

DOI: doi.org/10.21009/03.1102.PF37

PENERAPAN TPACK DALAM BUKU TEKS FISIKA SMA PADA TOPIK TEORI RELATIVITAS KHUSUS

Raffa Fitra Ramadannisa^{a)}, Fauzi Bakri, Dewi Muliwati

Prodi Pendidikan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Jakarta, Jl. Ramawangun Muka, Jakarta, 13220 Indonesia

Email: ^{a)}raffafitra@gmail.com

Abstrak

Fisika memiliki konsep faktual dan abstrak. Konsep faktual adalah konsep yang dapat diamati secara langsung sedangkan konsep abstrak tidak dapat diamati secara langsung. Salah satu topik fisika yang memuat konsep abstrak adalah teori relativitas khusus karena membahas mengenai benda yang bergerak dengan kecepatan cahaya. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan metode Dick and Carey. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan buku teks fisika yang menerapkan TPACK (*Techonological Pedagogical and Content Knowledge*) pada topik teori relativitas khusus. Secara keseluruhan, penerapan kerangka TPACK pada buku fisika topik relativitas khusus yaitu berupa penyajian konten materi yang akurat, penggunaan strategi pembelajaran yang sesuai, dan pemaduan teknologi dengan konten materi. Teknologi yang digunakan pada buku yang dikembangkan yaitu berupa penggunaan *Augmented Reality* dengan untuk memudahkan visualisasi fenomena relativitas khusus yang abstrak dan sulit divisualisasikan. Buku teks fisika topik teori relativitas khusus telah divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran. Berdasarkan hasil validasi, buku teks fisika topik teori relativitas khusus yang disusun menggunakan kerangka TPACK diharapkan dapat menjadi bahan ajar dan sumber belajar alternatif di SMA.

Kata-kata kunci: TPACK, buku teks fisika, teori relativitas khusus

Abstract

Physics has factual and abstract concepts. Factual concepts are concepts that can be observed directly while abstract concepts cannot be observed directly. One of the physics topics that contains abstract concepts is the special theory of relativity, because it discusses objects moving at the speed of light. This research used Dick and Carey methods to produce a physics textbook that applies TPACK (*Techonological Pedagogical and Content Knowledge*) on the topic of special relativity theory. The application of TPACK framework in the textbook is in the form of accurate material content, appropriate learning strategies, and technology that is integrated with material content. The technology used is *Augmented Reality* to facilitate the visualization of special relativity phenomena that are abstract and difficult to visualize. The developed textbook had been validated by material experts, media experts, and learning experts. Based on the results of the validation, physics textbook on the topic of special relativity theory compiled using the TPACK framework is expected to be teaching materials and alternative learning resources in high school.

Keywords: TPACK, physics textbook, special relativity theory

PENDAHULUAN

Fisika memiliki konsep faktual dan juga abstrak. Konsep faktual adalah konsep yang ada di lingkungan sekitarnya dan mudah untuk diamati. Sedangkan konsep abstrak tidak dapat diamati secara langsung di lingkungan [1]. Salah satu materi fisika yang memuat konsep abstrak adalah Teori Relativitas Khusus karena bertolak belakang dengan nalar [2-3]. Teori Relativitas Khusus mempelajari pengertian dasar mengenai waktu, ruang atau massa, serta benda atau orang yang bergerak mendekati kelajuan cahaya. [3-4]. Permasalahan yang timbul adalah peserta didik mengalami kesulitan dalam pembelajaran akibat dari materi yang bertentangan dengan nalar dan sulit divisualisasikan karena tidak ada kejadian benda yang bergerak mendekati kelajuan cahaya [5].

Permasalahan tersebut dapat diatasi menggunakan pendekatan pembelajaran seperti dengan pembelajaran berbantuan multimedia [5]. Berdasarkan observasi mengenai sumber belajar dan bahan ajar, diketahui bahwa guru masih menggunakan buku teks dalam kegiatan pembelajaran fisika di SMA [6]. Penggunaan buku teks masih dianggap lebih efektif dikarenakan peserta didik mencapai tingkat konsentrasi untuk memahami dan mengingat materi lebih tinggi dibandingkan dengan *e-book* [7]. Namun, penggunaan buku teks sebagai sumber belajar dianggap memiliki kelemahan karena sulit menampilkan gerak dalam halaman media cetak [8], sehingga guru memerlukan media pembelajaran tambahan selain buku teks untuk menampilkan gerak ilustrasi khususnya pada topik Teori Relativitas Khusus.

