profesional yang kuat juga penting bagi guru vokasional otomotif untuk tetap up-to-date dengan perkembangan industri dan teknologi. Rekomendasi untuk pengembangan profesional guru vokasional otomotif meliputi pelatihan terus-menerus dalam TPACK, kolaborasi dengan industri, dan penerapan model pembelajaran berbasis kerja. Ini semua bertujuan untuk meningkatkan kualitas pendidikan vokasional otomotif dan mempersiapkan siswa dengan keterampilan yang relevan dan praktis untuk sukses di pasar kerja otomotif global yang kompetitif



## DAFTAR RUJUKAN

- Aksin, A. (2023). Examining the factors related to the technological pedagogical and content knowledge levels of preservice social studies teachers. *Sage Open*, 13(4). <https://doi.org/10.1177/21582440231208557>
- Anika, A. (2023). Factor influencing recruitment of training and development in automobile industry.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3793823/v1>
- Anwar, C. and Sudira, P. (2022). Literacy of vocational high school teachers majoring in automotive light vehicle engineering the need for essential skills in the industrial revolution 4.0. *Journal of Education Technology*, 6(4), 625-633. <https://doi.org/10.23887/jet.v6i4.46580>
- Aquino, J. (2023). Educational relevance, competencies, and career paths: a tracer study of automotive technology graduates towards curriculum design. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 13(3), 1057-1073. <https://doi.org/10.23960/jpp.v13.i3.202313>
- Arifin, Z., Nurtanto, M., Kholifah, N., Nurhaji, S., & Warju, W. (2020). The technology andragogy work content knowledge model framework on technical and vocational education and training. *Journal of Education and Learning (Edulearn)*, 14(3), 442-448. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v14i3.15946>
- Aryani, R. (2023). Strategies to increase the competence and professionalism of vocational high school teachers. *Edumaspul - Jurnal Pendidikan*, 7(2), 6046-6052. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v7i2.7586>
- Awaluddin, A. (2022). Relevansi manajemen kurikulum dan sarana prasarana terhadap kemampuan technological pedagogical content knowledge (tpack) guru abad 21 di madrasah aliyah. *Dirasat Jurnal Manajemen Dan Pendidikan Islam*, 8(2), 171-182. <https://doi.org/10.26594/dirasat.v8i2.2837>
- Busono, R., Mardiana, R., & Dwidayati, K. (2021). Understanding level of technology pedagogy and content knowledge (tpack) students of architectural engineering education study program. *Journal of Architectural Research and Education*, 3(1), 59-66. <https://doi.org/10.17509/jare.v3i1.30656>
- Chansanam, W., Tuamsuk, K., Poonpon, K., & Ngootip, T. (2021). Development of online learning platform for thai university students. *International Journal of Information and Education Technology*, 11(8), 348-355. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.8.1534>
- Charissis, V., Khan, M., & Harrison, D. (2022). Servitization through vr serious games: from manufacturing to consumer electronics., 545-555. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-22131-6\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-031-22131-6_40)
- Chernova, O., Li, L., & Wang, X. (2023). Role of digitalization of logistics outsourcing in sustainable development of automotive industry in china.



