

**Analisis Kemampuan *TPACK* Terintegrasi *STEM* Calon Guru SD
Pembelajaran IPA dalam Menumbuhkan Nilai *Edusciencepreneur***

***Analysis of STEM Integrated TPACK Ability Prospective Elementary Teachers
for Science Learning in Growing Edusciencepreneur Values***

Winda Purnama Sari^{1✉}, Iful Rahmawati Mega²

^{1,2} Pendidikan Guru Sekolah Dasar Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung, Indonesia

¹winda.purnamasari@unmuhbabel.ac.id

²iful.rahmawatimega@unmuhbabel.ac.id



DOI: 10.35438/cendekiawan.v5i1.295

Article Info

Historical Articles

Submitted: 2022-09-21

Revised: 2023-06-06

Issued: 2023-06-26

Keywords: *TPACK, STEM, Edusciencepreneur, Natural science*

Kata kunci: *TPACK, STEM, Edusciencepreneur, IPA*

Abstract

The aim of the research is to explore the ability of prospective educators to master technology through STEM integrated TPACK skills in the natural science field to increase the value of integrated edusciencepreneur. This step is to prepare prospective teachers to face the development of science and technology in the world of education during the transition period of the industrial revolution from 4.0 to 5.0. This research is a survey research with a quantitative approach, with the research subjects being students of the even semester PGSD Study Program for the academic year 2021/2022. The sampling technique used was cluster sampling. Collecting data using a questionnaire with a likert scale and portfolio of students or prospective teachers, student journals, and several other documents related to research. The data analysis technique used SEM through AMOS and descriptive analysis. The results of the analysis show that prospective elementary school teachers have implemented STEM-integrated TPACK in science learning 56%–75% have been carried out. The results of comparison of GOF with GOFI through SEM are categorized as fit and marginal, but the regression weight does not show a significant effect between the STEM-integrated TPACK variable on the value of integrated edusciencepreneur.

Abstrak

Penelitian bertujuan mengeksplorasi kemampuan calon pendidik dalam penguasaan teknologi melalui keterampilan *TPACK* terintegrasi *STEM* bidang *natural science* untuk menumbuhkan nilai *Edusciencepreneur* secara terintegrasi. Hal ini untuk menyiapkan calon guru dalam menghadapi perkembangan IPTEKS dalam dunia pendidikan masa transisi revolusi industri 4.0 ke 5.0 yang identik dengan peradaban manusia dan teknologi digital tanpa menghilangkan jati diri manusia sesungguhnya. Pentingnya penanaman nilai-nilai *edusciencepreneur* melalui bidang pendidikan untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kreatif, bekerja kooperatif, mengambil risiko dan menangani ketidakpastian yang dihadapi. Penelitian ini merupakan penelitian survey dengan pendekatan kuantitatif. Subjek penelitian mahasiswa Prodi PGSD semester genap tahun akademik 2021/2022. Teknik pengambilan sampel menggunakan *cluster sampling*. Pengumpulan data menggunakan kuesioner dengan skala *likert* dan dokumentasi yang terdiri atas hasil portofolio penugasan mahasiswa, jurnal mahasiswa serta beberapa dokumen lain terkait penelitian. Teknik analisis data menggunakan *Structural Equation Modeling (SEM)* melalui AMOS dan analisis deskriptif. Hasil Analisis menunjukkan calon guru SD telah mengimplementasikan *TPACK* terintegrasi *STEM* dalam upaya menumbuhkan nilai *edusciencepreneur* pada pembelajaran IPA telah terlaksana 56%-75%. Hasil analisis *SEM* melalui AMOS melalui perbandingan *GOF* dengan *GOFI* berkategori fit dan marginal, namun *regression weight* tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara variabel *TPACK* terintegrasi *STEM* terhadap nilai *edusciencepreneur* secara terintegrasi.



1. PENDAHULUAN

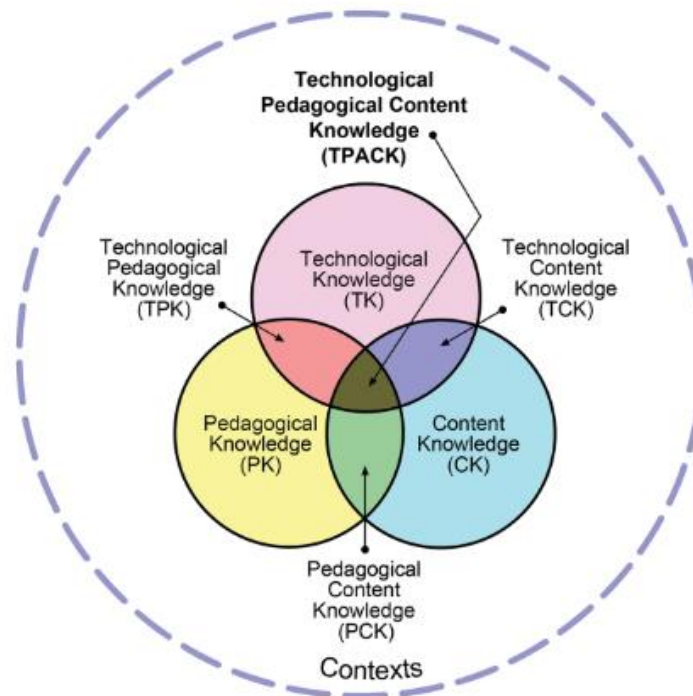
Tingginya arus perkembangan IPTEKS di masa Revolusi Industri 4.0 yang merupakan era revolusi digital berupa *cyber physical* dan *Internet of Things (IoT)* ditunjukkan dengan ketergantungan masyarakat terhadap teknologi (Rahayu, 2020). Kehadiran Revolusi Industri 5.0 identik dengan sinergi peradaban manusia dan teknologi digital tanpa menghilangkan jati diri manusia sesungguhnya. Bidang pendidikan dan pembelajaran merupakan salah satu aspek bidang yang perlu adaptif dalam menghadapi perubahan global, sehingga tantangan ke depannya adalah pendidikan berhasil menyediakan calon guru yang memiliki keterampilan dalam mengelola pembelajaran melalui pemanfaatan berbagai sumber teknologi (Rukmana & Handayani, 2020). Pembelajaran pasca pandemi Covid-19 mampu mengembangkan kompetensi pedagogi pendidik secara langsung maupun tidak langsung dalam mengakselerasi keterampilan berpikir dan menghasilkan produk inovasi untuk memfasilitasi mahasiswa belajar melalui perkembangan teknologi (Winda Purnama Sari & Aprilliandari, 2021).

