



## INVESTIGASI PERSEPSI CALON GURU MATEMATIKA TENTANG TPACK

Ninik Mutianingsih<sup>1</sup>, Lydia Lia Prayitno<sup>2</sup>, Amalia Chamidah<sup>3</sup>, Dhea Ayu Lestari<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

<sup>3</sup>Fakultas Bahasa dan Sains, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

email korespondensi: [lydialia@unipasby.ac.id](mailto:lydialia@unipasby.ac.id)

Diterima: (28-08-2023), Revisi: (11-10-2023), Diterbitkan: (30-11-2023)

### ABSTRAK

Penelitian pedagogik ini menggunakan teknologi yang digunakan calon guru matematika di dua universitas swasta di Surabaya. 88 calon guru matematika mengisi kuisisioner TPACK dan data dianalisis secara deskriptif menggunakan mean, standar deviasi, dan uji korelasi dengan bantuan program SPSS versi 25. Hasil penelitian ini menunjukkan antara CK, PK, TK, dan TPTCK secara simultan memberikan pengaruh terhadap TPACK calon guru matematika di Universitas PGRI Adi Buana Surabaya dan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Hal ini didukung adanya uji anova dengan hasil  $\text{sign} = .000 < .05$ , sehingga dapat dikatakan calon guru matematika yang terlibat dalam penelitian ini memiliki pengetahuan di semua komponen TPACK. Hasil dari penelitian ini merekomendasikan tindak lanjut untuk mendapatkan wawasan lebih mendalam tentang penerapan TPACK bagi calon guru yang didukung infrastruktur yang ada di lingkungan universitas sebagai sarana belajar calon guru sekaligus mengembangkan strategi pola pikirnya.

**Kata kunci:** calon guru, teknologi, TPACK

**ABSTRACT**

*This pedagogical research discusses the technology used by prospective mathematics teachers at two private universities in Surabaya. 88 prospective mathematics teachers filled out the TPACK questionnaire and the data were analyzed descriptively using mean, standard deviation, and correlation test with the help of SPSS version 25. The results of this study showed that CK, PK, TK, and TPTCK simultaneously had an influence on the TPACK of prospective mathematics teachers at PGRI Adi Buana University Surabaya and Wijaya Kusuma University Surabaya. This is supported by the ANOVA test with result of  $sign = .000 < .05$  so it can be said that the prospective mathematics teachers involved in this research have knowledge of all TPACK components. The results of this research recommend follow-up action to gain deeper insight into the implementation of TPACK for prospective teachers which is supported by existing infrastructure in the university environment as a means of learning prospective teachers as well as developing strategies for their mindset.*

**Key words:** *prospective teacher, technology, TPACK*

**Pendahuluan**

LPTK merupakan lembaga yang bertujuan mempersiapkan calon guru yang kompeten dan percaya diri dalam menggunakan teknologi sebagai alat pedagogis dalam pembelajaran (Omoso & Odindo, 2020; Tondeur et al., 2017). Harapan tersebut muncul didasarkan pada kenyataan masih banyak guru yang menggunakan cara pengajaran tradisional seperti penggunaan papan tulis dan ceramah, sehingga tidak menyadari peranan potensi teknologi dalam pedagogi pembelajaran. Disinilah peranan LPTK memberikan modal bagi calon guru untuk mengubah paradigmanya dalam proses pembelajaran.

Idealnya, LPTK memberikan modal bagi calon guru dengan memberikan pengetahuan TPACK. Hal ini didasarkan pada TPACK sebagai acuan utama bagi guru dalam mengembangkan efikasi diri dan inovasi pembelajaran (Heitink et al., 2016). Konsep utama TPACK menekankan hubungan antara mata pelajaran, teknologi, dan pedagogi. Oleh karena itu, memiliki pemahaman yang kuat tentang TPACK penting bagi calon guru untuk membantunya mengintegrasikan teknologi secara efektif ke dalam praktik mengajar yang berimbas pada hasil belajar siswa.