- R-Economy, 9(2), 123-139.  
<https://doi.org/10.15826/recon.2023.9.2.008>
- Firdaus, H. (2024). Improving learning quality through the implementation of electronic teaching materials. *Journal of Education and Learning (Edulearn)*, 18(3), 727-733.  
<https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i3.21362>
- Ghadge, A., Mogale, D., Bourlakis, M., Maiyar, L., & Moradlou, H. (2022). Link between industry 4.0 and green supply chain management: evidence from the automotive industry. *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108303. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108303>
- Gkatsi, V., Vogt-Ardatjew, R., & Leferink, F. (2021). Risk-based emc system analysis platform of automotive environments. <https://doi.org/10.1109/emc/si/pi/emceurope52599.2021.9559385>
- Hadromi, H., Sudarman, S., Yudiono, H., Budiman, F., Majid, M., & Permana, K. (2021). The learning strategy based on scientific approach to strengthen the employability skill of teacher candidates. *International Journal of Instruction*, 14(2), 551-570.  
<https://doi.org/10.29333/iji.2021.14231a>
- Hiim, H. (2022). How can collaboration between schools and workplaces contribute to relevant vocational education?. *Vocations and Learning*, 16(1), 1-21. <https://doi.org/10.1007/s12186-022-09300-z>
- Huhtala, M. (2023). Educational requirements for aviation and automotive engineering. *U Porto Journal of Engineering*, 9(1), 160-176.  
[https://doi.org/10.24840/2183-6493\\_009-001\\_001396](https://doi.org/10.24840/2183-6493_009-001_001396)
- Irdalisa, I. (2022). Technological pedagogical content knowledge: ability prospective teachers biology education department in jakarta indonesia. *International Journal of Educational Research Review*, 7(2), 114-123. <https://doi.org/10.24331/ijere.1050594>
- Irdalisa, I., Paidi, P., & Djukri, D. (2020). Implementation of technology-based guided inquiry to improve tpack among prospective biology teachers. *International Journal of Instruction*, 13(2), 33-44.  
<https://doi.org/10.29333/iji.2020.1323a>
- Irfan, A. and Fitri, Z. (2023). Science teachers perceptions of technological pedagogical content knowledge (tpack) in urban area. *Proceedings of Malikussaleh International Conference on Multidisciplinary Studies (Micoms)*, 3, 00067. <https://doi.org/10.29103/micoms.v3i.232>
- Ismail, I., Muhammad, M., & Bahtiar, B. (2022). Profile of technological pedagogical and content knowledge (tpack) middle school teachers in sekarbela district, mataram city. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 8(1), 56-61. <https://doi.org/10.29303/jpft.v8i1.3594>
- Istiningsih, I. (2022). Impact of ict integration on the development of vocational high school teacher tpack in the digital age 4.0.. *World Journal on Educational Technology Current Issues*, 14(1), 103-116.  
<https://doi.org/10.18844/wjet.v14i1.6642>

- Kim, S. (2024). Development of a tpack educational program to enhance pre-service teachers' teaching expertise in artificial intelligence convergence education. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 14(1), 1-9. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.14.1.19552>
- Kim, S. and Lee, Y. (2018). Development and application of the tpack-education program for pre-service teachers' tpack. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(3.34), 654. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.34.19408>
- Li, X. (2024). Construction and application of investment value model for hydrogen and fuel cell industries based on clustering algorithm.. <https://doi.org/10.4108/eai.17-11-2023.2342712>
- Li, Y. (2024). Accelerate the promotion and application of commercial cryptography technology in the automotive industry. *Frontiers in Business Economics and Management*, 14(3), 249-254. <https://doi.org/10.54097/1wt51486>
- Liu, D. (2024). The efficient application analysis of fpga in automotive intelligent control. *Applied and Computational Engineering*, 54(1), 57-63. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/54/20241261>
- Mahmudah, F. and Santosa, B. (2021). Vocational school alignment based-on industry needs. *Journal of Vocational Education Studies*, 4(1), 36. <https://doi.org/10.12928/joves.v4i1.3611>
- McCall, S., Yücel, Ç., & Katos, V. (2021). Education in cyber physical systems security: the case of connected autonomous vehicles.. <https://doi.org/10.1109/educon46332.2021.9454086>
- Mudrikah, S., Santoso, J., & Astuti, D. (2021). Exploring the technological pedagogical and content knowledge (tpack) of vocational high school's accounting teachers.. <https://doi.org/10.4108/eai.22-7-2020.2307933>
- Mulyadi, Y., Sumarto, S., & Maknun, J. (2017). Continuing professional development a vocational education teacher in west java. *Innovation of Vocational Technology Education*, 13(1). <https://doi.org/10.17509/invotec.v13i1.6261>
- Munoz, J., Baha, E., & Muratovski, G. (2022). Radically innovating the automotive design process with immersive technologies.. <https://doi.org/10.35199/epde.2022.15>
- Murtaza, M. (2024). Assessing training methods for advanced driver assistance systems and autonomous vehicle functions: impact on user mental models and performance. *Applied Sciences*, 14(6), 2348. <https://doi.org/10.3390/app14062348>
- Nepembe, V. (2023). Instructors' perspectives of tpack in a vocational training classroom in namibia. *Journal of Vocational Adult and Continuing Education and Training*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.14426/jovacet.v6i1.315>



