

# Pengembangan Model Pembelajaran *Project-Based Scaffolding TPACK*

Novi Ratna Dewi\*, Ani Rusilowati, Sigit Saptono, Sri Haryani

Pascasarjana Universitas Negeri Semarang, Jl. Kelud Utara III, Petompon, Kec. Gajahmungkur, Kota Semarang, Jawa Tengah 50237, Indonesia

\*Corresponding Author: [rusilowati@mail.unnes.ac.id](mailto:rusilowati@mail.unnes.ac.id)

**Abstrak.** Pembelajaran abad 21 menuntut guru IPA untuk memiliki pengetahuan yang baik dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pengajaran. Penting bagi para guru IPA memiliki pengetahuan tentang teknologi, yang dikenal dengan kerangka TPACK. TPACK memaparkan pengetahuan yang penting bagi guru di era milenial untuk mengintegrasikan teknologi dalam proses pengajarannya. Untuk memastikan peserta didik mampu mengembangkan, mempraktikkan, dan menerapkan keterampilan abad 21, guru IPA harus menguasai TPACK. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model PBST yang valid dan efektif untuk meningkatkan penguasaan TPACK mahasiswa calon guru. Penelitian ini menggunakan model pengembangan *ADDIE*. Data validasi ahli dianalisis menggunakan Aiken's V, data kepraktisan dianalisis secara deskriptif, data penguasaan TPACK dianalisis menggunakan *independent t-test*. Model PBST hasil pengembangan memiliki sintaks *Orientation, Exploration, Workshop, Modelling, Peer Review, Evaluation*. Model PBST yang dikembangkan telah teruji valid dan praktis digunakan dalam pembelajaran. Model PBST yang dikembangkan juga terbukti dapat meningkatkan penguasaan TPACK calon guru IPA.

**Kata kunci:** project-based scaffolding TPACK; calon guru; TPACK.

**Abstract.** 21st century learning requires science teachers to have good knowledge in integrating technology into teaching. It is important for science teachers to have knowledge of technology, known as the TPACK framework. TPACK describes the knowledge that is important for teachers in the millennial era to integrate technology in their teaching process. To ensure that students are able to develop, practice, and apply 21st century skills, science teachers must master TPACK. The purpose of this study is to develop a valid and effective PBST model to increase pre-service teachers TPACK mastery. This study uses the ADDIE development model. Expert data validation was analysed using Aiken's V, practicality data was analysed descriptively, mastery of TPACK data was analysed using independent t-test. The results of the development of the PBST Model have the syntax of Orientation, Exploration, Workshop, Modelling, Peer Review, Evaluation. The developed PBST model has been tested and practically used in learning. The developed PBST model is also proven to be able to increase the mastery of TPACK for pre-service science teachers.

**Key words:** project-based scaffolding TPACK; pre-service teacher; TPACK.

**How to Cite:** Dewi, N.R., Rusilowati, A., Saptono, S., Haryani, S. (2022). Pengembangan Model Pembelajaran *Project-Based Scaffolding TPACK*. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, 2022, 795-801.

## PENDAHULUAN

Perkembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam Revolusi Industri 4.0 (4IR) memacu perkembangan dunia yang sangat cepat pada era abad ke-21 (Shafie *et al*, 2019). Era ini melibatkan teknologi yang mengubah sistem sosial, ekonomi, bahkan skenario pendidikan (Shafie *et al*, 2019). Rotherham & Willingham (2009) berpendapat bahwa kesuksesan seorang siswa bergantung pada kecakapan abad ke-21, sehingga siswa harus belajar untuk memilikinya. Sekolah dituntut mampu menyiapkan siswa memasuki abad ke-21. Hal tersebut tentunya menuntut guru harus memiliki keterampilan mengajar yang akan membantu siswa menghadapi tantangan global di abad ke-21.