Sebagai calon guru profesional harus mempunyai penguasaan ilmu pengetahuan dengan tugas utamanya adalah mendidik, mengajar, membimbing, serta mengarahkan peserta didik dan mampu menerapkan strategi pembelajaran (Hasan, 2012). Selain tugas utama tersebut, calon guru juga harus menguasai TIK

karena kompetensi TIK merupakan salah satu komponen wajib dan penting dari TPACK. Penggunaan teknologi dapat membantu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pembelajaran dengan memberikan akses ke sumber daya yang lebih luas dan beragam serta memfasilitasi komunikasi dan kolaborasi antara siswa dan guru (Kozikoğlu & Babacan, 2019). Oleh karena itu, memiliki kompetensi TIK yang kuat sangat penting bagi calon guru untuk mengintegrasikan teknologi secara efektif ke dalam praktik pengajaran dan meningkatkan hasil belajar siswa.

Kerangka kerja TPACK digunakan untuk mengimplementasikan TIK dalam kegiatan pembelajaran, dan yang paling penting untuk diperhatikan adalah guru dapat mengimplementasikan TIK dengan benar (Maulana & Mutianingsih, 2021; Prayitno & Mutianingsih, 2021). Murtiyasa & Atikah (2021) menegaskan penggunaan teknologi perlu dibiasakan oleh calon guru melalui penggunaan media pembelajaran selama pembelajaran berlangsung. Hal pentingnya adalah penggunaan alat peraga bertujuan untuk mengongkretkan konsep abstrak agar siswa dapat menguasai konsep (Resqueta & Mutianingsih, 2022).

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi kerangka kerja TPACK berdasarkan *Content Knowledge (CK)*, *Pedagogical Knowledge (PK)*, *Technological Knowledge (TK)*, *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*, *Technological Knowledge (TK)*, *Technological Content Knowledge (TCK)*, dan *Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK)* yang diadaptasi dari penelitian sebelumnya (Basaran, 2020; Koehler et al., 2009; Koh et al., 2014; Valtonen et al., 2017). TPACK merupakan dasar pengajaran yang efektif dengan penggunaan teknologi yang di dalamnya termasuk desain pedagogis yang membutuhkan penggunaan teknologi strategis dan bermakna untuk mengajarkan konten teknologi dan konsep terkait. Selain itu, TPACK juga mengacu pada pengetahuan tentang bagaimana menggunakan teknologi untuk memfasilitasi pembelajaran dan untuk mengatasi masalah yang dihadapi siswa terutama dalam mempelajari konsep-konsep yang rumit.

Novelty penelitian ini adalah untuk mengungkapkan hubungan antara kualifikasi TPACK calon guru matematika. Penelitian ini juga mencoba untuk menjelaskan hubungan antara sumber-sumber pengetahuan yang membentuk kerangka teoritis TPACK. Penelitian ini berkontribusi menganalisis hubungan antara kompetensi TPACK calon guru matematika serta mengevaluasi efektivitas pembelajaran di kelas tentang penguasaan TPACK. Temuan penelitian ini dapat

digunakan untuk menginformasikan program pendidikan guru yang mendukung pengembangan keterampilan abad 21. Selain itu, penelitian ini menyoroti perlunya penelitian lebih lanjut tentang hubungan antara sumber-sumber pengetahuan yang membentuk kerangka teoritis TPACK.

Kerangka kerja TPACK secara ekstensif memandu rancangan program pendidikan guru di LPTK, salah satunya di Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Universitas dapat menggunakan kerangka kerja ini untuk merancang program pendidikan calon guru matematika sekaligus membekali dengan persiapan untuk mengikuti program pendidikan profesi guru yang membantu calon guru mengembangkan pengetahuan dan keterampilan TPACK. Tujuannya agar menjadikan lulusan guru matematika yang profesional, berkualitas, dan mampu mengikuti perkembangan yang ada.

