

Kemampuan TPACK Calon Guru Fisika dalam Pembelajaran Fisika Eksperimen Berpendekatan Online STEM

Desy Kumala Sari¹, Richard Samuel Waremra², Pri Ariadi Cahya Dinata³

Universitas Musamus^{1,2}, Universitas Palangka Raya³
sari_fkip@unmus.ac.id

Article History

received 23/1/2022

revised 9/4/2022

accepted 18/4/2022

Abstract

This study aims to improve the ability of prospective TPACK physics teachers after participating in Experimental Physics learning using the STEM online approach. The research respondents involved were student physics teacher candidates who took part in the experimental physics course. The research method was an experiment with pretest-posttest control group design. Research data were obtained through TPACK-STEM questionnaires given at the beginning and end of learning. The results of the study were analyzed using the analysis of the ideal standard deviation (S_{Bi}) and obtained the standard. Data analysis showed that there was an increase in the TPACK-STEM ability of prospective physics teacher students before the application of online-STEM learning from a score of 50.25 with the "Enough" criteria to 64 which was in the "Very Good" category. In addition, there is also the effect of applying online-STEM learning in experimental physics learning with a gain value of 0.4 which is in the "medium" category. Future research is expected to be more creative in presenting project assignments in online-STEM learning.

Keywords: Experiment physics, online, STEM, TPACK

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan TPACK calon guru fisika setelah mengikuti pembelajaran Fisika Eksperimen menggunakan pendekatan online STEM. Responden penelitian yang terlibat adalah mahasiswa calon guru fisika yang mengikuti program matakuliah fisika eksperimen. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan desain one group pretest-posttest. Data penelitian diperoleh melalui angket TPACK-STEM yang diberikan di awal dan akhir pembelajaran. Hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis simpangan baku ideal (S_{Bi}) dan gain standar. Analisis data menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kemampuan TPACK-STEM mahasiswa calon guru fisika sebelum penerapan pembelajaran online-STEM yakni dari skor 50.25 dengan kriteria "Cukup" menjadi 64 yang berada pada kategori "Sangat Baik". Selain itu, juga terdapat pengaruh penerapan pembelajaran online-STEM dalam pembelajaran Fisika eksperimen dengan nilai gain 0.4 yang berada pada kategori "sedang". Penelitian selanjutnya diharapkan dapat lebih kreatif dalam pemberian tugas proyek dalam pembelajaran online-STEM.

Kata kunci: Fisika eksperimen, online, STEM, TPACK



PENDAHULUAN

Pembelajaran di era revolusi industri 4.0 mewajibkan pengintegrasian teknologi. Guru diuntut untuk mampu memilih teknologi yang tepat dengan materi dan strategi pembelajarannya. Tuntutan ini semakin bertambah setelah menyebarnya *Covid-19*. Hal ini dikarenakan pembelajaran yang biasanya dilaksanakan secara tatap muka harus dipadukan dengan teknologi dengan melaksanakan pembelajaran secara online (Dinata, Sari, dan Suparwoto 2020). Guru tidak hanya dituntut untuk memadukan teknologi dalam pembelajaran namun juga dapat memilih teknologi yang tepat dan efektif dalam pembelajaran (Misbah et al. 2021). Keadaan ini menuntut kemampuan pedagogik guru untuk digunakan (Supriadi, Bahri, dan Waremra 2018). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, diperoleh informasi bahwa kemampuan *Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK)* guru fisika di distrik Merauke berada pada kategori “sedang” (Reski dan Sari 2020). Informasi ini menunjukkan bahwa perlu adanya suatu upaya untuk meningkatkan kemampuan *TPACK* guru fisika.