Berdasarkan hasil analisis terhadap SKL di tingkat Pendidikan Tinggi yang tercantum pada PP No. 4 Tahun 2022 diketahui bahwa lulusan harus memiliki pengetahuan, keterampilan, kemandirian dan sikap untuk menemukan, mengembangkan, serta menerapkan IPTEKS yang bermanfaat bagi kemanusiaan. Sehingga, kurikulum yang dikembangkan harus relevan dengan tuntutan pembangunan daerah dan nasional, tuntutan dunia kerja dan dinamika perkembangan global (Standar Nasional Pendidikan, 2022). Hal ini menyebabkan peran mendasar pendidikan tinggi adalah membekali mahasiswa dengan mengembangkan kompetensi yang dibutuhkannya agar dapat bermanfaat di masyarakat. Salah satu yang relevan dengan kebutuhan kecakapan hidup abad ke-21 adalah melalui keterampilan berpikir kreatif. Keterampilan berpikir kreatif dapat membantu mahasiswa untuk beradaptasi dengan dunia yang terus berubah dan untuk menjawab tantangan lokal maupun global membutuhkan *out of the box mindset* serta diintegrasikan dengan pemanfaatan *ICT* (OECD, 2021). Berdasarkan hasil analisis dari *PISA 2021 ICT Framework* pentingnya *ICT* untuk diintegrasikan dalam proses pembelajaran adalah untuk mengembangkan keterampilan pedagogi pendidik dan mengembangkan kognitif pelajar melalui kompetensi digital literasi (OECD, 2019).

Kehadiran Kurikulum 2022 atau kurikulum prototype merelevansikan antara kurikulum dengan perubahan teknologi, sosial dan lingkungan yang terjadi secara global. Sehingga perlunya mempersiapkan calon pendidik dengan keterampilan *TPACK*. *TPACK* merupakan integrasi dari *Technology Knowledge (TK)*, *Content Knowledge (CK)*, *Pedagogy Knowledge (PK)*, *Pedagogy Content Knowledge (PCK)*, *Technology Pedagogy Knowledge (TPK)* and *Technology Content Knowledge (TCK)*. Kerangka ini menstimulasi calon guru untuk membuat keputusan untuk memilih, mengadaptasi, dan menerapkan materi yang sesuai, pedagogi dan teknologi. Keberhasilan pembelajaran dengan menggunakan *TPACK* sangat berkaitan erat dengan kualifikasi pendidik dengan pengalaman mengajarnya (Akhwani, 2020; Antony et al., 2019; Rahayu, 2020). Penggunaan *TPACK* dijadikan evaluasi efektivitas untuk mempersiapkan guru dalam mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran (Kaplon-Schilis & Lyublinskaya, 2020).

Kerangka *TPACK* digunakan untuk mengetahui pemahaman calon guru tentang teknologi dalam pendidikan untuk menghasilkan pengajaran yang efektif dengan teknologi dan interaksi antara domain teknologi dengan kompetensi pedagogi dan pengetahuan terhadap konten dari materi pembelajaran (Cahyani et al., 2021). *TPACK* dapat meningkatkan efikasi calon guru IPA, matematika dan IPS secara signifikan dan dapat diintegrasikan antara kemampuan calon guru untuk memanfaatkan teknologi dengan kemampuan pedagogi dalam menjelaskan materi pembelajaran yang dipelajari (Tokmak et al., 2012). Implementasi *TPACK* dalam proses pembelajaran membutuhkan keterampilan dalam proses penyampaiannya, sehingga perlunya menstimulasi calon guru agar siap dalam mengimplementasikan di sekolah nantinya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Putri, et al (2021) diketahui bahwa guru biologi mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan *TPACK* untuk

mengajar pada materi klasifikasi makhluk hidup terkait taksonomi numerik. Hal ini dikarenakan guru belum terbiasa mengimplementasi pembelajaran yang berbasis integrasi untuk beberapa bidang (Putri et al., 2020). Didukung penelitian yang dilaksanakan oleh Pusparini, et al (2017) bahwa implementasi *TPACK* khususnya pada aspek (*TPK*) lebih baik dibandingkan dengan (*PCK*). Hal ini berimplikasi pada program pendidikan guru untuk menjadi guru profesional maka diperlukan untuk pengembangan dan implementasi tersebut agar dapat mendukung pembelajaran abad 21 serta adaptif terhadap tantangan (Pusparini et al., 2017). Kerangka *TPACK* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Kerangka *TPACK* dalam pembelajaran (Kaplon-Schilis & Lyublinskaya, 2020)

Implementasi keterampilan *TPACK* dipengaruhi oleh kesiapan dan pengalaman pendidik yang profesional dan inovatif. Salah satu upaya untuk menghasilkan pendidik yang adaptif, profesional, kreatif dan inovatif adalah dengan menyiapkan para calon pendidik untuk dibekali beberapa keterampilan khusus. *TPACK* berpotensi untuk mewujudkan tujuan pendidikan nasional dan dapat dijadikan alternative untuk peningkatan kualitas pendidikan di Indonesia (Suyamto et al., 2020) serta dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas bagi calon guru untuk mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran (Kaplon-Schilis & Lyublinskaya, 2020). Implementasi pembelajaran dengan menggunakan *TPACK* diawali dengan menyiapkan perangkat pembelajaran yang memenuhi aspek *TPACK* baik dari RPP maupun perangkat pendukung pembelajaran lainnya seperti LKS dalam bentuk *flip page ebook*, dan yang lainnya (Mairisiska et al., 2014). *TPACK* dapat dijadikan cara untuk mewujudkan pendidikan yang bersifat *Sustainable Development Goals (SDGs)* atau yang dikenal dengan *Education for Sustainable Development (ESD)* khususnya untuk melatih calon guru profesional melalui integrasi beberapa keterampilan tersebut (Novidsa et al., 2021).

Optimalisasi keterampilan *TPACK* terintegrasi *STEM* berpotensi untuk berkontribusi dalam kehidupan nyata dan akan berdampak pada perekonomian global suatu Negara. Umumnya, pembelajaran dilakukan secara berkelompok untuk beraktivitas proyek, sehingga mampu merealisasi dan memperoleh kepuasan ilmiah melalui proses kontrol, mengoperasikan proyek serta evaluasi (Anikarnisia & Wilujeng, 2020). Integrasi *STEM* dapat dijadikan penunjang pembelajaran untuk

mengembangkan keterampilan dasar profesional guru secara berkelanjutan dalam proses pembelajaran (Dhurumraj et al., 2020). Revolusi industri 4.0 dimensi *STEM* relevan dengan perkembangan sains dan lingkungan belajar yang berperan sebagai cara yang menarik dalam pembelajaran yang terintegrasi (Abdurrahman et al., 2020). Pentingnya pengetahuan bagi calon guru terkait intergarasi *Science Technology Engineering and Mathematic (STEM)* agar setelah lulus calon guru memiliki keterampilan literasi *STEM* yang berarti mampu mendefinisikan, menggunakan dan mengintegrasikan konsep *STEM* dalam memahami permasalahan yang kompleks sehingga membutuhkan penyelesaian yang efektif dan inovatif (O. F. Nugroho et al., 2019).