## Metode Penelitian

Penelitian ini melibatkan 88 calon guru matematika dari dua universitas swasta di kota Surabaya, yaitu Universitas PGRI Adi Buana Surabaya dan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Desain yang digunakan dalam penelitian ini adalah model survei relasional yang bertujuan untuk menganalisis hubungan antara dua variabel atau lebih dan untuk mendapatkan petunjuk tentang sebab akibat. Variabel penelitian ini terdiri dari faktor CK, PK, TK, PCK, TP, TCK, dan TPACK melalui pemberian kuisisioner.

Kuisisioner ini mengadaptasi item pertanyaan TPACK yang dikembangkan oleh Koh et al. (2014); Basaran (2020); Koehler et al. (2009); dan Valtonen et al. (2017) yang terdiri dari 37 item berasal dari enam sub-komponen. Komponen CK dan PK terdiri atas tiga pertanyaan, TK dan PCK terdiri atas tujuh pertanyaan, TP terdiri atas sepuluh pertanyaan, TCK terdiri atas sembilan pertanyaan, dan TPACK terdiri atas delapan pertanyaan. Kuisisioner ini menggunakan skala Likert 4 poin dengan kategori Sangat Tidak Setuju (1), Tidak Setuju (2), Setuju (3), dan Sangat Setuju (4). Penelitian awal dilakukan dengan memvalidasi kuisisioner yang dilakukan para ahli untuk mendapatkan masukan dan sebagai dasar melakukan revisi.

Selanjutnya, hasilnya diuji coba terbatas pada 20 mahasiswa dan hasilnya menunjukkan tingkat validitas dan reliabilitas. Reliabilitas menggunakan Cronbach Alpha dengan range 0.75 sampai 0.93 menunjukkan kuisisioner reliabel. Hasil

analisis menunjukkan kuisisionernya valid dan reliabel ( $\alpha=.95$ ) dan dapat diterima sebagai instrumen penelitian dan digunakan untuk mengumpulkan data.

Data yang dikumpulkan dianalisis berdasarkan mean dan standar deviasi menggunakan analisis statistik SPSS versi 25.0. Setiap pertanyaan pada masing-masing komponen TPACK dihitung meannya untuk mendapatkan nilai masing-masing komponennya. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan uji korelasi untuk menganalisis hubungan antar variabel dan diinterpretasikan menggunakan dasar Sugiyono (2019) sebagai berikut.

**Tabel 1.** Klasifikasi kompetensi

Nilai	Klasifikasi
0.00 – 0.19	Sangat rendah
0.20 – 0.39	Rendah
0.40 – 0.59	Sedang
0.60 – 0.79	Kuat
0.80 – 1.00	Sangat Kuat

## Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kompetensi TPACK calon guru matematika di dua universitas swasta di Surabaya yaitu Universitas PGRI Adi Buana Surabaya dan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Berikut ini disajikan hasil analisis mean (M) dan standar deviasi (SD) dari kuisisioner yang diisi oleh calon guru matematika berdasarkan kompetensi TK, TCK, dan TPACK.

**Tabel 2.** Hasil analisis TPACK calon guru matematika

Komponen TPACK	Mean (M)	Standar Deviasi (SD)
CK	3.16	0.40
PK	3.15	0.38
TK	3.11*	0.54
PCK	3.18	0.52
TCK, TPK	3.06	0.54
TPACK	3.08*	0.55

Hasil analisis mean untuk komponen CK, PK, TK, PCK, TCK, dan TPACK pada Tabel 2 di atas menunjukkan semuanya di atas rata-rata antara skala 1 sampai 4. Rata-rata TPACK menunjukkan angka 3.08 yang menunjukkan calon guru

matematika tidak menghadapi masalah dalam menggunakan teknologi, pedagogi, dan konten secara terintegrasi dalam pembelajaran. Hal ini mengingat secara teori, calon guru telah mampu mengintegrasikannya dalam bentuk modul ajar sekaligus mengimplementasikannya dalam praktik mengajar. Selain itu, ditinjau dari PCK sebagai inti dari kompetensi mengajar menunjukkan adanya efektivitas meskipun tanpa menggunakan teknologi.