Upaya yang dapat dilakukan untuk menumbuhkan kemampuan *TPACK* adalah pada mahasiswa calon guru fisika di Universitas Musamus adalah dengan melatih kemampuan tersebut dalam kegiatan perkuliahan yang diikuti. Fisika Eksperimen merupakan salah satu matakuliah yang dapat melatih kemampuan *TPACK*. Tujuan akhir dari matakuliah ini adalah agar mahasiswa calon guru fisika dapat menyusun suatu panduan praktikum sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Hal ini merupakan keterkaitan antara kemampuan pedagogik dan kemampuan konten (materi fisika). Seiring dengan pelaksanaan pembelajaran jarak jauh, mahasiswa calon guru dituntut untuk memadukan kedua kemampuan tersebut dengan kemampuan teknologi (Chai et al. 2019; Sukaesih, Ridlo, dan Saptono 2017; Supriadi et al. 2018). Perpaduan kemampuan inilah yang dikenal dengan *TPACK*.

Kemampuan *TPACK* dapat ditingkatkan melalui pembelajaran yang memadukan berbagai bidang keilmuan yang saling berkait (Alatas dan Yakin 2021; Sari 2021; Sartika 2019). Solusi yang dapat ditawarkan yakni dengan melaksanakan pembelajaran dengan pendekatan *science, technology, engineering, and mathematic (STEM)*. Penggunaan pendekatan *STEM* ini mendorong mahasiswa calon guru fisika untuk menghasilkan sebuah produk (Sari et al. 2021; Sari, Uspayanti, dan Dinata 2020; Sartika 2019). Melalui penguasaan beberapa konsep ilmu pengetahuan (*science*) dipadukan secara matematis (*mathematic*) kemudian dikaitkan dengan teknologi (*technology*), ketiga bidang ini kemudian direkayasa (*engineering*) untuk menghasilkan sebuah produk (Alatas dan Yakin 2021). Dengan demikian penelitian ini difokuskan untuk meningkatkan kemampuan *TPACK* calon guru fisika melalui pembelajaran dengan pendekatan *online STEM*. Produk akhir yang diharapkan dari kegiatan pembelajaran tersebut adalah e-modul praktikum yang dipadukan dengan berbagai metode pembelajaran.

Pembelajaran dilaksanakan secara online sesuai dengan hasil angket kesiapan mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Musamus dalam pembelajaran online, diperoleh informasi (Sari, et al. 2020) bahwa keterampilan calon guru fisika di Universitas Musamus dalam menggunakan komputer dan *smartphone* cukup tinggi sekitar 59% dari jumlah responden. Pemahaman calon guru fisika terhadap teknologi *e-learning* juga tinggi sekitar 65% dari jumlah responden. Bahkan skitar 87.5% calon guru fisika telah menguasai *Learning Management System (LMS)* dan dapat menggunakan aplikasi *video conference* dalam pembelajaran. Terkait kepemilikan *smartphone* dan laptop, ternyata hanya 9.4% mahasiswa yang tidak memiliki kedua fasilitas tersebut. Berarti bahwa 90.6% calon guru fisika di Universitas Musamus telah memiliki perangkat *smartphone* dan laptop yang merupakan sarana pembelajaran *online*. Terkait koneksi internet yang dimiliki calon guru fisika dalam melaksanakan pembelajaran *online*, ternyata sekitar 81.6% calon guru fisika menyatakan bahwa memiliki koneksi internet yang memadai dalam pembelajaran *online*. Dengan demikian, pelaksanaan

pembelajaran Fisika Eksperimen dengan pendekatan *online STEM* dapat dilaksanakan pada calon guru fisika di Universitas Musamus.

Kemampuan *TPACK* sangat penting dimiliki oleh guru (Reski and Sari 2020). Kemampuan ini dapat membantu guru dalam menumbuhkan kompetensi-kompetensi yang wajib dimilikinya (Dinata, Rahzianta, dan Suparwoto 2018; Dinata, Suparwoto, dan Sari 2020; Sari et al. 2021). Upaya untuk meningkatkan kemampuan ini melalui pembelajaran dengan pendekatan *online STEM* pada matakuliah Fisika Eksperimen. Sesuai dengan tujuan akhir matakuliah ini yakni menghasilkan sebuah *e-modul praktikum*, maka melalui perkuliahan ini dapat melatih kemampuan *TPACK* calon guru fisika. Harapannya setelah mengikuti perkuliahan terdapat peningkatan kemampuan *TPACK* mahasiswa calon guru fisika.

