



## Peningkatan Penguasaan Konsep Siswa Melalui Pembelajaran STEM-PjBL dan TPACK pada Materi Fluida Statis

Received  
05 March 2021

Revised  
22 July 2021

Accepted for Publication  
28 July 2021

Published  
27 November 2021

R Prastiyan, E Purwaningsih\*, S Koes-H

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Kota Malang, 65145, Indonesia

\*E-mail: endang.purwaningsih.fmipa@um.ac.id



This work is licensed under a  
[Creative Commons  
Attribution-ShareAlike 4.0  
International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

### Abstract

This study aims to see the students' mastery of concepts in one of the high schools in Tulungagung Regency in static fluid. This research is a quasi-experiment study involved 21 students at experimental and control classes. Instruments was used in the form of essays totaling nine questions have been validated by expert and tested on 35 students. Experiment class have learned by STEM-PjBL with TPACK while control class by conventional method. The result show experiment class (Mdn = 31,00) has higher conceptual understanding than control class (Mdn = 4,50),  $U=9,500$ ,  $p<0,05$ . This result implies that STEM-PjBL learning with TPACK can used to enhance on students' mastery of concepts.

**Keywords:** STEM, PJBL, TPACK, Conceptual Understanding

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penguasaan konsep siswa di salah satu SMA di Kabupaten Tulungagung pada materi fluida statis. Studi ini merupakan penelitian kuasi eksperimen yang melibatkan 21 siswa pada kelas eksperimen dan kontrol. Instrumen yang digunakan berbentuk soal uraian sejumlah sembilan soal yang telah divalidasi oleh ahli dan diujicoba pada 35 siswa. Kelas eksperimen menggunakan pembelajaran STEM-PjBL dengan TPACK sementara kelas kontrol menggunakan metode konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa pada kelas eksperimen (Mdn = 31,00) memiliki penguasaan konsep yang lebih tinggi dibanding kelas kontrol (Mdn = 4,50),  $U=9,500$ ,  $p<0,05$ . Hasil ini menunjukkan implikasi bahwa STEM-PjBL dengan TPACK dapat digunakan untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa pada materi fluida statis.

**Kata Kunci:** STEM, PjBL, TPACK, Penguasaan konsep.

### 1. Pendahuluan

Studi terkait penguasaan konsep siswa pada materi fluida statis cukup mendapat perhatian oleh para peneliti dalam beberapa tahun terakhir. Studi-studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam mempelajari konsep fluida statis. Sebagai contoh, pada submateri tekanan hidrostatis, siswa tidak dapat mengidentifikasi dengan benar gaya-gaya yang bekerja pada suatu cairan [1], selain itu siswa juga mengalami miskonsepsi dengan menganggap bahwa tekanan dipengaruhi oleh volume air [2] tekanan dipengaruhi jarak dinding dan semua titik dianggap memiliki tekanan yang sama [3]. Hasil studi menunjukkan pula bahwa pada submateri Hukum Pascal siswa juga mengalami kesulitan, misalnya siswa memiliki anggapan bahwa total gaya pada penampang

besar dan kecil selalu bernilai konstan [4]. Siswa juga beranggapan luas penampang piston berbanding terbalik dengan gaya yang dihasilkan [5]. Terkait submateri Hukum Archimedes, siswa masih kebingungan dalam menentukan besaran yang berpengaruh pada gaya apung, di mana siswa berasumsi benda yang memiliki massa lebih besar akan tenggelam sementara benda dengan massa yang lebih kecil akan terapung [6]. Berbagai kesulitan tersebut menunjukkan bahwa siswa belum menguasai konsep fluida statis dengan baik.

Banyak cara telah dilakukan untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa pada materi fluida statis. Salah satu cara yang banyak digunakan adalah dengan mengurangi miskonsepsi siswa, misalnya menggunakan model pembelajaran 5E pada submateri gaya apung [7], mengembangkan PDEODE\*E berbasis *three stay two stray* dalam pembelajaran di kelas [8], atau mengaplikasikan media EduPlasa [9]. Selain itu, untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa, Mujasam menggunakan lembar kerja siswa berbasis eksperimen [10], sementara Rahmawati menggunakan pembelajaran dengan inkuiri terbimbing [11] dan Lutfia menggunakan model *Probing Prompting* [12]. Berdasar penjabaran sebelumnya dapat dikatakan bahwa untuk meningkatkan penguasaan konsep diperlukan pembelajaran aktif. Pembelajaran aktif dapat pula ditemui dalam pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*). Tujuan pendidikan STEM adalah untuk menumbuhkan keterampilan abad ke-21 [13]. STEM dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan kegiatan desain proyek [14]. Di Uni Emirat Arab, pembelajaran STEM menekankan pada pendidikan karena sains, teknologi, teknik, dan matematika mencerminkan perkembangan ekonomi [15]. Penerapan STEM dalam pendidikan berdampak pada pembelajaran siswa, yang dapat dilihat sebagai pendorong kemajuan negara dalam sains, teknik, inovasi, ekonomi, dan daya saing internasional [16].