Pembelajaran *STEM* dijadikan landasan visi pendidikan dalam meningkatkan pengetahuan serta keterampilan siswa untuk menjadi *problem solving* dalam kehidupan nyata (Saeng-Xuto, 2019). *STEM* dapat untuk diterapkan dari tingkat dasar/anak-anak hingga tingkat dewasa namun hal tersebut dsangat tergantung dari kompetensi guru dalam mengemas pembelajarannya (Reffiane et al., 2020). Eksplorasi terhadap *STEM* dapat mengubah praktik pedagogis sebagai bahan integral dan transisi ke pengajaran dan pembelajaran *online* dalam menanggapi Covid-19. Implikasi untuk memperluas jalur pendidikan melalui *STEM* dalam bidang pendidikan dan pengajaran melalui berbagai *platform* virtual dan pengembangan profesional guru yang berkelanjutan pada integrasi teknologi dalam pengajaran dan pembelajaran (Dhurumraj et al., 2020). Salah satu contoh dari pengembangan bidang pendidikan yang dapat berdampak luas ke bidang ekonomi kreatif adalah dari hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Dewi Ratnasari, et al (2022) terkait *GLOWOOD* yang merupakan produk hiasan dan souvenir dari limbah kayu mebel yang memiliki nilai ekonomi di masyarakat (Ratnasari et al., 2022).

Pembelajaran *STEM* menstimulasi munculnya keterampilan untuk melaksanakan “*DIY*” atau yang dikenal dengan *Do it Yourself* yaitu budaya untuk mendorong siswa dalam membangun, memodifikasi, memperbaiki dan membuat benda-benda melalui tangan mereka sendiri. Hal ini membutuhkan kesiapan guru dalam mengimplementasikan dan mengintegrasikan beberapa bidang dalam mendukung proses tersebut yaitu melalui *TPACK* (Silva et al., 2020) yang dapat digunakan untuk meningkatkan kemampuan *digital literacy* melalui pengukuran *PISA* digunakan untuk pemantauan dan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan dalam bidang pendidikan yang menekankan kualitas dan pemerataan hasil pembelajaran baik untuk anak-anak, remaja dan dewasa (OECD, 2018) dan untuk menyiapkan Bangka Belitung yang dijadikan sampel *PISA* tahun 2022 dengan mengukur substansi *PISA* antara lain literasi matematika, literasi membaca, literasi sains dan kreativitas (Domain Inovasi *PISA* 2022) sehingga diperlukan keterampilan pendidik khususnya calon guru untuk menghadapi dan menjawab beberapa tantangan global.

Relevansi penanaman nilai kewirausahaan dengan pendidikan berkaitan dengan penanaman keterampilan berpikir kreatif, bekerja kooperatif, mengambil risiko dan menangani ketidakpastian yang dihadapi. Hal ini membutuhkan pola pikir yang fundamental bahwa kewirusahaan dimulai dari pendidikan yang berjalan melalui penelitian hingga dapat mengarah ke bidang *financial literacy* sesuai pada *PISA Framework 2022* (OECD, 2015). Tujuan penelitian untuk mengeksplorasi kemampuan calon pendidik dalam penguasaan teknologi melalui keterampilan *TPACK* terintegrasi *STEM* bidang *natural science* untuk menumbuhkan nilai *Edusciencepreneur* secara terintegrasi. Pentingnya penelitian ini dilaksanakan karena hasilnya dapat dijadikan dasar untuk mendukung profil lulusan sebagai tenaga pendidik profesional dengan mengembangkan keterampilan dirinya menjadi adaptif dalam setiap perubahan yang terjadi, seperti perubahan Kurikulum, perkembangan tingkat pengukuran *PISA 2022* dan siap menjadi *to be job creator* sehingga lulusan siap menjadi *Edusciencepreneur*.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode survey dengan tujuan untuk mengeksplorasi kemampuan calon pendidik dalam penguasaan teknologi melalui keterampilan *TPACK* terintegrasi *STEM* bidang *natural science* (IPA) untuk menumbuhkan nilai

Edusciencepreneur secara terintegrasi. Penelitian survey merupakan penelitian yang datanya dihimpun dengan cara *self report*, artinya pihak yang diteliti diminta untuk melaporkan data tentang hal-hal yang ada pada diri responden melalui instrumen yang telah diuji validitas secara *face validity* dan validitas secara empiris melalui *pearson correlation* dan reliabilitas dengan *cronbach's alpha*. Penelitian survey lebih memfokuskan pada pembelajaran tentang populasi bukan pada variabel terkait atau memprediksi hasil (Creswell, 2012). Mata kuliah yang digunakan sebagai pengukuran dalam bidang IPA berkaitan dengan materi dan pembelajaran IPA.

Tempat penelitian dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung dan akan dilaksanakan untuk pengumpulan data pada bulan Januari – September 2022. Subjek penelitian adalah mahasiswa Prodi PGSD semester genap tahun akademik 2021/2022. Pengambilan sampel penelitian dilakukan dengan cara *cluster sampling*. Pengumpulan data menggunakan kuesioner dengan skala *likert* dan dokumentasi yang terdiri atas hasil portofolio penugasan mahasiswa atau calon guru, jurnal mahasiswa serta beberapa dokumen lain terkait penelitian. Teknik analisis data menggunakan *Structural Equation Modeling (SEM)* melalui AMOS dan analisis deskriptif.

3. HASIL PENELITIAN

Hasil Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Instrumen kuesioner yang digunakan untuk mengumpulkan data telah diuji secara *face validity* dengan meninjau berdasarkan pandangan ahli dalam keilmuan IPA dan ahli dalam evaluasi serta bahasa. Hasil validasi oleh ahli diperkuat dari hasil validitas secara empiris dengan membandingkan skor perolehan dari kelompok-kelompok yang telah diketahui melalui *pearson correlation* berbantuan SPSS Versi 22.0. Uji validitas empiris melibatkan 56 mahasiswa PGSD semester IV dengan jumlah item pernyataan sebanyak 60 item. Hasil uji validitas tersebut menunjukkan bahwa dari 60 item terdapat 55 item valid dan 5 item tidak valid. Pengambilan keputusan dapat dilihat dari $r_{hitung} > r_{tabel}$ (0,259) atau nilai sig. < 0,05 maka item valid, sehingga instrumen yang digunakan untuk pengukuran terdiri atas 55 pernyataan. Selanjutnya, dilakukan uji reliabilitas dengan menggunakan *cronbach's alpha* diketahui bahwa reliabilitas instrumen sangat reliabel (0,928) yang berarti akan memberikan hasil yang sama selama berkali-kali pengulangan pengukuran (Subali, 2016). Hasil reliabilitas dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:

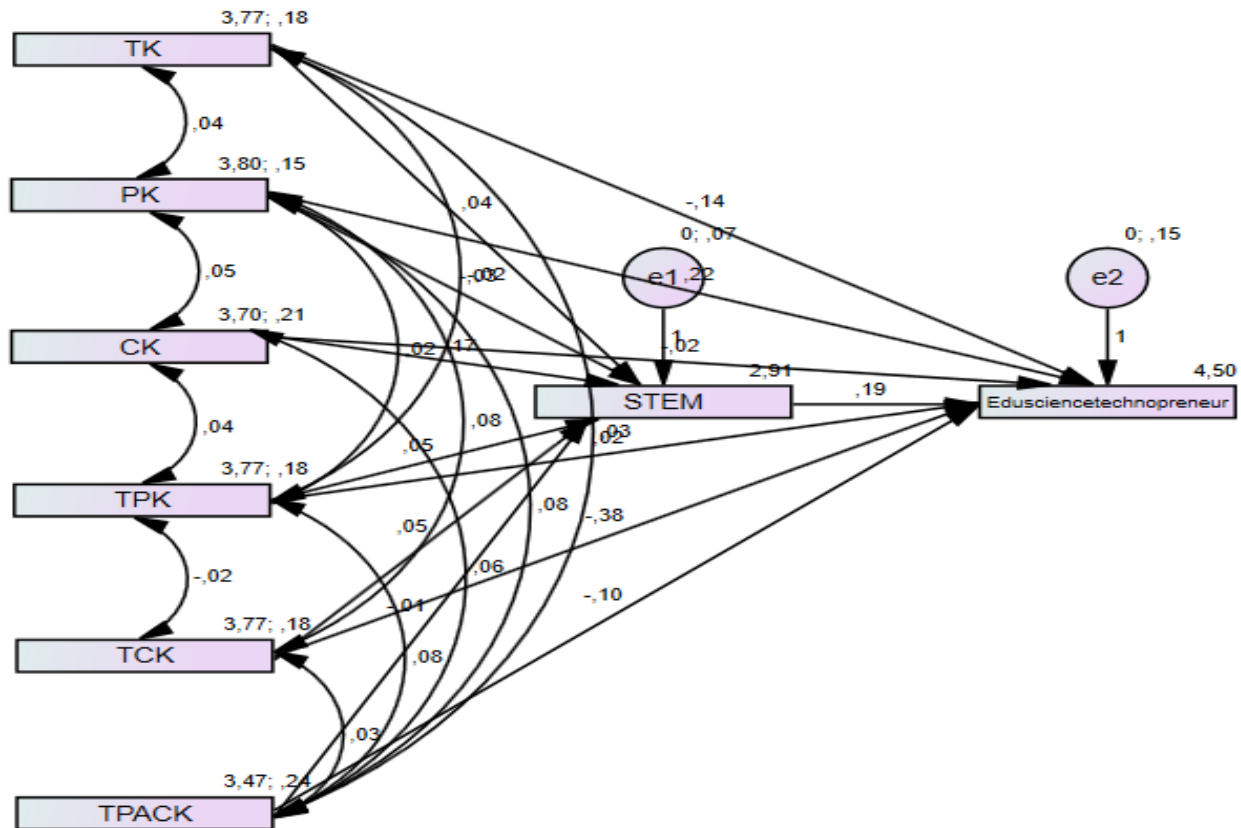
Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.928	60

Gambar 2. Hasil uji reliabilitas

Hasil Analisis Data

Pengujian kecocokan model secara keseluruhan dengan membandingkan hasil kriteria *Goodness of Fit (GOF)* dengan *Goodness of Fit Index (GOFI)* melalui *Structural Equation Modeling (SEM)*. Pengujian ini secara serentak untuk menguji model hubungan antara variabel (*path analysis*) dan mendapatkan model yang bermanfaat untuk prediksi (model struktural dan analisis regresi). Berdasarkan hasil uji analisis telah dilakukan dua kali modifikasi model karena belum mencapai *cut-off value*. Modifikasi dilakukan karena justifikasi secara teoritis terdapat hubungan antar variabel. Skema diagram hubungan antara variabel *TK, PK, CK, TPK, TCK* dan *TPACK* terintegrasi *STEM* dengan *Edusciencepreneur* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3. Diagram model struktural

Hasil uji perbandingan antara hasil kriteria *Goodness of Fit (GOF)* dengan *Goodness of Fit Index (GOFI)* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Perbandingan hasil kriteria *GOF* dengan *GOFI*

<i>Goodness of fit index</i>	<i>Cut-off value</i>	Hasil	Kesimpulan
Chi-Square	<12.59	12.53	Marginal
Sig. probabilitas	≥0.05	0.05	Marginal
df	≥0	6	Fit
CMIN/DF	≤2.00	2.00	Marginal
GFI	≥0.90	0.91	Marginal
AGFI	≥0.90	0.91	Marginal
CFI	≥0.90	1.00	Fit
TLI/NNFI	≥0.90	5.64	Fit
NFI	≥0.90	1.14	Fit
IFI	≤0.90	0.81	Fit
RMSEA	≤0.08	0.05	Fit
RMR	≤0.05	0.03	Fit

Berdasarkan hasil analisis yang tersaji pada Tabel 1 diketahui bahwa seluruh perbandingan kriteria *GOF* dengan *GOFI* diketahui bahwa uji *GOF* terdapat lima kategori marginal yang artinya hasil mendekati batas *cut-off value* dan sembilan berkategori fit. Seluruh item yang diuji prasyarat telah

memenuhi kriteria ketetapan, sehingga dilanjutkan pada tahapan mencari model persamaan struktur dan pengujian hipotesis yang dihasilkan dari uji kausalitas (*regression weight*) tersaji pada Tabel 2 berikut:

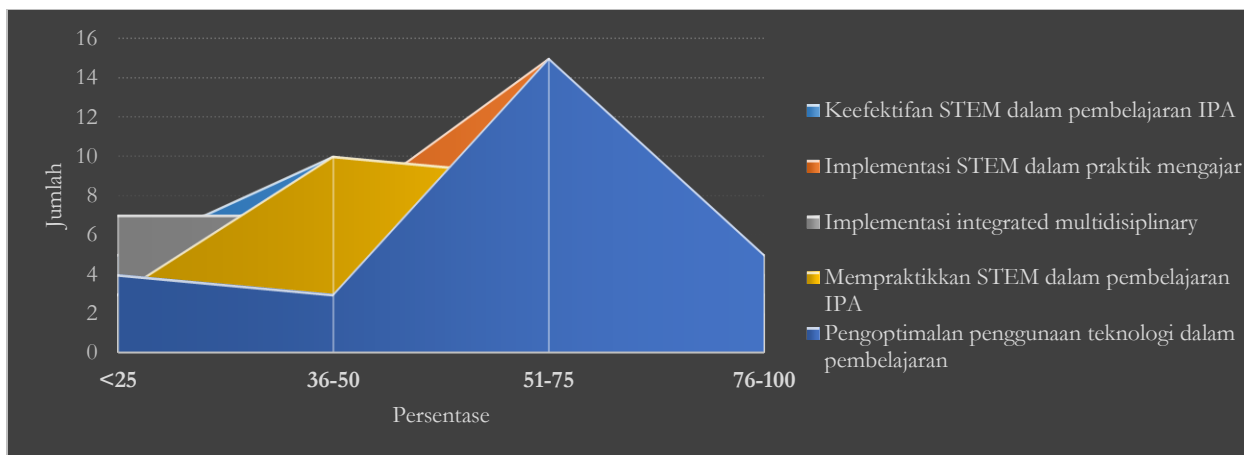
Tabel 2. Hasil uji *regression weight*

			C.R.	P
STEM	<---	TK	,362	,717
STEM	<---	PK	-,239	,811
STEM	<---	CK	1,501	,133
STEM	<---	TPK	,391	,696
STEM	<---	TCK	,437	,662
STEM	<---	TPACK	-,123	,902
Edusciencepreneur	<---	STEM	,684	,494
Edusciencepreneur	<---	TK	-,768	,443
Edusciencepreneur	<---	PK	1,014	,310
Edusciencepreneur	<---	CK	-,104	,917
Edusciencepreneur	<---	TPK	,095	,925
Edusciencepreneur	<---	TCK	-2,204	,028
Edusciencepreneur	<---	TPACK	-,574	,566

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa tidak terdapat pengaruh antara variabel *TPACK* terintegrasi *STEM* terhadap nilai *edusciencepreneur* secara terintegrasi. Hasil yang tersaji pada Tabel 2 dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu 1) responden yang dijadikan dalam sampel penelitian sangat sedikit sehingga asumsi sampel tidak terpenuhi; 2) data tidak berdistribusi normal karena probabilitas sig. <0,05 dan tidak memenuhi uji asumsi linearitas; serta 3) hasil evaluasi perbandingan kriteria *GOF* dengan *GOFI* terdapat beberapa aspek yang nilainya termasuk dalam marginal atau batas akhir *cut off value* (Waluyo, 2016).