Hasil dari penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan *TPACK* calon guru fisika. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan ini adalah dengan menerapkan *online STEM* dalam pembelajaran Fisika Eksperimen. Produk hasil pembelajaran selain berupa peningkatan kemampuan *TPACK* juga dihasilkan *E-Modul Praktikum* yang dikembangkan oleh calon guru fisika selama pelaksanaan pembelajaran Fisika Eksperimen. Produk yang dikembangkan oleh calon guru fisika ini diharapkan dapat membantu mahasiswa dalam melaksanakan praktikum di masa pandemi *Covid-19* yang mana harus sesuai dengan protokol kesehatan. Peningkatan kemampuan *TPACK* pada calon guru fisika menjadi bekal untuk dimanfaatkan apabila mengikuti perkuliahan selanjutnya, maupun diterapkan dalam profesinya sebagai guru nantinya. Produk yang dihasilkan dapat dimanfaatkan bagi peserta didik tingkat SMA dalam melakukan praktikum fisika.

METODE

Kegiatan penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif (Sugiyono 2016). Penelitian jenis ini menghasilkan data berupa angka-angka dan dapat dianalisis menggunakan statistik. Melalui penelitian ini dapat ditentukan beberapa variabel dari obyek yang diteliti, dan dapat membuat instrumen untuk mengukur variabel yang dimaksud. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan *TPACK* calon guru fisika dengan perlakuan berupa pembelajaran dengan pendekatan *online STEM* pada matakuliah Fisika Eksperimen.

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini diberikan perlakuan berupa penerapan pembelajaran dengan pendekatan *online STEM*. Variabel independen dalam penelitian ini yakni pendekatan *online STEM* dalam pembelajaran Fisika Eksperimen, sedangkan variabel dependennya berupa kemampuan *TPACK* calon guru fisika. Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *one group pretest posttest*. Gambaran desain eksperimen yang digunakan disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Desain Eksperimen

<i>Pretest</i>	<i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>
A ₁	X	A ₂

Data dalam penelitian ini dikumpulkan menggunakan teknik nontes dengan instrumen berupa angket yang dikembangkan sendiri oleh peneliti sesuai dengan indikator *TPACK*. Kisi-kisi angket *TPACK-STEM* yang dimodifikasi (Chai et al. 2019) sesuai dengan kebutuhan dan pelaksanaan pembelajaran menggunakan *STEM-Online* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kisi-Kisi Angket TPACK-STEM

No	Indikator	Pernyataan
1	<i>TPEK</i> (<i>Technological Pedagogical Engineering Knowledge</i>)	Saya dapat menggunakan teknologi untuk membantu peserta didik dalam memecahkan masalah teknik yang kompleks (misal: menggunakan google meet untuk pembelajaran online) .
2		Saya memiliki kompetensi untuk memfasilitasi peserta didik dalam pembelajaran menggunakan berbagai aplikasi seluler dan perangkat lunak (misalnya: menggunakan SIGIL dalam pembuatan bahan ajar elektronik)
3		Saya memiliki kompetensi untuk menganalisis pembelajaran untuk mendorong peserta didik berkolaborasi secara online dalam menyelesaikan tugas proyek yang diberikan.
4		Saya memiliki kompetensi untuk melibatkan peserta didik dalam membangun pengetahuan tentang proses desain teknik menggunakan berbagai bentuk teknologi digital (misalnya presentasi PowerPoint, pengeditan video dan foto, pembuatan buku elektronik).
5	<i>TPMK</i> (<i>Technological Pedagogical Mathematics Knowledge</i>)	Saya mampu menggunakan aplikasi/software perhitungan matematis (misalnya : Microsft Excel , SPSS, dll) dan dapat menjadi bekal untuk membimbing peserta didik untuk menghasilkan berbagai hasil perhitungan matematis yang masuk akal.
6		Saya mengetahui beberapa aplikasi/software online yng berguna untuk menghitung solusi matematika (misalnya: kalkulator online/offline) yang dapat digunakan untuk membantu peserta didik dalam pembelajaran yang memerlukan perhitungan matematis
7		Saya memiliki kompetensi untuk melibatkan peserta didik dalam membangun model matematika yang mungkin tentang masalah dunia nyata dengan teknologi yang sesuai (misalnya pembuatan grafik menggunakan Microsoft excel).
8		Saya memiliki kompetensi dalam mendorong peserta didik untuk mendiskusikan pengetahuan matematika yang terlibat ketika mereka bersama-sama membangun produk yang mungkin pada komputer dengan anggota tim.
9	<i>TPSK</i> (<i>Technological Pedagogical Science Knowledge</i>)	Saya tahu bagaimana memilih teknologi yang tepat (misalnya menggunakan pencatat data seperti microsoft excel, SPSS, MATLAB, dll) berdasarkan topik sains untuk melibatkan peserta didik dalam kegiatan berupa tugas proyek.
10		Saya kompeten dalam membantu peserta didik untuk secara kritis mensintesis informasi dari