Dalam perkembangannya, pendidikan STEM berkembang dan bersinergi dengan pembelajaran yang telah lama ada, salah satunya dengan *Project Based Learning* (PjBL). Kombinasi STEM dan *Project Based Learning* memberi siswa pengalaman kontekstual dan otentik yang memperkuat konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika siswa [17]. Proyek di PjBL biasanya kompleks dan terdiri dari tujuh komponen: mengidentifikasi tujuan dan kendala, melakukan penelitian, menemukan ide, menganalisis ide, membangun model, menguji dan meningkatkan, serta mengkomunikasikan dan merefleksikan [18]. Proses yang kompleks memberikan peluang dan kesempatan kepada guru untuk memasukkan komponen STEM ke dalam pembelajaran [19]. Kesimpulannya, penggabungan STEM dengan PjBL dapat meningkatkan efektifitas, menghasilkan pembelajaran yang bermakna, dan memengaruhi sikap siswa dalam mengejar karir di masa depan [20]. Meskipun demikian, bagaimana mendesain pembelajaran STEM-PjBL belum banyak diungkapkan dalam literatur.

Agar pembelajaran STEM-PjBL maksimal, diperlukan kerangka kerja yang tepat. Kerangka kerja yang dimaksud salah satunya adalah TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*) karena mengatur integrasi antara teknologi dengan pedagogi dan konten materi ajar [21]. TPACK merupakan pengembangan dari PCK dengan melibatkan teknologi dan dianggap sebagai model baru keahlian guru abad 21 [22]. TPACK merupakan model keahlian penting bagi guru untuk pembelajaran dengan teknologi digital yang efektif [23]. Penggabungan teknologi yang sesuai dengan konten dan konteks dapat digunakan untuk membantu memfasilitasi proses penyelidikan dalam kelas [24]. Implementasi kerangka kerja TPACK dapat menjembatani pengetahuan konten, praktik pengajaran, dan penggunaan teknologi yang memadai secara bersamaan untuk pembelajaran yang efektif [25]. Oleh karena itu studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh pembelajaran STEM-PjBL yang dikembangkan dengan kerangka TPACK terhadap penguasaan konsep siswa pada materi fluida statis.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen [26]. Subjek penelitian melibatkan siswa kelas XI salah satu SMA negeri di Tulungagung tahun ajaran 2019/2020 yang terdiri dari dua kelas menggunakan teknik *cluster sampling*. Kelas eksperimen terdiri dari 11 siswa belajar dengan model STEM-PjBL dan TPACK sementara kelas kontrol terdiri dari 10 siswa belajar dengan model konvensional.

Tabel 1. Pembelajaran STEM-PjBL dengan TPACK

Sintaks	Langkah Pembelajaran	Komponen TPACK	Teknologi yang digunakan
<i>Reflection</i>	Menampilkan video dalam kehidupan sehari-hari yang terkait konsep yang akan dipelajari.	<i>Content Knowledge</i> <i>Pedagogical Knowledge</i> <i>Technological Knowledge</i>	<i>Youtube</i> <i>Browser</i> <i>Moodle</i> <i>Handphone</i> <i>Zoom</i>
<i>Research</i>	Memberikan permasalahan untuk menemukan solusinya. Membuat rancangan proyek sederhana. Membuat proyek sederhana.	<i>Technological Content Knowledge</i> <i>Pedagogical Knowledge</i> <i>Technological Knowledge</i> <i>Technological Pedagogical Knowledge</i>	<i>Browser</i> <i>Moodle</i> <i>Handphone</i> <i>Whatsapp</i> <i>Virtual lab</i>
<i>Discovery</i>	Menguji kelayakan proyek.	<i>Technological Knowledge</i> <i>Content Knowledge</i>	<i>Handphone</i> <i>Moodle</i>
<i>Application</i>	Melakukan percobaan.	<i>Content Knowledge</i>	Timbangan
<i>Communication</i>	Mempresentasikan proyek dan hasil percobaan.	<i>Content Knowledge</i> <i>Technological Content Knowledge</i> <i>Pedagogical Knowledge</i> <i>Technological Knowledge</i> <i>Pedagogical Content Knowledge</i>	PPT LCD Papan tulis

