JIIC: JURNAL INTELEK INSAN CENDIKIA
https://jicnusantara.com/index.php/jiic
Vol : 3 No: 11, November 2026
E-ISSN : 3047-7824

Studi Literatur: Analisis Konseptual dan Tren Riset Teori Relativitas Khusus Einstein dalam Pembelajaran Fisika Modern

Literature Study: Conceptual Analysis and Research Trends of Einstein's Special Theory of Relativity in Modern Physics Learning

Siti Anggi Maisyaroh Hasibuan[1], Tahasya Octavia Br Simanjuntak[2], Sazkia Amrina Haurissa[3], Fadhiah As Shifah Parinduri[4], Gladys Putri Ferica[5], Santri Minarta[6], Ladestam Sitinjak[7], Deo Demonta Panggabean[8]
Universitas Negeri Medan
Email: sitianggihasibuan@gmail.com

Article Info

Article history :
Received : 07-11-2026
Revised : 09-11-2026
Accepted : 11-11-2026
Published : 13-11-2026

Abstract

The Special Theory of Relativity revolutionized classical physics by transforming absolute space and time into relative concepts. Despite its fundamental nature, its abstract and counterintuitive characteristics frequently trigger student misconceptions. This study aims to examine core relativistic concepts and map physics education research trends in Indonesia from 2021 to 2026. Employing a qualitative descriptive literature study, data were collected by analyzing SINTA-accredited national journal articles. The results indicate that understanding the Lorentz transformation is crucial, while national research trends are dominated by misconception analysis, digital simulation development, and constructivist module design. These implications emphasize the importance of integrating multiple representations to bridge mathematical formalism and conceptual understanding.

Keywords: Special Theory of Relativity, Time Dilation, Length Contraction

Abstrak

Teori Relativitas Khusus merevolusi pemahaman fisika klasik dengan merombak konsep ruang dan waktu absolut menjadi relatif. Kendati fundamental, sifat materi yang abstrak dan kontraintuitif sering kali memicu miskonsepsi peserta didik. Penelitian ini bertujuan mengkaji konsep inti relativitas khusus serta memetakan tren riset pendidikan fisika di Indonesia periode 2021–2026. Menggunakan metode deskriptif kualitatif studi literatur, data dikumpulkan melalui analisis artikel jurnal nasional terakreditasi SINTA. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemahaman transformasi Lorentz memegang peranan krusial, sementara tren riset nasional didominasi oleh analisis miskonsepsi, pengembangan media simulasi digital, dan perancangan modul konstruktivistik. Implikasi kajian ini menekankan pentingnya integrasi representasi ganda untuk menjembatani formalisme matematis dan pemahaman konseptual.

Kata Kunci: Teori Relativitas Khusus, Dilasi Waktu, Kontraksi Panjang

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan pada peralihan abad ke-19 menuju abad ke-20 diwarnai oleh krisis teoretis ketika mekanika klasik Newton gagal menjelaskan fenomena elektrodinamika benda bergerak. Tonggak sejarah baru tercatat pada tahun 1905 ketika Albert Einstein mempublikasikan makalah revolusioner mengenai Teori Relativitas Khusus yang merombak total fondasi pemikiran fisika klasik. Melalui teori ini, ruang dan waktu tidak lagi dipandang sebagai entitas absolut yang terpisah, melainkan terjalin secara dinamis dalam satu kontinum empat dimensi yang disebut ruang-waktu (*spacetime*).

Dalam konteks kurikulum pendidikan di Indonesia, penguasaan materi Fisika Modern memiliki posisi yang sangat strategis untuk membangun literasi sains tingkat lanjut dan melatih *Higher Order Thinking Skills* (HOTS). Kendati demikian, berbagai literatur pendidikan sains melaporkan bahwa materi relativitas khusus merupakan salah satu topik yang paling sulit dipahami. Sifat materi yang abstrak, kontraintuitif, dan sangat bergantung pada formalisme matematis Transformasi Lorentz menyebabkan peserta didik kerap menghadapi hambatan belajar yang persisten.