Guru IPA saat ini harus menyadari tuntutan 4IR, sehingga cara mengajar di kelas pun harus berubah mengacu pada pembelajaran abad 21

(Shafie *et al*, 2019). Sejalan dengan tuntutan tersebut, program pendidikan calon Guru IPA di LPTK merupakan salah satu program yang perlu dipersiapkan dan direncanakan dengan baik. Guru tidak hanya ahli dalam kompetensi profesional, tapi juga harus tahu pedagogi pengajaran seperti yang ditekankan oleh Shulman (1986) dalam kerangka *Pedagogical Content Knowledge (PCK)*. Sementara itu di abad ke-21, penting bagi para guru IPA untuk memiliki pengetahuan yang baik dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam pengajaran. Oleh karena itu, mereka perlu memiliki pengetahuan tentang teknologi, seperti yang dikemukakan oleh Mishra dan Koehler (2006) sebagai kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)*.

*TPACK* adalah sebagai kerangka kerja teoretis dalam memahami pengetahuan guru yang diperlukan untuk integrasi teknologi yang efektif

dengan memperkenalkan hubungan dan kompleksitas antara ketiga komponen dasar pengetahuan (teknologi, pedagogi, dan konten) (Koehler & Mishra, 2008; Mishra & Koehler, 2006). *TPACK* memaparkan pengetahuan yang penting bagi guru di era milenial untuk mengintegrasikan teknologi dalam proses pengajarannya (Zhang, 2011). Ini melibatkan interaksi antara teknologi, pedagogi, dan konten yang terpisah satu sama lain, dan kerangka kerja ini menekankan interaksi antara tiga aspek ini dan bentuk pengetahuan lainnya (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin, & Graham, 2014). Kerangka *TPACK* untuk menjawab tantangan pembelajaran abad 21 juga berlaku untuk bidang pendidikan IPA. Menanggapi mandat ini, pendidik IPA telah memperbarui upaya mereka untuk mempromosikan integrasi teknologi pembelajaran dan praktik berbasis inkuiri ke dalam pengajaran mereka untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang sains dan juga untuk lebih mempersiapkan mereka sebagai angkatan kerja abad 21 (Pringle *et al*, 2015).

Telah banyak penelitian terkait dengan *TPACK*. Topik yang paling sering diteliti adalah tentang aspek pengetahuan teknologi. Penelitian terkait teknologi yang telah dilakukan diantaranya hambatan integrasi teknologi informasi dan komunikasi dalam pembelajaran (de Freitas & Spangenberg, 2019), pengaruh kepercayaan diri mengenai teknologi terhadap kemampuan *TPACK* calon guru (Abbitt, 2011; Hodges, 2018; Semiz dan Ince, 2018; Oskay, 2017). Namun seperti pada penjelasan sebelumnya bahwa *TPACK* tidak hanya berfokus pada peningkatan pengetahuan teknologi, sehingga penelitian *TPACK* yang hanya terfokus pada pengetahuan teknologi masih bersifat parsial.

Penelitian yang membahas tentang kemampuan *TPACK* Guru dan calon Guru juga sudah banyak dilakukan. Sebagian besar penelitian berfokus pada pengukuran kemampuan *TPACK* (Giannakos *et al*, 2015; Urban *et al*, 2018; Vivian dan Valker; 2019) dan pengukuran persepsi Guru terhadap *TPACK* (Luik, et al, 2018 dan Redmond, 2019). Dari pengukuran tersebut sebagian besar menghasilkan bahwa kemampuan *TPACK* calon Guru masih belum baik terutama untuk di negara-negara Asia.

Penelitian tentang kemampuan *TPACK* pada Guru dan calon Guru IPA sudah dilakukan walaupun jumlahnya masih sangat sedikit. Kafyulilo *et al* (2015) melakukan penelitian terkait penggunaan teknologi informasi pada

pendidikan Guru IPA dan matematika untuk mengembangkan kemampuan *TPACK*. Alayyar *et al* (2012) melaporkan hasil penelitiannya tentang pengembangan kerangka *TPACK* yang didukung dengan *Blended Learning*. Canbazoglu et al (2016) meneliti tentang kursus metode sains yang berfokus pada *TPACK* berdampak pada *TPACK* calon guru IPA. Mishra *et al* (2019) meneliti tentang konsepsi Guru tentang teknologi dalam inkuiri sains otentik menggunakan *TPACK*. Keempat penelitian di atas baru pada tahap pengukuran kemampuan *TPACK* Guru IPA.