Data penguasaan konsep siswa diperoleh melalui tes menggunakan sembilan butir soal uraian yang telah tervalidasi. Instrumen kemudian diujicoba pada 35 siswa untuk menentukan uji validitas menggunakan *Pearson Correlation* dan uji reliabilitas menggunakan *Cronbach's Alfa* sehingga diperoleh nilai reliabilitas sebesar 0,898. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji statistik nonparametrik Mann-Whitney. Hal ini disebabkan jumlah data relatif kecil serta tidak terdistribusi normal. Menurut Field [27], untuk statistik nonparametrik skor median lebih mampu mendeskripsikan data daripada skor rata-rata. Oleh karena itu, skor yang ditampilkan dalam hasil studi ini adalah median.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil

*Pretest* dilaksanakan pada siswa kelas eksperimen dan kontrol sebelum pembelajaran dilakukan sementara *posttest* dilaksanakan setelah menyelesaikan pembelajaran materi fluida statis. *Pretest* ini dilakukan untuk mengetahui pengetahuan awal siswa sementara *posttest* dilakukan untuk mengetahui penguasaan konsep siswa pada materi fluida statis setelah adanya perlakuan. Kelas eksperimen sejumlah 11 siswa memiliki nilai median *pretest* penguasaan konsep sebesar 17,00 dengan *interquartile range* 11, sementara kelas kontrol sejumlah 10 siswa memiliki nilai median *pretest* penguasaan konsep sebesar 11,00 dengan *interquartile range* 8. Dari hasil yang diperoleh terdapat perbedaan perolehan nilai median *pretest* penguasaan konsep di mana kelompok eksperimen memiliki nilai median yang lebih tinggi dibanding kelas kontrol. Sementara untuk *posttest* kelas eksperimen diperoleh nilai median penguasaan konsep sebesar 31,00 dengan *interquartile range* 25 dan kelas kontrol memperoleh nilai median *posttest* penguasaan konsep sebesar 4,50 dengan *interquartile range* 12.

Tabel 2. Deskripsi Data Pretest dan Posttest Penguasaan Konsep Siswa

No.	Variabel	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
<i>Pretest</i>	Jumlah siswa	11	10
	Median	17,00	11,00
	<i>Interquartile range</i>	11	8
<i>Posttest</i>	Jumlah siswa	11	10
	Median	31,00	4,50
	<i>Interquartile range</i>	25	12

*Posttest* penguasaan konsep dilakukan setelah siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol menyelesaikan pembelajaran materi fluida statis. *Posttest* dilakukan untuk mengetahui penguasaan konsep siswa pada materi fluida statis setelah adanya perlakuan. Siswa kelas eksperimen sejumlah 11 siswa memperoleh nilai median *posttest* penguasaan konsep sebesar 31,00 dengan *interquartile range* 25. Sementara itu, kelas kontrol sejumlah 10 siswa memperoleh nilai median *posttest* penguasaan konsep sebesar 4,50 dengan *interquartile range* 12.

**Tabel 3** Deskripsi Data *Posttest* Penguasaan Konsep Siswa

No.	Variabel	Kelas Eksperimen	Kelas Kontrol
1.	Jumlah siswa	11	10
2.	Median	31,00	4,50
3.	<i>Interquartile range</i>	25	12