- Njenga, M. (2023). How do vocational teachers learn? formal and informal learning by vocational teachers in kenya. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 10(1), 24-45. <https://doi.org/10.13152/ijrvet.10.1.2>
- Nurhadi, D., Purwaningsih, E., Masjkur, K., & Lyau, N. (2019). Using tpack to map teaching and learning skills for vocational high school teacher candidates in indonesia.. <https://doi.org/10.2991/ictvet-18.2019.9>
- Nurtanto, M., Arifin, Z., Sofyan, H., Warju, W., & Nurhaji, S. (2020). Development of model for professional competency assessment (pca) in vocational education: study of the engine tune-up injection system assessment scheme. *Journal of Technical Education and Training*, 12(2). <https://doi.org/10.30880/jtet.2020.12.02.004>
- Nurtanto, M., Sudira, P., Sofyan, H., Kholifah, N., & Triyanto, T. (2022). Professional identity of vocational teachers in the 21st century in indonesia. *Journal of Engineering Education Transformations*, 35(3), 30-36. <https://doi.org/10.16920/jeet/2022/v35i3/22085>
- Paker, F. (2020). The “static” and “dynamic” design verification stages of the lean development process: automotive industry. *World Journal of Engineering and Technology*, 08(01), 74-91. <https://doi.org/10.4236/wjet.2020.81008>
- Paker, F. (2022). New autonomous vehicle technologies effect on automotive concept design stages. *World Journal of Engineering and Technology*, 10(04), 738-760. <https://doi.org/10.4236/wjet.2022.104048>
- Pradita, L., Mardiana, W., & Mustpa, D. (2023). Pre-service efl teachers' experience in integrating tpack during teaching practice program. *Uc Journal Elt Linguistics and Literature Journal*, 4(1), 51-63. <https://doi.org/10.24071/uc.v4i1.5613>
- Raphael, C. (2024). Understanding teachers' technological and pedagogical knowledge at the university of dar es salaam in the new normal era: situating teaching in the tpack framework. *University of Dar Es Salaam Library Journal*, 18(2). <https://doi.org/10.4314/udslj.v18i2.11>
- Rieck, F., Machielse, K., & Duin, R. (2020). Will automotive be the future of mobility? striving for six zeros. *World Electric Vehicle Journal*, 11(1), 10. <https://doi.org/10.3390/wevj11010010>
- Samedov, M., Deryagin, A., Sahabiev, I., Pahuta, M., Rebenok, V., & Zakirova, N. (2020). Implementation of digital educational technologies in the field of automotive electronics in higher education institution. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(9), 2484. <https://doi.org/10.37624/ijert/13.9.2020.2484-2490>
- Shafieek, M. (2024). Digital learning content in automotive technology program towards student cognition in tvet: a partial experiment. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 38(2), 142-152. <https://doi.org/10.37934/araset.38.2.142152>