Penelitian yang menggunakan kerangka kerja *TPACK* juga memberikan temuan bahwa integrasi TIK pada pembelajaran, sebagian besar hanya digunakan untuk menggantikan instruksi guru, bukan mengubah praktik pengajaran dan pembelajaran untuk mendukung pembelajaran abad 21 (Pringle, Dawson, & Ritzhaupt, 2015). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk mengembangkan lebih lanjut model pembelajaran dengan desain yang dapat mendorong kemampuan mendesain pembelajaran menuju *TPACK* sehingga dapat mendukung tingkat transformasi pembelajaran yang lebih inovatif. Penelitian Turmuzi dan Kurniawan (2021) menunjukkan bahwa kompetensi mahasiswa calon guru pada pelaksanaan pembelajaran terendah berada pada perencanaan pembelajaran, dan pemanfaatan teknologi. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kompetensi pedagogik mahasiswa calon guru di LPTK pada kenyataannya masih perlu untuk ditingkatkan. Kompetensi yang perlu ditingkatkan terutama pada pemanfaatan teknologi pembelajaran, perencanaan pembelajaran, dan pengetahuan *TPACK*.

Berdasarkan hasil penelitian awal dapat terlihat bahwa sangat sedikit mahasiswa calon guru IPA yang memiliki penguasaan *TPACK* yang baik. Hal ini disebabkan karena berdasarkan hasil observasi kurikulum, rencana pembelajaran semester dan pelaksanaan pembelajaran pada mata kuliah strategi dan desain pembelajaran IPA belum maksimal dalam memfasilitasi mahasiswa dalam menguasai *TPACK* secara terintegrasi. Berdasarkan hasil penelitian dan observasi terdapat kesenjangan antara kondisi ideal dan fakta yang terjadi. Strategi untuk mengembangkan kemampuan *TPACK* calon guru IPA sangat diperlukan, sehingga calon guru IPA dapat mengintegrasikan *TPACK* dalam mendesain pembelajaran IPA yang dapat melatih keterampilan abad ke-21 kepada peserta didik.

Hal ini timbul pertanyaan bagaimana cara meningkatkan penguasaan *TPACK* mahasiswa calon guru IPA dengan mengembangkan model pembelajaran dari yang sudah ada sebelumnya.

Berdasarkan studi pustaka yang dilakukan, terdapat hal yang belum dilakukan pada penelitian sebelumnya (baik peneliti di Indonesia maupun secara global), yaitu mengembangkan sebuah model yang dapat meningkatkan penguasaan *TPACK* mahasiswa calon guru IPA sehingga dapat meningkatkan kemampuan mendesain pembelajaran IPA. Model yang dikembangkan pada penelitian ini adalah *Project-Based Scaffolding TPACK (PBST)* pada mata kuliah desain dan strategi pembelajaran IPA.

Model *PBST* dikembangkan dengan mengkombinasikan keunggulan dari *Scaffolded TPACK Lesson Design Model (STLDM)* yang dikembangkan oleh Chai dan Kohl (2017) dengan Model *Project Based Learning (PjBL)* menurut *The George Lucas Education Foundation (2005)* dengan menambahkan tahapan *Modelling*. Tahapan *STLDM* yang dikembangkan oleh Chai dan Kohl (2017) meliputi: *identify goal, identify learner, identify learning objective, plan instructional activities, choose media/ create icb – based resources* dan *develop assessment tools*. Tahapan Model *PjBL* menurut *The George Lucas Education Foundation (2005)* adalah *start with the essential question, design a plan for the project, create a schedule, monitor the students and the progress of the project, assess the outcome* dan *evaluate*. Pengembangan model *PBST* ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan penguasaan *TPACK* mahasiswa calon guru IPA.