Sebelum melakukan analisis dengan uji beda, uji prasyarat dilakukan dengan melihat normalitas data. Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui sebaran data pada variabel yang digunakan. Uji normalitas pada data *pretest* dan *posttest* penguasaan konsep serta kemampuan berpikir kritis menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dengan bantuan SPSS. Data dinyatakan terdistribusi normal apabila  $p > 0,05$ . Perolehan nilai signifikansi *pretest* penguasaan konsep pada kelas eksperimen adalah  $p > 0,05$  dan kelas kontrol adalah  $p < 0,05$ . Kelas eksperimen memperoleh nilai signifikansi 0,055 ( $p > 0,05$ ) sementara kelas kontrol memperoleh nilai signifikansi 0,046 ( $p < 0,05$ ). Berdasarkan hasil yang diperoleh, data *pretest* penguasaan konsep siswa kelas eksperimen dinyatakan terdistribusi normal dan data *pretest* penguasaan konsep siswa kelas kontrol dinyatakan tidak terdistribusi normal. Perolehan nilai signifikansi *posttest* penguasaan konsep pada kelas eksperimen adalah  $p > 0,05$  dan kelas kontrol adalah  $p < 0,05$ . Kelas eksperimen memperoleh nilai signifikansi 0,130 ( $p > 0,05$ ) sementara kelas kontrol memperoleh nilai signifikansi 0,012 ( $p < 0,05$ ). Berdasarkan hasil yang diperoleh, data *pretest* penguasaan konsep siswa kelas eksperimen dinyatakan terdistribusi normal dan data *pretest* penguasaan konsep siswa kelas kontrol dinyatakan tidak terdistribusi normal.

**Tabel 4.** Uji Normalitas *Pretest* dan *Posttest* Penguasaan Konsep Kelas Eksperimen dan Kontrol

Data	Kelompok	Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.
<i>Pretest</i> penguasaan konsep	Eksperimen	0,858	11	0,055
	Kontrol	0,841	10	0,046
<i>Posttest</i> penguasaan konsep	Eksperimen	0,888	11	0,130
	Kontrol	0,792	10	0,012

Uji statistik non parametrik Mann Whitney digunakan untuk mengetahui perbedaan penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kritis siswa kelas eksperimen dan kontrol. Hasil uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan penguasaan konsep antara kelas eksperimen (Mdn = 31,00) dengan kelas kontrol (Mdn = 4,50),  $U=9,500$ ,  $p<0,05$ .

**Tabel 5.** Uji Mann Whitney Penguasaan Konsep Siswa

Data	n	U	P value
<i>Pretest</i> kelas eksperimen	11	31,500	0,093
<i>Pretest</i> kelas kontrol	11		
<i>Posttest</i> kelas kontrol	11	9,500	0,001
<i>Posttest</i> kelas eksperimen	11		

### 3.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa STEM dalam penelitian ini berkontribusi terhadap penguasaan konsep siswa. Tujuan pendidikan STEM adalah untuk menumbuhkan keterampilan abad ke-21 [13]. STEM dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa, keterampilan berpikir tingkat tinggi, dan

kegiatan desain proyek [14]. Penerapan STEM dalam pendidikan berdampak pada pembelajaran siswa, yang dapat dilihat sebagai pendorong kemajuan negara dalam sains, teknik, inovasi, ekonomi, dan daya saing internasional [16]. STEM sering diharapkan untuk mengatasi masalah skor rendah pada penilaian internasional seperti TIMSS dan PISA serta berkurangnya jumlah siswa yang ingin memiliki pekerjaan terkait sains dan teknologi [28].

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian terdahulu, dimana kombinasi STEM dan PjBL memberi siswa pengalaman kontekstual dan otentik yang memperkuat konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika siswa [17]. Proyek di PjBL biasanya kompleks dan terdiri dari tujuh komponen: mengidentifikasi tujuan dan kendala, melakukan penelitian, menemukan ide, menganalisis ide, membangun model, menguji dan meningkatkan, serta mengkomunikasikan dan merefleksikan [18]. Proses yang kompleks memberikan peluang dan kesempatan kepada guru untuk memasukkan komponen STEM ke dalam pembelajaran [19]. Pembelajaran PjBL biasanya membutuhkan waktu yang lama dan dilakukan secara kolaboratif sehingga siswa dapat bekerja sama dengan waktu yang cukup untuk menyelesaikan tantangan saat mengintegrasikan komponen STEM [29]. Pembelajaran dengan PjBL STEM meningkatkan prestasi matematika siswa. [30]. Proyek yang diberikan memberikan kesempatan siswa bekerja dengan konsep, berdiskusi dalam kelompok, dan mempresentasikan pekerjaan mereka [31].