Implementasi TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*) pada sumber dan bahan ajar dapat membuat peserta didik lebih memahami konsep yang abstrak, menghindari terjadinya miskonsepsi, dan melatih keterampilan tingkat tinggi [9-11]. Integrasi teknologi berupa Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran fisika dapat meningkatkan kemampuan belajar peserta didik yang ditandai dengan pemahaman konsep, keterampilan kognitif tingkat tinggi, dan meningkatkan motivasi belajar [12-14].

Artikel ini mendeskripsikan hasil penelitian pengembangan berupa buku teks fisika yang menerapkan TPACK dengan integrasi teknologi Augmented Reality pada topik Teori Relativitas Khusus. Buku teks fisika yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi alternatif bahan ajar yang memudahkan peserta didik untuk memahami dan memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak.

METODOLOGI

Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Dick and Carey dengan 9 langkah yaitu sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi Tujuan Pembelajaran.
Mengidentifikasi tujuan pembelajaran ranah kognitif berdasarkan Permendikbud No. 7 Tahun 2022 tentang capaian pembelajaran fisika SMA.
2. Melakukan Analisis Instruksional.
Menentukan perilaku masukan (prasyarat) peserta didik sebelum mempelajari materi teori relativitas khusus.
3. Menganalisis Peserta Didik dan Pembelajaran.
Menganalisis sikap peserta didik dalam mempelajari topik teori relativitas khusus dan menganalisis capaian pembelajaran serta konsep teori relativitas khusus.
4. Merumuskan Tujuan Pembelajaran Khusus.
Menentukan tujuan pembelajaran khusus berupa indikator pencapaian peserta didik setelah mempelajari topik teori relativitas khusus.
5. Mengembangkan Instrumen Penilaian.
Mengembangkan instrumen penilaian ranah kognitif peserta didik dalam memahami topik teori relativitas khusus.
6. Mengembangkan Strategi Pembelajaran

Mengembangkan strategi pembelajaran berupa penerapan kerangka TPACK dengan menggunakan teknologi Augmented Reality untuk memudahkan visualisasi konsep abstrak topik teori relativitas khusus.

7. Mengembangkan Buku Teks.
Menyusun materi teori relativitas khusus sesuai dengan kerangka TPACK dan mengembangkan teknologi Augmented Reality pada konsep yang abstrak dan sulit divisualisasikan.
8. Mengembangkan Evaluasi Formatif.
Mengembangkan instrumen uji validasi untuk buku teks fisika topik teori relativitas khusus yang dikembangkan. Uji validasi yang dilakukan meliputi uji ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran.
9. Melakukan Revisi.
Melakukan revisi buku teks fisika topik teori relativitas khusus berdasarkan hasil uji validasi yang didapatkan, sehingga buku teks yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan ajar dan sumber belajar di SMA.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yaitu instrumen uji validasi ahli materi, ahli media, ahli pembelajaran, uji coba guru, dan uji coba peserta didik.

1. Instrumen Ahli Materi
Aspek-aspek yang dinilai dalam instrumen ahli materi yaitu: aspek kelayakan isi yang berisi tentang a) kesesuaian materi dengan kurikulum, b) keakuratan materi, c) materi pendukung pembelajaran; aspek kelayakan kebahasaan yang berisi tentang a) keterbacaan, dan b) keruntutan dan keterpaduan; dan aspek kelayakan kegrafikan yang berisi tentang representasi sains.
2. Instrumen Ahli Media
Aspek-aspek yang dinilai dalam instrumen ahli media yaitu: bagian depan buku yang berisi tentang a) kualitas halaman judul, b) tata letak halaman; bagian isi buku yang berisi tentang a) kualitas desain materi, dan b) tata letak persamaan matematis; bagian akhir yang berisi tentang a) kelengkapan glosarium, b) kelengkapan daftar pustaka; aspek kegrafisan yang berisi tentang a) kualitas huruf dan gambar, b) kemudahan mengoperasikan komponen teknologi, c) kualitas teknologi yang digunakan, dan d) ketepatan penggunaan teknologi.
3. Instrumen Ahli Pembelajaran
Aspek-aspek yang dinilai dalam instrumen ahli pembelajaran yaitu: aspek penyajian materi yang berisi tentang a) kesesuaian materi dengan kurikulum, b) kemudahan penyampaian materi, c) kualitas contoh soal; aspek penggunaan ilustrasi yang berisi tentang a) multirepresentatif, b) kontekstualitas; aspek komponen TPACK yang berisi tentang a) ketepatan tahapan pedagogik, b) ketepatan pengaplikasian teknologi, dan c) memenuhi aspek TPACK.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Penelitian