Calon guru dibekali kompetensi dasar yang harus dimiliki yaitu: kompetensi pedagogik, kompetensi kepribadian, kompetensi profesional, dan kompetensi sosial. Salah satu mata kuliah pendukung kompetensi pedagogic adalah strategi dan desain pembelajaran IPA. Mata Kuliah ini membekali calon guru IPA untuk dapat menguasai *TPACK* dan mengimplementasikannya ketika mendesain pembelajaran IPA yang inovatif sehingga dapat melatih keterampilan abad ke-21 kepada peserta didik. Hasil observasi pada Rencana Pembelajaran Semester (RPS) dan pelaksanaan pembelajaran menunjukkan bahwa pada mata kuliah strategi dan desain pembelajaran IPA belum maksimal dalam memfasilitasi mahasiswa dalam menguasai *TPACK* secara terintegrasi dan bagaimana cara mendesain pembelajaran yang berbasis *TPACK*. Tujuan penelitian ini adalah

mengembangkan model *PBST* yang valid dan efektif dalam mengembangkan penguasaan *TPACK* mahasiswa calon guru.

## METODE

Penelitian ini menggunakan *Research and Development (RnD) Design*. Penelitian ini menggunakan model pengembangan *Analysis Design Development Implementation and Evaluation (ADDIE)*. Prosedur penelitian dalam mengembangkan model *PBST* meliputi:

### a. Analysis

Dilakukan observasi awal yang mencakup analisis dokumen/ perangkat perkuliahan serta wawancara dengan Dosen dan Mahasiswa untuk identifikasi masalah terkait penguasaan *TPACK* Mahasiswa dan model pembelajaran yang digunakan. Pada tahap ini juga dilakukan kajian pustaka pada artikel yang terkait *TPACK*.

### b. Desain

Merancang instrumen penilaian, rencana pembelajaran, dan membuat rancangan awal model yang dikembangkan. Desain model *PBST* yang telah dirancang mencakup pedoman penggunaan model *PBST*, Rancangan pembelajaran semester (RPS), bahan ajar, lembar penilaian komponen *TPACK* pada rencana pembelajaran pertemuan (RPP) yang dibuat oleh mahasiswa, lembar penilaian komponen RPP, serta alat evaluasi untuk mengukur kemampuan *TPACK*.

### c. Development

Tahap proses revisi dan penggabungan konten yang sudah dirancang dalam tahap desain. Model *PBST* yang dirancang divalidasi oleh 5 ahli pembelajaran IPA melalui kegiatan Fokus grup diskusi (FGD) sehingga diperoleh saran untuk perbaikan. Setelah model dan perangkat mendapatkan penilaian valid, maka siap di uji coba. Tahap uji coba dilakukan kepada 80 mahasiswa pendidikan IPA Universitas Negeri Semarang untuk mengetahui kepraktisan dari produk yang dikembangkan.

### d. Implementation

Tahap Implementasi dilaksanakan di Prodi Pendidikan IPA UNNES dan UNTIDAR. Implementasi model *Scaffolding TPACK* dilakukan menggunakan rancangan *Pretest-Posttest Control Group Design*

### e. Evaluation

Tahap evaluasi dilakukan disetiap tahap pengembangan setiap kali terdapat saran dan masukan baik dari validator, dosen, maupun mahasiswa. Pengambilan data tentang penguasaan *TPACK* dan peningkatan

kemampuan mendesain pembelajaran calon Guru IPA juga dilakukan pada tahap ini.

Metode pengumpulan data yang digunakan ialah angket untuk mendapatkan data validasi ahli dan kepraktisan oleh mahasiswa, metode tes untuk mengukur kemampuan TPACK, serta lembar penilaian untuk kemampuan mendesain pembelajaran IPA. Lembar validasi ahli dianalisis menggunakan Aiken's V (Aiken, 1985), data kepraktisan dianalisis secara deskriptif, data penguasaan TPACK dianalisis menggunakan *independent t-test*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Project-Based Scaffolding TPACK (PBST) dikembangkan melalui penggabungan model Scaffolding TPACK Lesson Design Model (STLDM) (Chai dan Koh, 2017) dan model Project Based Learning (The George Lucas Education Foundation, 2005) dengan menambahkan tahapan Modelling untuk memberikan gambaran implementasi dan memperkuat pengetahuan terhadap suatu materi. Dalam penerapan model PBST ini mengintegrasikan metode scaffolding yang didasarkan pada teori Vygotsky yang dipadukan

dengan model PjBL. Scaffolding disini dengan memberikan sejumlah petunjuk kepada mahasiswa selama tahap-tahap awal pembelajaran, memberikan proyek kemudian mahasiswa tersebut mengambil alih tanggung jawab yang semakin besar setelah ia dapat melakukannya, sehingga mahasiswa menjadi mandiri. Penerapan PjBL dapat membuat peserta didik mendapatkan pembelajaran yang bermakna. Peserta didik diberi kesempatan untuk menggali sendiri informasi dari berbagai sumber, membuat presentasi, mengkomunikasikan hasil, bekerja dalam kelompok, memberikan usul atau gagasannya dan berbagai aktivitas lainnya. Semuanya menggambarkan tentang bagaimana semestinya orang dewasa belajar agar lebih bermakna.