Hal yang baru dalam penelitian ini adalah pengembangan yang dilakukan dengan kerangka TPACK. Perkembangan teknologi membuat guru tidak cukup jika hanya menguasai konten materi ajar serta cara mengajarkannya saja, tetapi juga harus dapat menguasai dan mengkaitkan teknologi dalam pembelajaran. Kerangka kerja yang mengatur integrasi antara teknologi dengan pedagogi dan konten materi ajar adalah *Technological Pedagogical Content Knowledge* [32]. TPACK merupakan pengembangan dari PCK dengan melibatkan teknologi dan dianggap sebagai model baru keahlian guru abad 21 [33]. Penggabungan teknologi yang sesuai dengan konten dan konteks dapat digunakan untuk membantu memfasilitasi proses penyelidikan dalam kelas [24].

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Pembelajaran STEM-PjBL dengan TPACK memiliki pengaruh terhadap penguasaan konsep siswa pada materi fluida statis. Pembuatan proyek sederhana berupa parkir hidrolik dan jembatan ponton membuat siswa memiliki kesempatan untuk lebih memahami konsep. Kombinasi STEM dan PjBL memberikan siswa pengalaman autentik dan kontekstual sehingga konsep STEM siswa menjadi semakin kuat.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada guru dan siswa siswi kelas XI MIPA 3 dan XI MIPA 4 SMAN 1 Pakel Kabupaten Tulungagung yang telah berkenan memberikan waktunya untuk peneliti melakukan penelitian.

#### Daftar Rujukan

- [1] D. E. Young and D. C. Meredith, "Using the resources framework to design, assess, and refine interventions on pressure in fluids," *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, vol. 13, no. 1, p. 010125, May 2017, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010125.
- [2] M. E. Loverude, P. R. L. Heron, and C. H. Kautz, "Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure," *Am. J. Phys.*, vol. 78, no. 1, pp. 75–85, Jan. 2010, doi: 10.1119/1.3192767.
- [3] M. Goszewski, A. Moyer, Z. Bazan, and D. J. Wagner, "Exploring student difficulties with pressure in a fluid," Philadelphia, PA, USA, 2013, pp. 154–157. doi: 10.1063/1.4789675.
- [4] A. Ammase, P. Siahaan, and A. Fitriani, "Identification of junior high school students' misconceptions on solid matter and pressure liquid substances with four tier test," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1157, p. 022034, Feb. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1157/2/022034.
- [5] Irwansyah, Sukarmin, and Harjana, "Analysis Profile of Student Misconceptions on The Concept of Fluid Based Instrument Three-Tier Test," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1097, p. 012020, Sep. 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1097/1/012020.