Adapun hasil analisis data dari komponen pembentuk TPACK yang berkorelasi antara satu dengan yang lainnya disajikan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Hasil Analisis Korelasi Faktor Pembentuk TPACK

		CORRELATIONS				
		TPACK	CK	PK	TK	TPTCK
PEARSON CORRELATION	TPACK	1.000	.386	.381	.890	.933
	CK	.386	1.000	.840	.472	.440
	PK	.381	.840	1.000	.492	.479
	TK	.890	.472	.492	1.000	.877
	TPTCK	.933	.440	.479	.877	1.000

**Catatan:** semua koefisien signifikan pada  $p < .05$

Tabel 3 menunjukkan korelasi antar komponen pembentuk TPACK diantaranya korelasi CK dengan TPTCK sebesar 0.933 yang menunjukkan adanya korelasi sangat kuat antara kedua komponen tersebut. Korelasi CK dengan TPACK sebesar 0,386 menunjukkan korelasi yang rendah antara kedua komponen tersebut. Korelasi antara PK dan TPACK sebesar 0,381 menunjukkan korelasi yang rendah antara kedua komponen tersebut, dan korelasi antara TK dan TPACK sebesar 0,890 menunjukkan korelasi yang sangat kuat antara kedua komponen tersebut. Dan korelasi antara TPTCK dan TPACK sebesar 0.933 menunjukkan korelasi yang sangat kuat antara kedua komponen tersebut. Hal ini menunjukkan calon guru matematika tidak menghadapi masalah dalam menggunakan teknologi, pedagogi, dan konten secara terintegrasi dalam pembelajaran matematika.

Secara simultan, korelasi ketiganya dapat disajikan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil Analisis Secara Simultan

ANOVA <sup>a</sup>						
MODEL		SUM OF SQUARES	df	MEAN SQUARE	F	Sig.
1	REGRESSION	1161.313	4	290.328	195.039	.000 <sup>b</sup>
	RESIDUAL	123.551	83	1.489		
	TOTAL	1248.864	87			

a. Dependent Variable: TPACK

b. Predictors (Constant): TPTCK, CK, PK, TK

Dari hasil uji SPSS secara simultan menggunakan anova diperoleh sign = .000 < .05 yang menunjukkan antara CK, PK, TK, dan TPTCK secara simultan mempunyai pengaruh terhadap TPACK calon guru matematika. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya integrasi antara teknologi (T), pedagogi (P), dan konten (C) dalam pembelajaran matematika yang telah dikuasai oleh calon guru matematika secara keseluruhan. Hal tersebut senada dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan penguasaan dalam mengintegrasikan berbagai komponen TPACK dengan baik dalam pembelajaran, khususnya pembelajaran matematika (Koehler et al., 2009).

Hal ini mengindikasikan bahwa diperlukan peningkatan pembelajaran siswa berkaitan dengan pemahaman konseptual yang melibatkan pedagogi dan pemilihan teknologi yang tepat. Tentunya hal ini memerlukan pelatihan yang melibatkan penggunaan teknologi, sehingga para calon guru dapat mengadopsi perkembangan teknologi yang ada. Situasi ini senada dengan penelitian Tondeur et al. (2017) dan Voogt & McKenney (2017). Situasi tersebut menunjukkan adanya kurangnya pengetahuan calon guru terhadap berbagai teknologi. Calon guru mempunyai sikap positif pada teknologi karena dengan adanya teknologi mempermudah dalam mempelajari pengetahuan ( $M=3.11$ ,  $SD=0.54$ ). Hasil ini didasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa calon guru yang memiliki keterampilan menggunakan teknologi dan mempunyai keinginan untuk belajar dapat menguasai keterampilan teknis dengan baik (Gao et al., 2011). Perkembangan teknologi yang dinamis, pembelajaran, dan penerapannya yang melibatkan berbagai minat dan eksperimen dalam berbagai penelitian pendidikan (Omoso & Odindo, 2020).