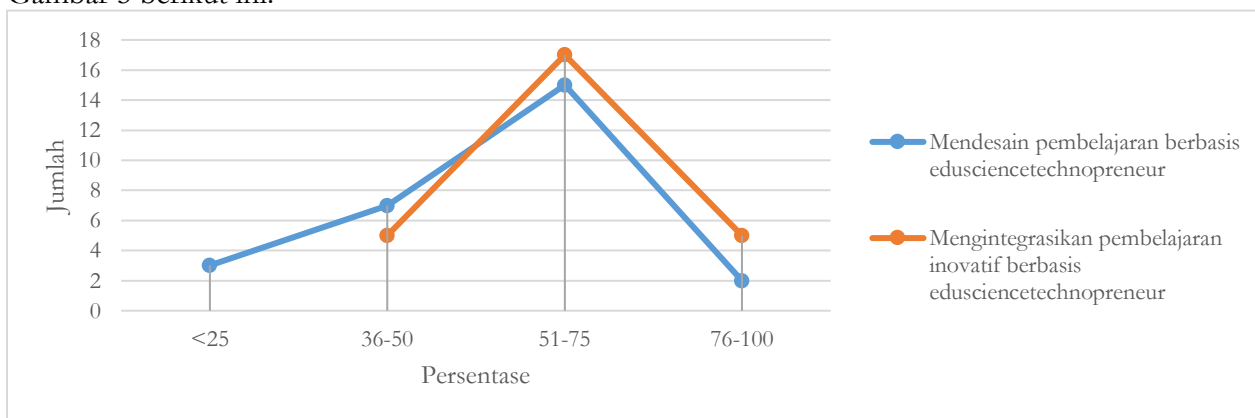
Hasil Analisis Deskriptif

Berdasarkan hasil analisis terhadap kemampuan mahasiswa mempraktikkan dan mengintegrasikan *STEM* dalam pembelajaran IPA secara umum telah mencapai persentase 57%-75% dalam berbagai bentuk kegiatan. Kegiatan tersebut dilaksanakan secara integrative dengan menggabungkan beberapa bidang keilmuan dan memanfaatkan teknologi. Berdasarkan hasil observasi diketahui media yang paling banyak digunakan oleh mahasiswa dalam mempraktikkan adalah *Ms. Office Power Point* yang telah dimodifikasi dalam bentuk *Interactive Power Point*. Selain itu, terdapat mahasiswa menggunakan video animasi, *Quizizz* dan *flipbook* hingga *Phet Colorado* sebagai media praktikum IPA secara virtual. Secara umum, hasil analisis dari *self report* yang diisi oleh mahasiswa melalui kusioner tersaji pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Hasil analisis deskriptif

Ditinjau dari hasil analisis pada Gambar 4 di atas diketahui bahwa mahasiswa telah menerapkan *STEM* dalam pembelajaran namun dengan persentase yang variatif. Secara detail diketahui bahwa 16% mahasiswa menjustifikasi dirinya baru mengimplementasikan *STEM* dengan persentase <25%, 27% mahasiswa menjustifikasi telah mengimplementasikan *STEM* sebesar 36%-50%, 42% mahasiswa menjustifikasi telah melaksanakan *STEM* sekitar 51%-75% dan 14% mahasiswa menjustifikasi telah melaksanakan *STEM* >75%. Implementasi dan integrasi pembelajaran melalui *TPACK* terintegrasi *STEM* untuk menumbuhkan nilai *edusciencepreneur* dari hasil *self report* mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini:



Gambar 5. Hasil analisis deskriptif terhadap integrasi dan implelementasi *edusciencepreneur*

Berdasarkan hasil analisis yang terdapat pada Gambar 5 di atas diketahui bahwa mahasiswa telah menyadari pentingnya merancang pembelajaran secara variatif dengan mengintegrasikan bidang pendidikan, keilmuan, teknologi dan kewirausahaan (*edusciencepreneur*). Nilai-nilai yang ditanamkan pada bidang kewirausahaan meliputi kejujuran, kedisiplinan, kerja keras, kreatif, inovatif, mandiri, tanggung jawab, kerjasama, kepemimpinan, pantang menyerah, berani menanggung resiko, komitmen, realistis, kepemimpinan, pantang menyerah, berani menanggung resiko, rasa ingin tahu, komunikatif, motivasi kuat untuk sukses dan berorientasi pada tindakan. Secara umum, mahasiswa menjustifikasi 59% telah mengimplementasikan aktivitas tersebut dengan persentase sekitar 51%-75% dan 13% mahasiswa yang menjustifikasi mampu melakukan secara optimal dengan persentase 76%-100%.

4. PEMBAHASAN

Analisis penelitian ini menggunakan SEM-AMOS dengan teknik analisis multivariate yang menggabungkan analisis regresi, faktor dan model struktural. Keunggulannya dapat menguji hubungan antara variabel yang kompleks dan dinamis secara bersamaan, pengujian model komprehensif, memungkinkan pengembangan teori, model dan konsep yang ada menjadi sebuah model baru (Yanuarto et al., 2020). Berdasarkan hasil uji perbandingan kriteria *GOF* dengan *GOFI* diketahui bahwa seluruh kriteria telah fit, namun terdapat lima kategori marginal yang disebabkan oleh model struktur hasil modifikasi belum optimal. Modifikasi dilaksanakan sebanyak dua kali karena terdapat justifikasi secara teoritis terdapat hubungan antar variabel. Namun, ditinjau dari hasil analisis pada Tabel 2 hasil uji *regression weight* diketahui bahwa tidak terdapat pengaruh antara variabel *TPACK* terintegrasi *STEM* terhadap nilai *edusciencepreneur* secara terintegrasi. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu 1) responden yang dijadikan dalam sampel penelitian sangat sedikit sehingga asumsi sampel tidak terpenuhi; 2) data tidak berdistribusi normal karena probabilitas sig. <0,05 dan tidak memenuhi uji asumsi linearitas; serta 3) hasil evaluasi perbandingan kriteria *GOF* dengan *GOFI* terdapat beberapa aspek yang nilainya termasuk dalam marginal atau batas akhir *cut off value* sehingga model struktur belum fit secara keseluruhan dan untuk menyempurnakan hasil analisis dilakukan modifikasi model antar variabel kembali secara lebih detail (Waluyo, 2016).