Model ini dikembangkan untuk mengatasi permasalahan masih rendahnya penguasaan TPACK mahasiswa calon guru, yang mengakibatkan pengetahuan mendesain pembelajaran kurang inovatif dan kurang memfasilitasi pengembangan keterampilan abad 21 peserta didik. Profil model PBST dijelaskan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Matrik Sintaks Model *Project-Based Scaffolding TPACK*

No.	Tahap <i>Project-Based Scaffolding TPACK</i>	Aktivitas Mahasiswa	Aktivitas Dosen
1	<i>Orientation</i>	Menganalisis komponen TPACK dari RPP yang diberikan oleh dosen.	Menyajikan 2 contoh perangkat pembelajaran yang berbeda (1 RPP biasa dan RPP berbasis TPACK) dan panduan penilaian perangkat
2	<i>Exploration</i>	Mempelajari kerangka kerja TPACK; Konsep dasar dan aplikasi CK, PK, TK, PCK, TPK, TCK, dan TPACK dalam pembelajaran IPA	Memberikan pengenalan konsep terkait kerangka TPACK dalam pembelajaran IPA yang dilaksanakan dengan model studi kasus.
3	<i>Workshop</i>	Menyusun jadwal dan mengembangkan proyek untuk membuat RPP IPA berbasis TPACK.	Memberikan tugas proyek untuk membuat RPP berbasis TPACK. Bersama dengan siswa menyusun jadwal penyelesaian proyek, dan memantau kemajuan proyek siswa
4	<i>Modelling</i>	Mengamati best practice dari guru senior terkait penyusunan RPP berbasis TPACK kemudian merevisi perangkat pembelajaran yang telah dibuat berdasarkan hasil best practice	Menghadirkan guru senior untuk memberikan <i>best practice</i> terkait penyusunan RPP berbasis TPACK
5	<i>Peer Review</i>	Menyajikan RPP yang telah dibuat, melakukan peer review terhadap perangkat RPP yang telah dibuat temannya, dan merevisi perangkat pembelajaran berdasarkan masukan dari temannya	Memfasilitasi panduan dan lembar penilaian komponen RPP dan TPACK, kemudian memberikan usulan RPP yang telah dikembangkan siswa
6	<i>Evaluation</i>	Menyajikan produk akhir RPP yang telah dibuat, merevisi RPP berdasarkan masukan dosen dan kemudian melakukan tes untuk menilai penguasaan TPACK	Melakukan penilaian dan memberikan umpan balik mengenai kemampuan merancang RPP, kemudian menilai penguasaan TPACK siswa

Model yang telah dikembangkan selanjutnya divalidasi kepada 5 pakar pembelajaran IPA. Selain model PBST yang tertuang dalam buku panduan penggunaan model, produk lain berupa

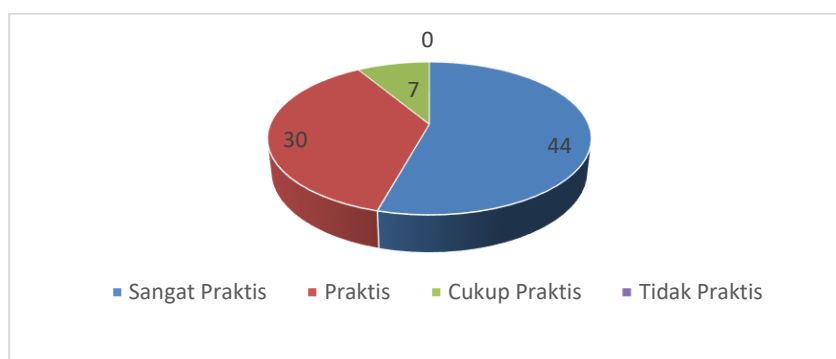
buku ajar, RPS, alat evaluasi TPACK, dan lembar penilaian RPP serta lembar penilaian komponen TPACK dalam RPP. Hasil validasi produk penelitian tersebut disajikan dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Validasi Produk Penelitian