Hasil dari Tabel 2 menunjukkan TCK dan TPK calon guru yaitu 3.06 yang artinya calon guru merasa mampu berpikir kritis dalam penggunaan teknologi. Para calon guru harus mempunyai keterampilan dalam menghubungkan fakta yang melibatkan penggunaan teknologi tertentu pada pelajaran tertentu. Senada dengan penelitian Voogt & McKenney (2017) yang menjelaskan bahwa diperlukan adanya pelatihan lanjutan yang sesuai dengan mata pelajaran yang melibatkan penggunaan teknologi.

Tondeur et al. (2017) memberikan penegasan bahwa komponen TCK merupakan komponen TPACK yang paling sedikit diteliti. Hal ini didasarkan pada kekhususan penggunaan teknologi dikaitkan dengan mata pelajaran yang diajarkan, seperti penggunaan kalkulator grafik pada pelajaran matematika. Disinilah tantangan bagi calon guru untuk menentukan konten (C) tertentu, membatasi pilihan, dan jenis teknologi yang disesuaikan dengan situasi, kondisi, dan kemampuan calon guru.

### ***Implikasi dalam Pembelajaran***

Hasil penelitian ini memberikan implikasi bagi program studi pendidikan matematika untuk mendesain ulang kurikulum yang melibatkan pembelajaran. Selain itu, perlunya peningkatan infrastruktur yang melibatkan teknologi informasi dan komunikasi sebagai sarana bagi calon guru untuk belajar. Implikasi ini juga disampaikan oleh Omoso & Odindo (2020) dengan menyarankan penggunaan praktik, baik secara individu maupun kelompok. Untuk itu, diperlukan adanya peningkatan dalam pemahaman TK dan TCK calon guru serta perubahan pola pikir (Dweck, 2008; Omoso & Odindo, 2020).

Pemahaman pengetahuan yang dimiliki calon guru harus melalui pergeseran pola pikir dalam mengubah pembelajaran dari penggunaan kapur dan papan tulis menjadi didominasi teknologi (Aldrich & Clark, 2005). Pengembangan TK dan TCK calon guru tidak hanya membutuhkan teori pengetahuan saja tetapi perlu memberikan peluang melakukan latihan untuk menggunakan teknologi (psikomotor) melalui kolaborasi (afektif). Melalui kolaborasi, memungkinkan adanya pengembangan TK dan TCK yang memadai untuk memberikan pengalaman pada calon guru matematika.

Hasil penelitian ini mengusulkan tiga langkah dalam rangka peningkatan kompetensi calon guru matematika meliputi (1) penentuan tujuan yang akan dicapai untuk mengidentifikasi hal-hal yang mendesak, (2) memulai kegiatan



dengan mengusulkan calon guru untuk fokus pada teknologi yang penting, dan (3) melakukan praktek. Hal ini senada dengan yang disampaikan oleh Omoso & Odindo (2020) yang menerapkan kegiatan tersebut untuk meningkatkan kompetensi guru menggunakan teknologi.

Para calon guru yang bekerja secara kolaboratif, dapat merancang pembelajaran, mengkritik, dan merencanakan ulang melalui kegiatan Program Pengalaman Lapangan (PPL) untuk mengidentifikasi dan memanfaatkan teknologi yang tersedia dalam pelajaran matematika. Kegiatan PPL ini bertujuan untuk menghubungkan teknologi dengan konten untuk pengembangan TCK. Kelompok kecil digunakan para calon guru matematika merancang dan mengajar menggunakan teknologi, seperti *microsoft excel*. Cara ini digunakan dengan harapan dapat meningkatkan pengetahuan para calon guru dalam penggunaan teknologi (TK) secara kritis dan dapat diterapkan secara praktis. Pemberian umpan balik antar sesama calon guru dan pendamping dijadikan dasar untuk meningkatkan kompetensi TK dan TCK yang didukung adanya infrastruktur. Umpan balik ini dijadikan dasar untuk melakukan perbaikan di masa depan (Omoso & Odindo, 2020).