No	Indikator	Pernyataan
11		berbagai sumber berbasis web untuk penyelidikan sains. Saya dapat menggunakan teknologi untuk memfasilitasi peserta didik dalam kolaborasi berkelanjutan untuk penyelidikan sains di luar kelas (misalnya menggunakan perangkat seluler /smartphone/PC untuk berbagi data).
12		Saya dapat menggunakan teknologi untuk merangsang peserta didik untuk membangun hipotesis ilmiah yang mungkin dalam proyek penyelidikan sains.
13	<i>ISTEM (Integration Science</i>	Saya mampu merumuskan masalah STEM yang baik untuk merangsang pembelajaran interdisipliner peserta didik.
14	<i>Technology Engineering and Mathematics)</i>	Saya dapat merancang pelajaran yang secara tepat mengintegrasikan konten dan teknologi STEM interdisipliner untuk pembelajaran yang berpusat pada peserta didik.
15		Saya dapat merencanakan kegiatan belajar-mengajar yang berbeda untuk berbagai mata pelajaran yang terlibat dalam proyek STEM.
16		Saya dapat memfasilitasi konstruksi pengetahuan peserta didik untuk proyek STEM menggunakan alat TIK yang berbeda.

Angket yang dikembangkan kemudian diberikan di awal dan di akhir perkuliahan. Skor penilaian pada angket ini berupa skala likert dengan 5 (lima) skala. Data penilaian kemampuan TPACK dianalisis menggunakan teknik analisis Simpangan Baku Ideal (Sb_i). Teknik ini digunakan untuk memperoleh kategori kemampuan TPACK calon guru fisika. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan menggunakan kriteria kualitas kemampuan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria kualitas kemampuan

Rumus	Kategori
$X > \bar{X}_i + 1.8 \times Sb_i$	Sangat Baik
$\bar{X}_i + 0.6 \times Sb_i < X \leq \bar{X}_i + 1.8 \times Sb_i$	Baik
$\bar{X}_i - 0.6 \times Sb_i < X \leq \bar{X}_i + 0.6 \times Sb_i$	Cukup
$\bar{X}_i - 1.8 \times Sb_i < X \leq \bar{X}_i - 0.6 \times Sb_i$	Kurang
$X \leq \bar{X}_i - 1.8 \times Sb_i$	Sangat Kurang

Sumber: (Widoyoko 2009)

Nilai yang diperoleh dari hasil angket TPACK-STEM dianalisis menggunakan gain standar dengan tujuan untuk memetakan rata-rata skor TPACK-STEM yang diperoleh. Persamaan analisis gain standar disajikan pada Persamaan 1.

$$\text{Gain standar} = \frac{\text{Skor posttest} - \text{Skor pretest}}{\text{Skor maksimum} - \text{skor pretest}} \quad (1)$$

Tabel 4. Pembagian Skor Gain

Nilai N-Gain	Kategori
$g > 0.7$	Tinggi
$0.3 \leq g \leq 0.7$	Sedang
$g < 0.3$	Rendah