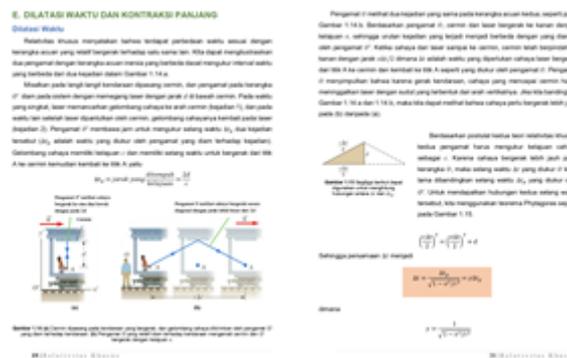
Hasil dari penelitian ini adalah buku teks fisika yang menerapkan kerangka TPACK pada topik teori relativitas khusus. Terdapat 7 komponen TPACK yang diterapkan dalam buku teks yang dikembangkan, yaitu sebagai berikut.

1. Komponen Pedagogical Knowledge
Pada bagian pendahuluan buku disajikan gambar yang berfungsi sebagai apersepsi untuk memotivasi peserta didik untuk mempelajari materi teori relativitas khusus. Tahapan pedagogik dalam buku teks ini disajikan secara deduktif dengan penjelasan materi, contoh soal, dan latihan soal.



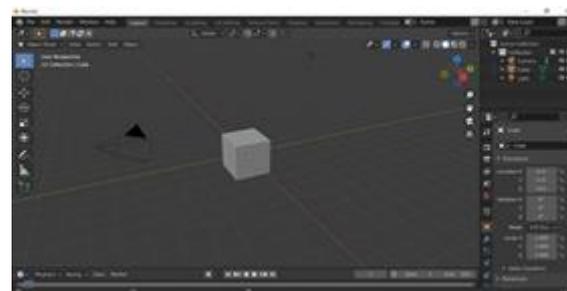
GAMBAR 1. Komponen Pedagogical Knowledge dalam buku teks

2. **Komponen Content Knowledge**
Konten materi dalam buku teks yang dikembangkan bersifat faktual, akurat, dan disajikan dengan gambar, animasi, dan symbol.



GAMBAR 2. Komponen Content Knowledge dalam buku teks

3. **Komponen Technological Knowledge**
Buku teks fisika yang dikembangkan mengintegrasikan teknologi Augmented Reality (AR) untuk memudahkan visualisasi konsep teori relativitas khusus. Oleh karena itu diperlukan pengetahuan untuk mengembangkan AR yaitu dengan penggunaan Blender dan Unity.