## **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa antara CK, PK, TK, dan TPTCK secara simultan mempunyai pengaruh terhadap TPACK calon guru matematika. Hal ini didukung adanya uji anova diperoleh  $sign = .000 < .05$  sehingga dapat dikatakan calon guru matematika di Universitas PGRI Adi Buana Surabaya dan Universitas Wijaya Kusuma Surabaya memiliki pengetahuan sebelumnya di semua area TPACK.

## **Daftar Pustaka**

- Aldrich, C., & Clark, I. (2005). *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games, and Pedagogy in E-Learning and Other Educational Experiences*. Pfeiffer.
- Basaran, B. (2020). Examining Preservice Teachers' TPACK-21 Efficacies with Clustering Analysis in Terms of Certain Variables. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 8(3), 84–99. <https://doi.org/10.17220/mojet.2020.03.005>

- Dweck, C. S. (2008). Executive Book Summary Mindset: The New Psychology of Success. *Mindset the New Psychology of Success*, 9. [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=Mindset&publication\\_year=2017&author=C.S.Dweck](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Mindset&publication_year=2017&author=C.S.Dweck)
- Gao, P., Wong, A. F. L., Choy, D., & Wu, J. (2011). *Beginning Teachers' Understanding Performances of Technology Integration.pdf*. 31, 211–223.
- Hasan, H. (2012). *Pendidikan Sejarah Indonesia, Isu dalam Ide dan Pembelajaran*. (p. 204). Bandung: Rizqi Press.
- Heitink, M., Voogt, J., Verplanken, L., Van Braak, J., & Fisser, P. (2016). Teachers' professional reasoning about their pedagogical use of technology. *Computers and Education*, 101, 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.009>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Koh, J. H. L., Chai, C. S. ., & Tay, L. . (2014). TPACK-in-Action: Unpacking the contextual influences of teachers' construction of technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 78, 20–29.
- Kozikoğlu, İ., & Babacan, N. (2019). The investigation of the relationship between Turkish EFL teachers' technological pedagogical content knowledge skills and attitudes towards technology. *Journal of Language and Linguistic Studies*, 15(1), 20–33. <https://doi.org/10.17263/jlls.547594>
- Maulana, A. R., & Mutianingsih, N. (2021). The Influence of Quipper School LMS on Learning Results of Arithmetic Sequences and Series in High School of Dr. Soetomo During The COVID-19 Pandemic. *Matematika dan Pembelajaran*, 9(1), 24–30.
- Murtiyasa, B., & Atikah, M. D. (2021). Kemampuan TPACK Mahasiswa Calon Guru Matematika pada Mata Kuliah Praktikum Pembuatan Alat Peraga Matematika. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 10(4), 2577. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v10i4.4351>
- Omoso, E., & Odindo, F. (2020). TPACK in Teacher Education: Using Pre-Service Teachers' Self-Reported TPACK to Improve Pedagogic Practice. *International Journal of Education and Research*, 8(5), 125–138. [www.ijern.com](http://www.ijern.com)
- Prayitno, L. L., & Mutianingsih, N. (2021). Penggunaan SPADA Selama Masa Covid-19: Studi Kasus di Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. *Wahana: Tridarma Perguruan Tinggi*, 73(1), 99–107.
- Resqueta, M. C., & Mutianingsih, N. (2022). Implementasi Alat Peraga Abang Olenq pada Pembelajaran Pengukuran Berat Tidak Baku di Jenjang Sekolah Dasar. *JAMES (Journal of Mathematics Education and Science)*, 5(2), 129–135.
- Sugiyono, D. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Tindakan*. Alfabeta.

- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2017). A comprehensive investigation of TPACK within pre-service teachers' ICT profiles: Mind the gap! *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 46–60. <https://doi.org/10.14742/ajet.3504>
- Valtonen, T., Sointu, E., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Lambert, M. C., & Mäkitalo-Siegl, K. (2017). TPACK updated to measure pre-service teachers' twenty-first century skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 15–31. <https://doi.org/10.14742/ajet.3518>
- Voogt, J., & McKenney, S. (2017). TPACK in teacher education: are we preparing teachers to use technology for early literacy? *Technology, Pedagogy and Education*, 26(1), 69–83. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2016.1174730>