Hasil analisis yang diperoleh kemudian dideskripsikan kemudian ditarik kesimpulan berdasarkan data hasil analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan pelaksanaan observasi terkait kesiapan mahasiswa jurusan pendidikan fisika dalam melaksanakan pembelajaran secara online. Angket kesiapan mahasiswa kemudian disebarkan sebagai data awal penelitian. Berdasarkan hasil analisis respon mahasiswa terhadap kesiapan dalam pembelajaran online, diperoleh informasi bahwa keterampilan calon guru fisika di Universitas Musamus dalam menggunakan komputer dan smartphone cukup tinggi sekitar 59% dari jumlah responden. Pemahaman calon guru fisika terhadap teknologi *e-learning* juga tinggi sekitar 65% dari jumlah responden. Bahkan skitar 87.5% calon guru fisika telah menguasai *Learning Management System* (LMS) dan dapat menggunakan aplikasi *video conference* dalam pembelajaran. Terkait kepemilikan *smartphone* dan laptop, ternyata hanya 9.4% mahasiswa yang tidak memiliki kedua fasilitas tersebut. Berarti bahwa 90.6% calon guru fisika di Universitas Musamus telah memiliki perangkat *smartphone* dan laptop yang merupakan sarana pembelajaran *online*. Terkait koneksi internet yang dimiliki calon guru fisika dalam melaksanakan pembelajaran *online*, ternyata sekitar 81.6% calon guru fisika menyatakan bahwa memiliki koneksi internet yang memadai dalam pembelajaran *online*. Dengan demikian, pelaksanaan pembelajaran Fisika Eksperimen dengan pendekatan *online STEM* dapat dilaksanakan pada calon guru fisika di Universitas Musamus. Data yang kesiapan mahasiswa dalam pembelajaran online menjadi dasar penelitian ini. Kegiatan setelah observasi yang dilakukan, yakni dengan melaksanakan rapat pada tanggal 19 Agustus 2021 dan 02 September 2021 dengan tujuan penyusunan perangkat pembelajaran beserta angket TPACK-STEM. Angket TPACK-STEM mengarah langsung pada obyek yang telah dipelajari dalam pembelajaran fisika eksperimen.

Selanjutnya dilaksanakan kegiatan penelitian dengan menggunakan pendekatan online STEM. Penelitian ini dilaksanakan sebanyak 4 kali pertemuan secara online dengan hasil akhir berupa produk penuntun praktikum yang memadukan berbagai bidang STEM yakni, Science, Technology, Engineering, and Mathematic. Pertemuan online dilaksanakan dengan menggunakan bantuan zoom dan juga whatsapp sebagai media komunikasi. Pertemuan akhir dalam penelitian dengan mempresentasikan produk yang dibuat oleh mahasiswa sebanyak empat kelompok.

Kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan menggunakan pendekatan online-STEM dengan tujuan meningkatkan TPACK calon guru fisika, kemudian di berikan angket TPACK-STEM untuk mengetahui hasilnya. Angket ini diberikan menggunakan google form. Data hasil angket TPACK-STEM kemudian di analisis menggunakan Simpangan Baku Ideal (SBI).

Tabel 5. Kriteria Kemampuan TPACK-STEM

Rentang Skor	Kriteria Kualitas
$X > 63$	Sangat Baik
$51 < X \leq 63$	Baik
$39 < X \leq 51$	Cukup
$27 < X \leq 39$	Kurang
$X \leq 27$	Sangat Kurang

Data awal yang dianalisis merupakan data pretest dengan rata-rata skor 50.25. Sedangkan data hasil posttest menunjukkan rata-rata skor sebesar 64. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan skor. Jika diinterpretasikan sesuai dengan kriteria kemampuan TPACK-STEM pada Tabel 5.2, maka kemampuan TPACK-STEM calon guru fisika di awal perkuliahan sebesar 50.25 dengan kriteria "Cukup". Setelah diberikan perlakuan, diperoleh data kemampuan TPACK-STEM calon guru fisika meningkat dengan rata-rata skor sebesar 64 yang berada pada kategori "Sangat Baik".