- Sierra, Á., Iglesias, J., Cabero-Almenara, J., & Palacios-Rodríguez, A. (2023). Development of the teacher's technological pedagogical content knowledge (tpack) from the lesson study: a systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1078913>
- Sisodiaa, S. and Kovácsb, J. (2021). Comparative haz softening analysis of three different automotive aluminium alloys by physical simulation. *Zavarivanje I Zavarene Konstrukcije*, 66(1), 23-38. <https://doi.org/10.5937/zzk2101023p>
- Stawiarska, E., Szwajca, D., Matusek, M., & Wolniak, R. (2021). Diagnosis of the maturity level of implementing industry 4.0 solutions in selected functional areas of management of automotive companies in poland. *Sustainability*, 13(9), 4867. <https://doi.org/10.3390/su13094867>
- Sudarsono, B., Santosa, B., & Sofyan, H. (2021). Improving the competency of automotive vocational teachers with partnership-based training model (pbk). *JTP - Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(3), 200-208. <https://doi.org/10.21009/jtp.v22i3.18690>
- Sule, S. (2024). Exploring the efficacy of vocational training programs in motor vehicle and mechanic works trade: a case study of science and technical colleges in northeast nigeria. *International. J. of. Educ. Manag. Technol.*, 2(1), 63-80. <https://doi.org/10.58578/ijemt.v2i1.2859>
- Sunardi, S. (2023). Electropneumatic training to improve the professional competence of muhammadiyah vocational teachers: industrial revolution 4.0 implementation. *iccs*, 1(1), 97-105. <https://doi.org/10.18196/iccs.v1i1.7>
- Sutiman, S., Sofyan, H., Arifin, Z., Nurtanto, M., & Mutohhari, F. (2022). Industry and education practitioners' perceptions regarding the implementation of work-based learning through industrial internship (wbl-ii). *International Journal of Information and Education Technology*, 12(10), 1090-1097. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.10.1725>
- Suyitno, S., Kamin, Y., Jatmoko, D., Nurtanto, M., & Sunjayanto, E. (2022). Industrial apprenticeship model based on work-based learning for pre-service teachers in automotive engineering. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.865064>
- Takayanagi, I. and Kuroda, R. (2022). Hdr cmos image sensors for automotive applications. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 69(6), 2815-2823. <https://doi.org/10.1109/ted.2022.3164370>
- Teknowijoyo, F. (2024). Exploring the role of tpack in promoting inquiry-based learning in 21. *Kne Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i2.14925>
- Torggler, C., Miesera, S., & Nerdel, C. (2023). From tpack to n-tpack framework for vocational education and training with a focus on nutritional science and home economics. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 10(2), 168-190. <https://doi.org/10.13152/ijrvet.10.2.2>



- Wahyuni, D. and Sugihartini, N. (2021). The core competencies of vocational high school teachers in 21st century learning.. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210407.243>
- Wang, A. (2019). Effects of a visualization-based peer-feedback report on teachers' technological, pedagogical, and content knowledge development in lesson study.. <https://doi.org/10.3102/1437547>
- Wang, H. (2022). The application of big data analysis in the hierarchical management of automobile customers., 1770-1774. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-036-7\\_264](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-036-7_264)
- Wang, Y. and Zhang, Y. (2023). Research on the integrated education mode of high-tech integration in automobile inspection and maintenance specialty. *Journal of Education Humanities and Social Sciences*, 12, 298-304. <https://doi.org/10.54097/ehss.v12i.7655>
- Widjanarko, D. (2024). Effectiveness of question-based instructional video (qbiv) for an automotive engineering study program. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (Ijet)*, 19(03), 56-66. <https://doi.org/10.3991/ijet.v19i03.47785>
- Widodo, N. (2023). Analysis of technological pedagogical content knowledge of elementary school lesson plans., 1585-1591. [https://doi.org/10.2991/978-2-38476-086-2\\_126](https://doi.org/10.2991/978-2-38476-086-2_126)
- Xu, S., Wang, X., & Ma, L. (2023). A brief analysis of introducing curriculum ideological and political elements into "mapping practice of auto parts". *International Journal for Innovation Education and Research*, 11(1), 1-7. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol11.iss1.4041>
- Yan, Y. (2024). Research on quality evaluation of talent cultivation in modern industrial colleges based on cipp model evaluation of talent cultivation by cipp. *Journal of Education and Educational Research*, 7(2), 243-247. <https://doi.org/10.54097/yx4yn371>
- Yulisman, H., Widodo, A., Riandi, R., & Nurina, C. (2019). Moderated effect of teachers' attitudes to the contribution of technology competencies on tpack. *Jpbi (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 5(2), 185-196. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v5i2.7818>
- Zahro, S. (2019). Head-to-head comparison between indonesia and taiwan to provide professional vocational teachers in fashion education. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 25(2), 177-186. <https://doi.org/10.21831/jptk.v25i2.26773>
- Zhi, P., Zhao, R., Zhou, H., Zhou, Y., Ling, N., & Zhou, Q. (2021). Analysis on the development status of intelligent and connected vehicle test site. *Intelligent and Converged Networks*, 2(4), 320-333. <https://doi.org/10.23919/icn.2021.0023>