Ditinjau dari hasil pelaksanaan aktivitas mahasiswa dalam mengintegrasikan *TPACK* dengan *STEM* untuk menumbuhkan nilai *edusciencepreneur* telah terlaksana secara umum sekitar 51%-75%. Aktivitas integrasi dalam bidang *edu*-pendidikan, *science*-keilmuan, *techno*-teknologi dan *preneur*-entrepreneur melalui nilai-nilai kewirausahaan tergambar dalam aktivitas praktik mendaur ulang kertas dengan memanfaatkan alat dan bahan sederhana namun bernilai ekonomis. Selain itu, mahasiswa juga mempraktikkan pengembangan *STEAM* untuk materi pembiasan cahaya melalui 3D Hologram dengan alat dan bahan sederhana. Aktivitas ini merupakan pendukung dalam mengembangkan keterampilan mengintegrasikan beberapa kajian bidang ilmu, sehingga dapat dijadikan *trigger* untuk mencapai keberhasilan integrasi sebesar 56%-75%.

Justifikasi mahasiswa yang melaprkan bahwa belum dapat menerapkan 76%-100% dikarenakan belum memiliki banyak pengalaman dalam mengintegrasikan beberapa bidang sehingga mahasiswa cenderung kurang percaya diri dalam mengimplementasikannya. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa implementasi untuk mengintegrasikan dimensi pengetahuan dan teknologi sangat berpengaruh terhadap usia dan pengalaman mengajar (Castéra et al., 2020). Kemampuan mahasiswa dalam merencanakan pembelajaran terlihat pada hasil analisis terhadap RPP yang dikumpulkan dengan mengimplementasikan berbagai model pembelajaran serta pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran. Calon guru harus mengikuti perkembangan teknologi yang berpeluang besar untuk mendukung pembelajaran secara aktif dan efisien (Terra et al., 2020) serta dapat memfasilitasi siswa untuk meningkatkan kognitif siswa misalnya melalui multimedia tematik integratif berbasis *website* (F. Nugroho & Iqbal Arrosyad, 2020).

TPACK digunakan sebagai salah satu parameter bagi calon guru untuk menentukan keberhasilan dalam mengajar melalui pemanfaatan teknologi (Schmid et al., 2020). Implementasi *TPACK* berpengaruh terhadap literasi sains, keterampilan sosial bagi siswa (Irmita & Atun, 2018), kemampuan berpikir tingkat tinggi (Zaeni et al., 2021), produk kreatif hasil karya siswa (Septiandari et al., 2020), memberikan pengalaman belajar-mengajar dan sistem teknologi untuk mempromosikan pembelajaran kolaboratif dan aktif sehingga dapat berbagi informasi dan sumber daya (Cheng et al., 2022). Relevansi implementasi *TPACK* dalam mendukung performa calon guru melalui indikator yang telah disajikan

dalam level *TPACK* yang terdiri atas *recognizing, accepting, adapting, exploring* dan *advancing* (Lyublinskaya & Kaplon-Schilis, 2022) serta terimplementasi dengan merelevansikan pada bahan ajar, variasi pendekatan/strategi pembelajaran dan pengaplikasian desain bahan ajar untuk mendukung kurikulum (Yasa & Handayanto, 2021).

Implementasi *TPACK* dalam pembelajaran juga harus mempertimbangkan jenis media atau teknologi yang digunakan untuk mendukung pembelajaran dan direlevansikan dengan karakteristik materi serta perkembangan peserta didik. Selain itu, perlunya mempertimbangkan media untuk memudahkan interaksi subjek belajar. Misalnya, berdasarkan hasil evaluasi keterlaksanaan pembelajaran daring melalui *WA* dirasa tidak efektif karena mengakibatkan kebosanan dalam pembelajaran (Rizandi et al., 2021). Berdasarkan hasil analisis terhadap *self report* dan observasi langsung diketahui bahwa mahasiswa telah dapat menginovasikan pemilihan teknologi untuk media pembelajaran melalui *Quizizz, Kahoot, PPT interactive*, video animasi, *flipbook* dan berbagai media relevan dengan kebutuhan pembelajaran.

Tantangan calon guru dalam menghadapi tantangan global ke depannya dengan memperkuat keterampilan di abad ke-21 (Sari et al., 2021) adalah menciptakan desain pembelajaran yang meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Purwaningsih et al., 2020). Sehingga, diharapkan melalui integrasi kemampuan *TPACK-STEM* dapat menstimulasikan peningkatan keterampilan diri calon guru yang ditunjukkan dengan terjadinya peningkatan kepercayaan diri, dalam hal ini diketahui bahwa pengetahuan pedagogi dan terendah dalam pengetahuan teknologi bagi calon guru (Irwanto et al., 2022), salah satu faktor penyebab terjadinya hal tersebut adalah implementasi *TPACK* sangat dipengaruhi oleh faktor usia secara signifikan (Restiana & Pujiastuti, 2019). Kemampuan *TPACK* terintegrasi *STEM* sangat dibutuhkan bagi guru sains khususnya guru SD yang berperan dalam menyertakan konten mata pelajaran biologi, fisika, kimia, teknologi, ilmu bumi dan ilmu relevan lainnya melalui pembelajaran dengan metode atau pendekatan ilmiah (IPA) (Akçay & Avcı, 2022). Implementasi *STEM* juga dapat dikolaborasi dengan *project based learning* untuk memberikan pengaruh positif terhadap keterampilan proses sains siswa dalam mempelajari fisika (Jatmika et al., 2020). Lingkungan pembelajaran yang diintegrasikan dengan teknologi dan diterapkan melalui *STEM* berdampak peningkatan kompetensi profesional guru dalam pembelajaran serat meningkatkan pemanfaatan digital sehingga memberikan dampak positif bagi bidang pengajaran dan pembelajaran (DeCoito & Eσταiteyeh, 2022). Implementasi *STEM* dalam pembelajaran dapat digunakan untuk mengembangkan potensi siswa baik umum maupun tunanetra (Indriani & Yuli, 2022) melalui pembelajaran secara langsung maupun tidak langsung atau melalui pengembangan bahan ajar seperti LKPD berbasis *STEM* untuk mengarahkan pembelajaran agar dapat memberikan pengalaman belajar siswa, menstimulasi, mengembangkan keterampilan proses sains siswa (Febriyanti & Maryani, 2020) dan terampil dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis melalui literasi digital yang akhirnya mampu terampil dalam memecahkan masalah dalam kehidupan nyata (Handayani, 2020).