Nilai pretes dan posttest kemudian dianalisis menggunakan gain standar untuk mengetahui pengaruh penerapan online STEM dalam pembelajaran Fisika Eksperimen. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh nilai gain standar sebesar 0.4, yang diinterpretasikan seperti dalam tabel 3.3 yang berada pada kategori "sedang". Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh penerapan online STEM dalam pembelajaran Fisika Eksperimen dengan tingkatan "sedang" yang berate terdapat pengaruh penerapan online STEM dalam pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan TPACK-STEM calon guru fisika.

Tabel 6. Kriteria Kemampuan TPEK, TPMK, TPSK, dan iSTEM

Rentang Skor	Kriteria Kualitas
$X > 16.806$	Sangat Baik
$13.602 < X \leq 16.806$	Baik
$10.398 < X \leq 13.602$	Cukup
$7.194 < X \leq 10.398$	Kurang
$X \leq 7.194$	Sangat Kurang

Selanjutnya dianalisis berdasarkan indikatornya yakni, TPEK (Technological Pedagogical Engineering Knowledge), TPMK (Technological Pedagogical Mathematics Knowledge), TPSK (Technological Pedagogical Science Knowledge), dan iSTEM (Integrative Science Technology Engineering and Mathematics). Hasil analisis menunjukkan rata-rata skor pretes responden untuk aspek TPEK (Technological Pedagogical Engineering Knowledge) sebesar 12.875 yang berada pada kategori "cukup" sedangkan rerata skor postes sebesar 16.88 berada pada kategori "sangat baik" (Tabel 5.3). sehingga disimpulkan kemampuan TPEK (Technological Pedagogical Engineering Knowledge) menagalami peningkatan dengan nilai gain sebesar 0,6 dengan kategori "sedang" yang berarti teradapat pengaruh penerapa online STEM dalam pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan TPEK.

Aspek selanjutnya yakni TPMK (Technological Pedagogical Mathematics Knowledge) dengan skor pretes sebesar 14 dengan kategori "baik" dan skor postest 17 dengan kategori "sangat baik" (Tabel 5.3). Nilai gain standar untuk TPMK yakni 0.5 yang berada pada kategori sedang (Tabel 3.3). Dapat disimpulkan bahwa kemampuan TPMK calon guru fisika mengalami peningkatan dari kategori "baik" menjadi "sangat baik", dengan pengaruh penerapan online STEM pada tingkatan sedang. Aspek ketiga yang di analisis yakni TPSK (Technological Pedagogical Science Knowledge) dengan skor rata-rata pretest sebesar 11.5 pada kriteria "cukup" dengan skor postes sebesar 15.63 pada kriteria "baik". Data ini kemudian dianalisis menggunakan gain standar diperoleh nilai sebesar 0.5 yang juga berada pada kategori "sedang". Dapat disimpulkan bahwa kemampuan TPSK calon guru fisika mengalami peningkatan dari kategori "cukup" menjadi "baik", dengan pengaruh penerapan online STEM pada tingkatan "sedang". Aspek terakhir yang dianalisis yakni, iSTEM (Integrative Science Technology Engineering and Mathematics) dengan skor pretes sebesar 11.87 pada kategori "cukup" dan postes sebesar 14.5 pada kategori "baik". Nilai gain yang diperoleh pada aspek ini