Produk Penelitian	$V_{hitung}$	Kriteria
Model PBST	0,91	Valid
Buku Ajar	0,92	Valid
RPS	0,96	Valid
Alat Evaluasi TPACK	0,93	Valid
Lembar penilaian RPP	0,93	Valid

Berdasarkan Tabel 2. dapat diketahui bahwa seluruh produk hasil penelitian mendapatkan kriteria valid, hal ini dikarenakan nilai  $V_{hitung} > V_{tabel}$ . Model PBST yang telah

dikembangkan, dinilai kepraktisannya oleh mahasiswa. Hasil penilaian kepraktisan dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Capaian Kepraktisan Model PBST

Gambar 2. menunjukkan bahwa tahapan model PBST, mendapatkan capaian rata-rata sangat praktis. Hal ini menunjukkan bahwa setiap tahapan dalam model PBST dapat diterima dan diikuti dengan baik oleh mahasiswa. Model PBST yang dikembangkan telah teruji valid dan praktis digunakan, selanjutnya model diterapkan pada 3 kelas eksperimen. Data penguasaan TPACK calon guru IPA yang telah didapatkan dari kelas eksperimen diuji hipotesis *independent t-test* untuk melihat apakah ada perbedaan nilai

*post-test* antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. *Independent t-test* dilakukan pada kelas yang berasal dari populasi yang sama. Eksperimen 1, eksperimen 2, kontrol 1, dan kontrol 2 berasal dari populasi mahasiswa pendidikan IPA Universitas Negeri Semarang, sedangkan eksperimen 3 dan kontrol 3 berasal dari populasi mahasiswa pendidikan IPA Universitas Tidar. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil *independent t-test* penguasaan TPACK Calon Guru IPA

Kelas	df	$t_{tabel}$	$t_{hitung}$
Eksperimen 1 dan Kontrol 1	47	2.012	6.787
Eksperimen 1 and Kontrol 2	45	2.014	6.205
Eksperimen 2 and Kontrol 1	47	2.012	6.604
Eksperimen 2 and Kontrol 2	45	2.014	6.045
Eksperimen 3 and Kontrol 3	68	1.996	7.303

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa terdapat perbedaan rata-rata skor TPACK yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Hal ini ditunjukkan dengan semua data uji memperoleh

nilai  $t_{hitung}$  lebih dari  $t_{tabel}$  yang berarti bahwa rata-rata hasil TPACK pada kelas eksperimen lebih besar dari pada kelas kontrol. Perbedaan ini disebabkan oleh model PBST, calon guru IPA

lebih banyak memperoleh pengetahuan terkait TPACK pada tahap orientasi dan eksplorasi. Khusus pada tahap eksplorasi, siswa menganalisis konten IPA dalam kurikulum IPA SMP sebagai aplikasi CK (Carlson et al, 2019), menganalisis PK seperti model, strategi, pendekatan, metode, dan teknik pembelajaran dan pembelajaran abad 21 (Neumann dkk, 2019). Mereka juga menganalisis penggunaan alat TIK dan non-TIK dalam pembelajaran (Alt, 2018). Selain itu, pengetahuan tentang integrasi ketiga pengetahuan tersebut ke dalam PCK, TPK, TCK, dan TPACK juga digali.

## SIMPULAN

Model PBST hasil pengembangan memiliki sintaks *Orientation, Exploration, Workshop, Modelling, Peer Review, Evaluation*. Model PBST yang dikembangkan telah teruji valid dan praktis digunakan dalam pembelajaran. Model PBST yang dikembangkan juga terbukti dapat meningkatkan penguasaan TPACK calon guru IPA