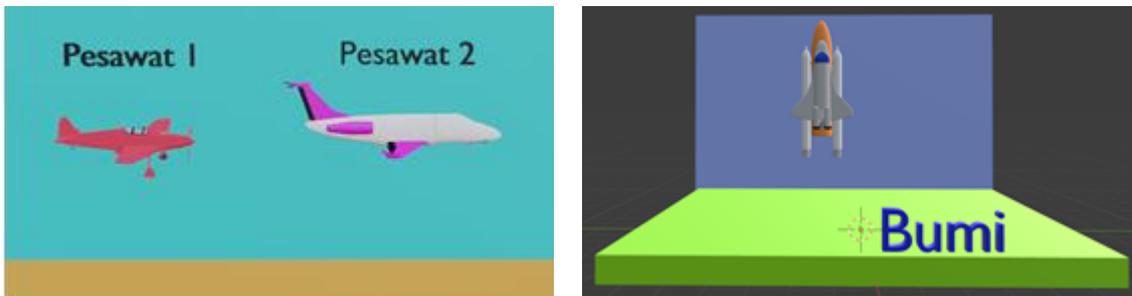


GAMBAR 3. Aplikasi Blender untuk Pemodelan 3D Konsep Relativitas Khusus



GAMBAR 4. Aplikasi Unity untuk Memasukkan Model 3D ke *Augmented Reality*

4. **Komponen Pedagogical Content Knowledge**
Materi yang disajikan disajikan sesuai dengan strategi pembelajaran, sehingga peserta didik dapat dengan mudah memahami materi.
5. **Komponen Technological Pedagogical Knowledge**
Topik teori relativitas khusus yang abstrak dapat divisualisasikan menggunakan teknologi yaitu AR. Dalam buku teks yang dikembangkan, AR diintegrasikan pada sub materi transformasi lorentz untuk kecepatan.
6. **Komponen Technological Content Knowledge**
Konten yang sulit untuk divisualisasikan dibantu oleh teknologi AR.



GAMBAR 5. *Augmented Reality* yang diintegrasikan untuk memvisualisasikan konsep yang abstrak

7. **Komponen Technological Pedagogical and Content Knowledge**
Secara keseluruhan, penerapan kerangka TPACK pada buku fisika topik relativitas khusus yaitu berupa penyajian konten materi yang akurat, penggunaan strategi pembelajaran yang sesuai, dan pemaduan teknologi dengan konten materi. Teknologi yang digunakan pada buku yang dikembangkan yaitu berupa penggunaan *Augmented Reality* dengan untuk memudahkan visualisasi fenomena relativitas khusus yang abstrak dan sulit divisualisasikan.

Hasil Uji Validitas

Buku teks fisika topik teori relativitas khusus yang dikembangkan diuji validitas untuk mengukur kelayakannya. Uji validitas yang dilakukan yaitu uji validitas ahli materi, ahli media, dan ahli pembelajaran. Berikut merupakan tabel berisi aspek penilaian dari validator.

TABEL 1. Tabel Validasi Ahli Materi

No.	Aspek Penilaian	Skor (%)	Interpretasi
1	Kelayakan Isi		
2	Kelayakan Kebahasaan		
3	Kelayakan Kegrafikan		
Rata-rata Keseluruhan Aspek			

TABEL 2. Tabel Validasi Ahli Media

No.	Aspek Penilaian	Skor (%)	Interpretasi
1	Bagian depan buku		
2	Bagian isi buku		
3	Bagian akhir		
4	Kelayakan kegrafisan		
Rata-rata Keseluruhan Aspek			

TABEL 3. Tabel Validasi Ahli Pembelajaran

No.	Aspek Penilaian	Skor (%)	Interpretasi
1	Penyajian materi		
2	Penggunaan ilustrasi		
3	Komponen TPACK		
Rata-rata Keseluruhan Aspek			

Dari TABEL 1, 2, dan 3 dapat dideskripsikan bahwa buku teks yang dikembangkan mendapatkan skor -% dengan interpretasi – dari ahli materi, skor -% dengan interpretasi – dari ahli media pembelajaran, dan skor -% dengan interpretasi – dari ahli pembelajaran. Berdasarkan hasil validasi tersebut, buku teks yang dikembangkan dinyatakan – sebagai sumber belajar dan bahan ajar topik teori relativitas khusus di SMA.

SIMPULAN

Penerapan TPACK dalam buku teks fisika dapat membantu memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak. Buku teks fisika topik relativitas khusus yang menerapkan TPACK diharapkan dapat menjadi bahan ajar dan sumber belajar alternatif di SMA.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam pengembangan Buku Teks Fisika Topik Teori Relativitas Khusus yang Menerapkan TPACK ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dan penelitian selanjutnya agar buku teks yang dikembangkan dapat lebih baik lagi.