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa 56%-75% mahasiswa telah mengimplementasikan *TPACK* terintegrasi *STEM* dalam menumbuhkan nilai *edusciencepreneur* pada pembelajaran IPA melalui proses belajar mengajar IPA. Integrasi *TPACK* mahasiswa dibuktikan dengan mengimplementasikan kemampuan pedagogi yang mengoptimalkan penggunaan teknologi dalam menyampaikan atau mempraktikkan materi yang dipelajari. Implementasi *STEM* terlihat pada saat aktivitas mahasiswa dalam mempraktikkan cara mengembangkan pembelajaran inovasi melalui kegiatan 3D hologram dan daur ulang kertas dengan memanfaatkan alat serta bahan sederhana yang melibatkan *science, technology, engineering* dan *math* dimodifikasi dengan "art". Pelaksanaan kegiatan tersebut secara langsung maupun tidak langsung terhadap *edusciencepreneur* khususnya dalam

menstimulasi munculnya nilai-nilai kewirausahaan meliputi kejujuran, kedisiplinan, kerja keras, kreatif, inovatif, mandiri, tanggung jawab, kerjasama, kepemimpinan, pantang menyerah, berani menanggung resiko, komitmen, realistis, kepemimpinan, pantang menyerah, berani menanggung resiko, rasa ingin tahu, komunikatif, motivasi kuat untuk sukses dan berorientasi pada tindakan. Berdasarkan hasil analisis model struktur melalui SEM-AMOS diketahui bahwa model struktur yang telah dianalisis telah fit atau memenuhi syarat ketentuan, namun termasuk dalam kategori fit dan marginal. Makna kategori marginal dikarenakan hasil uji mendekati *cut-off values* yang telah ditentukan. Ditinjau dari hasil analisis pada Tabel 2 uji *regression weight* diketahui tidak terdapat pengaruh antara variabel *TPACK* terintegrasi *STEM* terhadap nilai *edusciencepreneur* secara terintegrasi.

5. SIMPULAN

Mengimplementasikan *TPACK* mengintegrasikan *STEM* dalam menumbuhkan *edusciencepreneur* pada pembelajaran IPA telah terlaksana dengan presentase 56%-75% yang dibuktikan dengan implementasi kemampuan pedagogi yang mengoptimalkan penggunaan teknologi dalam menyampaikan atau mempraktikkan materi yang dipelajari. Implementasi *STEM* terlihat pada saat aktivitas mahasiswa dalam mempraktikkan cara mengembangkan pembelajaran inovasi melalui kegiatan 3D hologram dan daur ulang kertas dengan memanfaatkan alat serta bahan sederhana yang melibatkan *science, technology, engineering* dan *math* dimodifikasi dengan “*art*”. Pelaksanaan kegiatan tersebut secara langsung maupun tidak langsung terhadap *edusciencepreneur* khususnya dalam menstimulasi munculnya nilai-nilai kewirausahaan meliputi kejujuran, kedisiplinan, kerja keras, kreatif, inovatif, mandiri, tanggung jawab, kerjasama, kepemimpinan, pantang menyerah, berani menanggung resiko, komitmen, realistis, kepemimpinan, pantang menyerah, berani menanggung resiko, rasa ingin tahu, komunikatif, motivasi kuat untuk sukses dan berorientasi pada tindakan. Berdasarkan hasil analisis model struktur melalui SEM-AMOS diketahui bahwa model struktur yang telah dianalisis telah fit atau memenuhi syarat ketentuan. Tidak terdapat pengaruh antara variabel *TPACK* terintegrasi *STEM* terhadap nilai *edusciencepreneur* secara terintegrasi.

REFERENSI

- Abdurrahman, Ariyani, F., Nurulsari, N., Maulina, H., & Sukanto, I. (2020). The prospective ethnopedagogy-integrated STEM learning approach: Science teacher perceptions and experiences. *Journal of Physics: Conference Series*, 1572(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1572/1/012082>
- Akçay, B., & Avcı, F. (2022). Development of the STEM-Pedagogical Content Knowledge Scale for Pre-service Teachers: Validity and Reliability Study. *Journal of Science Learning*, 5(1), 79–90. <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i1.36293>
- Akhwani. (2020). Integration of TPACK as a Basic Framework for 21st Century Learning: An Analysis of Professional Teacher Competencies. *1st International Conference On Information Technology And Education (ICITE 2020)*, 508(Icite), 291–296. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201214.251>
- Anikarnisia, N. M., & Wilujeng, I. (2020). Need assessment of STEM education based based on local wisdom in junior high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012092>
- Antony, M. K., Paidi, Subali, B., Pradana, S. P., Hapsari, N., & Astuti, F. E. C. (2019). Teacher’s TPACK Profile: The Affect of Teacher Qualification and Teaching Experience. *Journal of Physics: Conference Series*, 1397(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1397/1/012054>

- Cahyani, L. A., Azizah, N., & Evans, D. (2021). Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) of Special Education Teachers in Science Instruction for Students with Special Needs. *Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 11(148), 103–112.
- Castéra, J., Marre, C. C., Yok, M. C. K., Sherab, K., Impedovo, M. A., Sarapuu, T., Pedregosa, A. D., Malik, S. K., & Armand, H. (2020). Self-reported TPACK of teacher educators across six countries in Asia and Europe. *Education and Information Technologies*, 25(4), 3003–3019. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10106-6>
- Cheng, P. H., Molina, J., Lin, M. C., Liu, H. H., & Chang, C. Y. (2022). A New TPACK Training Model for Tackling the Ongoing Challenges of COVID-19. *Applied System Innovation*, 5(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/asi5020032>
- Creswell, J. W. (2012). *4th Edition Educational Research* (4th editio). Pearson.
- DeCoito, I., & Estaiteyeh, M. (2022). Transitioning to Online Teaching During the COVID-19 Pandemic: an Exploration of STEM Teachers' Views, Successes, and Challenges. *Journal of Science Education and Technology*, 31(3), 340–356. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09958-z>
- Dhurumraj, T., Ramaila, S., Raban, F., & Ashruf, A. (2020). Broadening educational pathways to stem education through online teaching and learning during covid-19: Teachers' perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 1055–1067. <https://doi.org/10.33225/JBSE/20.19.1055>
- Febriyanti, D., & Maryani, I. (2020). Pengembangan LKPD Berbasis STEM pada materi IPA tema 7 subtema 1 Kelas V Sekolah Dasar. *Jurnal Fundadikdas*, 3(2), 162–180. <http://journal2.uad.ac.id/index.php/fundadikdas/article/view/2684>
- Handayani, F. (2020). Membangun Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Melalui Literasi Digital Berbasis STEM pada Masa Pandemi Covid 19. *Cendekiawan*, 2(2), 69–72. <https://doi.org/10.35438/cendekiawan.v2i2.184>
- Indriani, A., & Yuli, V. (2022). Pengembangan Media B - Math Berbasis STEM (Science , Technology , Development of B-Math Media STEM based. *FUNDADIKDAS: Fundamental Pendidikan Dasar*, 5(1), 12–25.
- Irmita, L., & Atun, S. (2018). The influence of Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) approach on science literacy and social skills. *Journal of Turkish Science Education*, 15(3), 27–40. <https://doi.org/10.12973/tused.10235a>
- Irwanto, I., Redhana, I. W., & Wahono, B. (2022). Examining Perceptions of Technological Pedagogical Content Knowledge (Tpack): a Perspective From Indonesian Pre-Service Teachers. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 142–154. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.32366>
- Jatmika, S., Lestari, S., Rahmatullah, R., Pujiyanto, P., & Dwandaru, W. S. B. (2020). Integrasi Project Based Learning dalam Science Technology Engineering and Mathematics untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 6(2), 107. <https://doi.org/10.25273/jpfk.v6i2.8688>
- Kaplon-Schilis, A., & Lyublinskaya, I. (2020). Analysis of Relationship Between Five Domains of TPACK Framework: TK, PK, CK Math, CK Science, and TPACK of Pre-service Special Education Teachers. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 25–43. <https://doi.org/10.1007/s10758-019-09404-x>
- Lyublinskaya, I., & Kaplon-Schilis, A. (2022). Analysis of Differences in the Levels of TPACK: Unpacking Performance Indicators in the TPACK Levels Rubric. *Education Sciences*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/educsci12020079>