- [6] D. D. Nooritasari, S. Kusairi, and H. Wisodo, "The exploration of mechanistic reasoning ability for high school students in static fluids," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1511, p. 012075, Apr. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1511/1/012075.
- [7] Salih Çepni and Çiğdem Şahin, "Effect of Different Teaching Methods and Techniques Embedded in the 5E Instructional Model on Students' Learning about Buoyancy Force," *Int. J. Phys. Chem. Educ.*, vol. 4, no. 2, Aug. 2012, Accessed: Jul. 12, 2021. [Online]. Available: <https://www.ijpce.org/index.php/IJPCE/article/view/98>
- [8] R. Rahmi, A. Samsudin, and H. Imansyah, "The development of PDEODE\*E task based three stay two stray on static fluid," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1280, p. 052040, Nov. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1280/5/052040.
- [9] A. Halim, E. Mahzum, Zanaton, and H. Humairah, "Impact of the *EduPlasa* interactive media on reducing misconceptions of static fluid in high school students," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1521, p. 022026, Apr. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1521/2/022026.
- [10] M. Mujasam, A. Y. T. Allo, and M. Ansaruddin, "The effectiveness of experiment-based student worksheets with map concept in understanding the physics concepts of static fluid materials," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1157, p. 032023, Feb. 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1157/3/032023.
- [11] I. D. Rahmawati, Suparmi, and W. Sunarno, "Students concept understanding of fluid static based on the types of teaching," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 983, p. 012029, Mar. 2018, doi: 10.1088/1742-6596/983/1/012029.
- [12] A. Lutfia, A. Asyhari, and Saigy, "Effectiveness of the implementation of probing-prompting learning model on student learning outcomes in the discussion of static fluid," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1572, p. 012025, Jun. 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1572/1/012025.
- [13] D. M. Shelley and D. S. A. Kiray, "RESEARCH HIGHLIGHTS IN STEM EDUCATION," p. 209, 2018.
- [14] S.-C. Fan and K.-C. Yu, "How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 27, no. 1, pp. 107–129, Mar. 2017, doi: 10.1007/s10798-015-9328-x.
- [15] M. Eltanahy, S. Forawi, and N. Mansour, "Incorporating Entrepreneurial Practices into STEM Education: Development of Interdisciplinary E-STEM Model in High School in the United Arab Emirates," *Think. Ski. Creat.*, vol. 37, p. 100697, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.tsc.2020.100697.
- [16] H.-C. Kuo, Y.-C. Tseng, and Y.-T. C. Yang, "Promoting college student's learning motivation and creativity through a STEM interdisciplinary PBL human-computer interaction system design and development course," *Think. Ski. Creat.*, vol. 31, pp. 1–10, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.tsc.2018.09.001.
- [17] R. M. Capraro, Ed., *STEM project-based learning: an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*, 2. ed. Rotterdam [u.a]: Sense Publ, 2013.
- [18] S. Han, R. Rosli, M. M. Capraro, and R. M. Capraro, "Journal of Turkish Science Education, 11(1),3-23," *J. Turk. Sci. Educ.*, p. 28, 2016.
- [19] Z. H. Wan, W. M. W. So, and Y. Zhan, "Developing and Validating a Scale of STEM Project-Based Learning Experience," *Res. Sci. Educ.*, Oct. 2020, doi: 10.1007/s11165-020-09965-3.
- [20] K.-H. Tseng, C.-C. Chang, S.-J. Lou, and W.-P. Chen, "Attitudes towards science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 23, no. 1, pp. 87–102, Feb. 2013, doi: 10.1007/s10798-011-9160-x.
- [21] M. J. Koehler, P. Mishra, and W. Cain, "What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?," *J. Educ.*, vol. 193, no. 3, pp. 13–19, Oct. 2013, doi: 10.1177/002205741319300303.
- [22] P. Mishra and M. J. Koehler, "Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge," *Teach. Coll. Rec.*, vol. 108, no. 6, pp. 1017–1054, Jun. 2006, doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.
- [23] M. Schmid, E. Brianza, and D. Petko, "Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans," *Comput. Hum. Behav.*, vol. 115, p. 106586, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.chb.2020.106586.
- [24] J. L. Maeng, B. K. Mulvey, L. K. Smetana, and R. L. Bell, "Preservice Teachers' TPACK: Using Technology to Support Inquiry Instruction," *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 22, no. 6, pp. 838–857, Dec. 2013, doi: 10.1007/s10956-013-9434-z.

- [25] C.-J. Wang, "Facilitating the emotional intelligence development of students: Use of technological pedagogical content knowledge (TPACK)," *J. Hosp. Leis. Sport Tour. Educ.*, vol. 25, p. 100198, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.jhlste.2019.100198.
- [26] J. W. Creswell and V. L. P. Clark, "Designing and Conducting Mixed Methods Research," p. 760, 2018.
- [27] A. P. Field, *Discovering statistics using SPSS: and sex, drugs and rock "n" roll*, 3rd ed. Los Angeles: SAGE Publications, 2009.
- [28] P. Pimthong and J. Williams, "Preservice teachers' understanding of STEM education," *Kasetsart J. Soc. Sci.*, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.kjss.2018.07.017.
- [29] Education Bureau, "Report on Promotion of STEM Education: Unleashing Potential in Innovation." Education Bureau, 2016.
- [30] S. Han, R. M. Capraro, and M. M. Capraro, "How science, technology, engineering, and mathematics project based learning affects high-need students in the U.S.," *Learn. Individ. Differ.*, vol. 51, pp. 157–166, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.lindif.2016.08.045.
- [31] D. R. Johnson, L. Renzulli, J. Bunch, and M. Paino, "Everyday Observations: Developing a Sociological Perspective through a Portfolio Term Project," *Teach. Sociol.*, vol. 41, no. 3, pp. 314–321, Jul. 2013, doi: 10.1177/0092055X13480642.
- [32] M. J. Koehler, P. Mishra, and W. Cain, "What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?," *J. Educ.*, vol. 193, no. 3, pp. 13–19, Oct. 2013, doi: 10.1177/002205741319300303.
- [33] P. Mishra and M. J. Koehler, "Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge," *Teach. Coll. Rec.*, vol. 108, no. 6, pp. 1017–1054, Jun. 2006, doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.