## REFERENSI

- Abbitt, J. T. (2011). An Investigation of the Relationship between Self-Efficacy Beliefs about Technology Integration and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) among Preservice Teachers. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 27(4), 134–143.
- Alayyar, G. M., Fisser, P., & Voogt, J. (2012). Developing technological pedagogical content knowledge in pre-service science teachers: Support from: Blended learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(8), 1298–1316.
- Alt, D. (2018). Science teachers' conceptions of teaching and learning, ICT efficacy, ICT professional development and ICT practices enacted in their classrooms. *Teaching and teacher Education*, 73, 141-150.
- Chai, C. S., & Koh, J. H. L. (2017). Changing teachers' TPACK and design beliefs through the Scaffolded TPACK Lesson Design Model (STLDM). *Learning: Research and Practice*, 1-16.
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., ... & Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77-94). Springer, Singapore.
- De Freitas, G., & Spangenberg, E. D. (2019). Mathematics teachers' levels of technological pedagogical content knowledge and information and communication technology integration barriers. *Pythagoras*, 40(1), 1–13
- Giannakos, M. N., Doukakis, S., Crompton, H., Chrisochoides, N., Adamopoulos, N., & Giannopoulou, P. (2015). Examining and mapping CS teachers' technological, pedagogical and content knowledge (TPACK) in K-12 schools. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-Febru*(February).
- Hodges, C. B. (2018). Self-efficacy in instructional technology contexts. *Self-Efficacy in Instructional Technology Contexts*, 1–292.
- Kafyulilo, A., Fisser, P., Pieters, J., & Voogt, J. (2015). ICT use in science and mathematics teacher education in Tanzania: Developing technological pedagogical content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(4), 381–399.
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., & Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 101-111). Springer, New York, NY.
- Luik, P., Taimalu, M., & Suviste, R. (2018). Perceptions of technological, pedagogical and content knowledge (TPACK) among pre-service teachers in Estonia. *Education and Information Technologies*, 23(2), 741–755. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9633-y>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. In *annual meeting of the American Educational Research Association* (pp. 1-16).
- Mishra, C., Ha, S. J., Parker, L. C., & L. Clase, K. (2019). Describing teacher conceptions of technology in authentic science inquiry using technological pedagogical content knowledge as a lens. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 47(4), 380–387.
- Neumann, K., Kind, V., & Harms, U. (2019). Probing the amalgam: the relationship

- between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 847-861.
- Oskay, Ö. Ö. (2017). An investigation of teachers' self efficacy beliefs concerning educational technology standards and technological pedagogical content knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8), 4739-4752.
- Pringle, R. M., Dawson, K., & Ritzhaupt, A. D. (2015). Integrating Science and Technology: Using Technological Pedagogical Content Knowledge as a Framework to Study the Practices of Science Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 648-662.
- Redmond, P., & Lock, J. (2019). Secondary pre-service teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK): What do they really think? *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(3), 45-54. <https://doi.org/10.14742/ajet.4214>.
- Rotherham, A. J., & Willingham, D. (2009). 21st century. *Educational leadership*, 67(1), 16-21.
- Semiz, K., & Ince, M. L. (2012). Pre-service physical education teachers' technological pedagogical content knowledge, technology integration self-efficacy and instructional technology outcome expectations. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(7), 1248-1265.
- Shafie, H., Majid, F. A., & Ismail, I. S. (2019). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) in teaching 21st century skills in the 21st century classroom. *Asian Journal of University Education*, 15(3), 24-33.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4-14.
- Turmuzi, M., & Kurniawan, E. (2021). Kemampuan Mengajar Mahasiswa Calon Guru Matematika Ditinjau dari Technological Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) pada Mata Kuliah Micro Teaching. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3), 2484-2498.
- Urban, E. R., Navarro, M., & Borron, A. (2018). TPACK to GPACK? The examination of the technological pedagogical content knowledge framework as a model for global integration into college of agriculture classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 73, 81-89.
- Vivian, R., & Falkner, K. (2019). Identifying teachers' technological pedagogical content knowledge for computer science in the primary years. *ICER 2019 - Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research*, 147-155.
- Global SchoolNet. (2005). Introduction to Networked Project-Based Learning. Diunduh pada tanggal 23 Mei 2022 dari <http://www.gsn.org/web/pbl/whatis.htm>
- Zhang, B. H. (2011). CK , PCK , TPCK , and non-intellectual factors in sustaining an iMVT innovation for Science learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 2142-2147.