REFERENSI

- [1] B. Dara Amin, Nurhayati, A. Azis, A. Swandi, “Identifikasi Potensi Penggunaan Bahan Ajar Fisika Berbasis Simulasi Komputer yang Interaktif dengan Model Inkuiri Terbimbing pada Konsep Abstrak: Studi Literatur and Survey,” pp. 386-399, 2019.
- [2] O. E. Tsivitanidou, Y. Georgiou, A. Ioannou, “A Learning Experience in Inquiry-Based Physics with Immersive Virtual Reality: Student Perceptions and an Interaction Effect Between Conceptual Gains and Attitudinal Profiles,” *Journal of Science Education and Technology*, vol. 30, no. 6, pp. 841-861, 2021, doi: 10.1007/s10956-021-09924-1.
- [3] X. Prado, J. Manuel Domínguez, I. Area, J. Edelstein, J. Mira, Á. Paredes, “Learning and Teaching Einstein’s Theory of Special Relativity: State of The Art,” 2020, [Online], Available: <https://orcid.org/0000-0001-9535-7499> <http://orcid.org/0000-0003-0872-5017> <http://orcid.org/0000-0002-6024-6294>.
- [4] D. Sumardani, A. Putri, R. R. Saraswati, D. Mulyati, F. Bakri, “Virtual Reality Media: The Simulation of Relativity Theory on Smartphone,” *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, vol. 10, no. 1, 2020, doi: 10.30998/formatif.v10i1.5063.
- [5] P. Alstein, K. Krijtenburg-Lewerissa, W. R. Van Joolingen, “Teaching and learning special relativity theory in secondary and lower undergraduate education: A literature review,” *Physical*

- Review Physics Education Research*, vol. 17, no. 2, 2021, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023101.
- [6] P. B. Marsa, D. Desnita, "Analisis Media, Sumber Belajar, dan Bahan Ajar Yang Digunakan Guru Fisika SMA Materi Gelombang Di Sumatera Barat Ditinjau Dari Kebutuhan Belajar Abad 21," *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, vol. 4, no. 1, p. 81, 2020, doi: 10.24036/jep/vol4-iss1/422.
- [7] J. L. Carvalho, R. L. González, L. M. Casas García, J. C. Juárez, "What Is Better to Study: The Printed Book or the Digital Book?: An Exploratory Study of Qualitative Nature," *Springer International Publishing*, pp. 34-45, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-01406-3_4.
- [8] F. Bakri, D. Ambarwulan, D. Mulyati, "Pengembangan Buku Pembelajaran Yang Dilengkapi Augmented Reality Pada Pokok Bahasan Gelombang Bunyi Dan Optik," *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, vol. 4, no. 2, 2018.
- [9] F. Bakri, K. Kusuma, A. Permana, "TPACK Implementation in Physics Textbook: Practice Problem-Solving Skill in Newton's Law of Motion for Senior High School Students," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2019, no. 1, p. 012057, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2019/1/012057.
- [10] K. W. Ariyanti, D. Sulisworo, "Integrasi Tpack Dalam Pengembangan Multimedia Berbasis Powtoon Pada Pembelajaran Dengan Pokok Bahasan Gelombang Berjalan Dan Gelombang Stasioner Di SMA Muhammadiyah 7 Yogyakarta," *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, vol. 6, no. 2, p. 1, 2019, doi: 10.12928/jrpkpf.vxix.xxxx.
- [11] F. Bakri, R. Kusuma, A. Permana, "TPACK and Augmented Reality in Kinematics Practicum Module: Forming HOTS Physics Education Students," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2019, no. 1, p. 012041, Oct. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/2019/1/012041.
- [12] S. Cai, C. Liu, T. Wang, E. Liu, J. C. Liang, "Effects of learning physics using Augmented Reality on students' self-efficacy and conceptions of learning," *British Journal of Educational Technology*, vol. 52, no. 1, pp. 235-251, Jan. 2021, doi: 10.1111/bjet.13020.
- [13] M. Thees, S. Kapp, M. P. Strzys, F. Beil, P. Lukowicz, J. Kuhn, "Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses," *Computers in Human Behavior*, vol. 108, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.chb.2020.106316.
- [14] M. S. Abdusselam, H. Karal, "The effect of using augmented reality and sensing technology to teach magnetism in high school physics," *Technology, Pedagogy and Education*, vol. 29, no. 4, pp. 407-424, Aug. 2020, doi: 10.1080/1475939X.2020.1766550.