- Mairisiska, T., Sutrisno, S., & Asrial, A. (2014). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis TPACK pada Materi Sifat Koligatif Larutan untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Edu-Sains: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(1). <https://doi.org/10.22437/jmpmipa.v3i1.1764>
- Novidsa, Puwianingsih, W., & Riandi, R. (2021). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) prospective biology teacher in integrating education for sustainable development (ESD) in their learning planning. *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE)*, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012163>
- Nugroho, F., & Iqbal Arrosyad, M. (2020). Moodle Multimedia Development in Web-based Integrative Thematic Learning for Class IV Elementary Students. *Cendekiawan*, 2(1), 49–63. <https://doi.org/10.35438/cendekiawan.v2i1.177>
- Nugroho, O. F., Permanasari, A., & Firman, H. (2019). STEM approach based on local wisdom to enhance sustainability literacy. *The 2nd International Conference on Science, Mathematics, Environment, and Education, 020072*(December), 1–5.
- OECD. (2015). *Evaluation of Programmes Concerning Education for Entrepreneurship*. OECD Publisher.
- OECD. (2018). *PISA for Development Assessment and Analytical Framework*. OECD Publisher.
- OECD. (2019). *PISA 2021 ICT Framework*. OECD Publisher.
- OECD. (2021). *PISA 2021 Creative Thinking Framework (Third Draft)*.
- Standar Nasional Pendidikan, (2022). PP No. 4 Tahun 2022 tentang Perubahan atas peraturan PP No. 57 Tahun 2021 tentang Standar Nasional Pendidikan.
- Purwaningsih, E., Sari, A. M., Yuliati, L., Masjkur, K., Kurniawan, B. R., & Zahiri, M. A. (2020). Improving the problem-solving skills through the development of teaching materials with STEM-PjBL (science, technology, engineering, and mathematics-project based learning) model integrated with TPACK (technological pedagogical content knowledge). *Journal of Physics: Conference Series*, 1481(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012133>
- Pusparini, F., Riandi, R., & Sriyati, S. (2017). Developing Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in Animal Physiology. *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE)*.
- Putri, A. R. A., Hidayat, T., & Purianingsih, W. (2020). Analysis of technological pedagogical content knowledge (TPACK) of biology teachers in classification of living things learning. *International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE)*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042033>
- Rahayu, S. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): Integrasi ICT dalam Pembelajaran IPA Abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA IX Tahun 2017, February*.
- Ratnasari, D., Kasanah, N., & Zain, R. P. (2022). GLOWOOD: Produk Hiasan dan Souvenir Wood Print Berpendar dari Limbah Kayu Mebel. *National Conference PKM Center Sebelsa Maret University*, 424–429.
- Reffiane, F., Sudarmin, Wiyanto, & Saptono, S. (2020). Students' behaviour towards etno-STEM: instruments for students of etno-STEM based science education. *6th International Conference on Mathematics, Science, and Education (ICMSE)*, 2–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/4/042021>
- Restiana, N., & Pujiastuti, H. (2019). Pengukuran Technological Pedagogical Content Knowledge untuk Guru Matematika SMA di Daerah Tertinggal. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 83–94. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v8i1.407>
- Rizandi, M., Puspita, D., Fatimah, M., Cantika, N., & Sari, W. P. (2021). Evaluasi Pembelajaran Daring melalui Media WhatsApp di SD N 16 Toboali. *Jurnal Fundadikdas*, 4(2), 63–80.

- Rukmana, D., & Handayani, S. L. (2020). Contribution of Earth and Space Science Online Course to Development of TPACK for Prospective Science Teachers in Primary Education. *International Conference on Learning and Advanced Education (ICOLAE2020)*, 145–158.
- Saeng-Xuto, V. (2019). Local Wisdom Related to STEM Education. *International Annual Meeting on STEM Education (I AM STEM)*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1340/1/012091>
- Sari, I. M., Yusibani, E., Irwandi, I., Sofyan, H., & Suherman. (2021). Analysis TPACK framework in ISLE-based STEM approach model: Case study. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012147>
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2020). Developing a short assessment instrument for Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK.xs) and comparing the factor structure of an integrative and a transformative model. *Computers and Education*, 157(July), 103967. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103967>
- Septiandari, W., Riandi, & Muslim. (2020). Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) design in learning sound wave to foster students' creativity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/4/042099>
- Silva, J. B., Silva, I. N., & Bilessimo, S. (2020). Technological structure for technology integration in the classroom, inspired by the maker culture. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 167–204. <https://doi.org/10.28945/4532>
- Subali, B. (2016). *Prinsip Asesmen dan Evaluasi Pembelajaran Edisi Kedua* (Edisi Kedu). UNY Press.
- Suyanto, J., Masykuri, M., & Sarwanto, S. (2020). Analisis Kemampuan Tpack (Technoligical, Pedagogical, and Content, Knowledge) Guru Biologi Sma Dalam Menyusun Perangkat Pembelajaran Materi Sistem Peredaran Darah. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(1), 46. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i1.41381>
- Terra, I. W. A., Ridlo, Z. R., Indrawati, & Hidayah, S. (2020). Differentiation between TPACK level in junior and senior pre-service teacher to design science lesson. *Journal of Physics: Conference Series*, 1563(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1563/1/012061>
- Tokmak, H. S., Incikabi, L., & Sinan Ozgelen. (2012). An Investigation of Change in Mathematics , Science , and Literacy Education Pre-service Teachers ' TPACK. *Asia-Pacific Edu Res*, 2006. <https://doi.org/10.1007/s40299-012-0040-2>
- Waluyo, M. (2016). *Mudah Cepat Tepat Penggunaan Tools Amos Dalam Aplikasi (SEM)*. UPN Veteran Jatim.
- Winda Purnama Sari, & Aprilliandari, D. I. (2021). The Development of PBL Integrated Bioenvironmentalscience App (BES App) for Environmental Learning. *Bioeduscience*, 5(3), 264–271. <https://doi.org/10.22236/j.bes/537799>
- Yanuarto, W. N., Maat, S. M., & Husnin, H. (2020). A measurement model of technological pedagogical content knowledge (TPACK) in Indonesian senior mathematics teachers' scenario. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012018>
- Yasa, A. D., & Handayanto, S. K. (2021). TPACK-based science learning assessment in elementary school teachers with analytical hierarchy process and simple additive weighting methods. *AIP Conference Proceedings*, 2330. <https://doi.org/10.1063/5.0043392>
- Zaeni, A., Rahayu, W., & Makmuri, M. (2021). Pengembangan instrumen self assessment technological pedagogical content knowledge (tpack) calon guru matematika berbasis hot. *Teorema: Teori Dan Riset Matematika*, 6(1), 59. <https://doi.org/10.25157/teorema.v6i1.4960>