yakni 0.3 dengan tingkatan “sedang”. Dapat disimpulkan bahwa kemampuan TPSK calon guru fisika mengalami peningkatan dari kategori “cukup” menjadi “baik”, dengan pengaruh penerapan online STEM pada tingkatan “sedang”.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data maka disimpulkan bahwa terdapat peningkatan kemampuan TPACK-STEM mahasiswa calon guru fisika sebelum penerapan pembelajaran online-STEM yakni dari skor 50.25 dengan kriteria “Cukup” menjadi 64 yang berada pada kategori “Sangat Baik”. selain itu, juga terdapat pengaruh penerapan pembelajaran online-STEM dalam pembelajaran Fisika eksperimen dengan nilai gain 0.4 yang berada pada kategori “sedang”. Perlu dilaksanakan pembelajaran online-STEM dalam matakuliah tertentu untuk menumbuhkan kemampuan TPACK-STEM. Perlu disusun perangkat pembelajaran yang mengarah pada online-STEM agar dapat dimanfaatkan dalam pembelajaran jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, Fathiah, and Nur Afriyati Yakin. 2021. “The Effect of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Learning on Students’ Problem Solving Skill.” *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)* 6(1):1.
- Chai, Ching Sing, Morris Siu Yung Jong, Hong biao Yin, Mengyuan Chen, and Wenye Zhou. 2019. “Validating and Modelling Teachers’ Technological Pedagogical Content Knowledge for Integrative Science, Technology, Engineering and Mathematics Education.” *Educational Technology and Society* 22(3):61–73.
- Dinata, P. A. C., Suparwoto Suparwoto, and Desy Kumala Sari. 2020. “Problem-Based Online Learning Assissted by Whatsapp to Facilitate the Scientific Learning of 2013 Curriculum.” *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika* 8(1):1–11.
- Dinata, Pri Ariadi Cahya, Rahzianta Rahzianta, and Suparwoto Suparwoto. 2018. “The Students’ Mental Model about Newton’s Third Law in Indonesia.” *Unnes Science Education Journal* 7(2):146–55.
- Dinata, Pri Ariadi Cahya, Desy Kumala Sari, and S. Suparwoto. 2020. “Problem-Based Online Learning Assissted by Whatsapp to Facilitate The Scientific Learning of 2013 Curriculum.” *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika* 8(1):1–11.
- Misbah, M., F. D. Sasmita, P. A. C. Dinata, U. A. Deta, and N. Muhammad. 2021. “The Validity of Introduction to Nuclear Physics E-Module as a Teaching Material during Covid-19 Pandemic.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1796(1).
- Reski, Andi, and Desy Kumala Sari. 2020. “Analisis Kemampuan TPACK Guru Fisika Se-Distrik Merauke.” *Jurnal Kreatif Online* 8(1):1–8.
- Sari, Desy Kumala. 2021. “Pengembangan E-Modul Praktikum Fisika Dasar Dengan Pendekatan STEM Untuk Menumbuhkan Kemandirian Belajar.” *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik* 5(1):44–54.
- Sari, Desy Kumala, Syamsul Bahri, Merta Simbolon, Richardus F. Nikat, and Pri Ariadi Cahya Dinata. 2020. “Pembelajaran Daring Berbantuan Whatsapp Pada Matakuliah Metodologi Penelitian Pendidikan Fisika.” *Musamus Journal of Science Education* 3(1).
- Sari, Desy Kumala, Nur Arip Budiman, Pri Ariadi Cahya Dinata, and Syamsul Bahri. 2021. “The Pedagogical Competence in Developing Assessment Instruments of Physics High School Teachers in Merauke District.” *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran* 7(2):281–88.

- Sari, Desy Kumala, Rezky Uspayanti, and Pri Ariadi Cahya Dinata. 2020. *Tim Dosen Unmus Hibahkan Alat Peraga Fisika Karya Mahasiswa*. Merauke.
- Sartika, Dewi. 2019. "Pentingnya Pendidikan Berbasis STEM Dalam Kurikulum 2013." *Jurnal Ilmu Sosial Dan Pendidikan* 3(3):89–93.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif, Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukaesih, Sri, Saiful Ridlo, and Sigit Saptono. 2017. "Analisis Kemampuan Technological Pedagogical and Content Knowledge(TPACK) Calon Guru Pada Mata Kuliah PP Bio." Pp. 58–64 in *Seminar nasional Pendidikan Sains*. Vol. 1. Semarang.
- Supriadi, Syamsul Bahri, and R. S. Waremra. 2018. "Kemampuan Technological PEdagogical Content Knowledge (TPACK) Mahasiswa Pada Matakuliah Strategi Belajar Mengajar Fisika." *Jurnal Inspirasi Pendidikan* 8(2):1–9.
- Widoyoko, Eko Putro. 2009. *Evaluasi Program Pembelajaran*. edited by S. Z. Qudsy. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.