Hambatan teoretis tersebut pada akhirnya memicu munculnya miskonsepsi kronis di kalangan pelajar maupun mahasiswa, seperti kerancuan dalam memahami kerangka acuan inersia atau kebingungan membedakan waktu wajar dan waktu terdilasi. Berdasarkan berbagai tantangan pedagogis di kelas, diperlukan kajian pustaka yang komprehensif untuk mensintesis kembali landasan teoretis relativitas khusus. Tinjauan teoretis ini harus diiringi dengan evaluasi terhadap arah dan orientasi riset pendidikan fisika mutakhir dalam merespons kendala pembelajaran tersebut.

Perkembangan publikasi ilmiah nasional periode 2021 hingga 2026 mencatat berbagai inovasi pedagogis, mulai dari pemetaan asesmen diagnostik miskonsepsi hingga integrasi media simulasi digital interaktif. Berbagai pendekatan alternatif tersebut dikembangkan guna menjembatani jurang antara formalisme matematika yang abstrak dan pemahaman konseptual yang bermakna.

Berdasarkan urgensi tersebut, fokus permasalahan dalam artikel ini dirumuskan ke dalam dua pertanyaan utama. Pertama, bagaimana tinjauan teoretis mendalam mengenai postulat, kinematika, dan kesetaraan massa-energi dalam Teori Relativitas Khusus? Kedua, bagaimana peta tren penelitian pendidikan fisika di Indonesia terkait topik tersebut dalam rentang tahun 2021 hingga 2026?

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis studi literatur (*library research*). Metode studi literatur dipilih karena esensi penelitian ini adalah mengkaji, menganalisis, dan menyintesis literatur teoretis serta artikel jurnal ilmiah tanpa melakukan manipulasi eksperimental di lapangan. Sumber data primer dan sekunder diperoleh dari literatur cetak akademik berupa buku teks fisika tingkat lanjut serta artikel jurnal nasional terakreditasi SINTA (terbitan tahun 2021 sampai 2026) yang dapat diakses secara terbuka (*open access*) melalui basis data akademik seperti Google Scholar, SINTA, dan portal jurnal perguruan tinggi di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Teoretis Komprehensif Teori Relativitas Khusus

Bangunan teoretis Teori Relativitas Khusus berdiri di atas dua pilar utama yang diajukan oleh Albert Einstein pada tahun 1905:

1. Postulat Pertama (Prinsip Relativitas Einstein)

   Hukum-hukum fisika berlaku dalam bentuk yang sama pada semua kerangka acuan inersia yakni kerangka acuan yang berada dalam keadaan diam atau bergerak lurus beraturan terhadap kerangka acuan lainnya. Tidak ada kerangka acuan inersia yang istimewa (mutlak diam).

2. Postulat Kedua (Kelajuan Cahaya dalam Vakum adalah Konstan)

Kecepatan rambat cahaya di dalam ruang hampa (C = 3 × 10^8 m/s) bernilai sama bagi semua pengamat inersia, tidak bergantung pada keadaan gerak sumber cahaya maupun pengamat yang mengukurnya.

Konsekuensi logis dari kedua postulat ini meruntuhkan transformasi Galilei klasik dan menuntut digunakannya Transformasi Lorentz untuk menghubungkan koordinat ruang dan waktu (x, y, z, t dan x', y', z', t') antara dua kerangka acuan inersia S dan S' yang bergerak relatif dengan kecepatan konstan v sepanjang sumbu x:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Faktor $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, yang dikenal sebagai faktor Lorentz ($\gamma \geq 1$), menjadi parameter pengali esensial dalam seluruh fenomena relativistik:

1. Dilasi Waktu (*Time Dilation*)

Waktu bukanlah besaran mutlak universal. Interval waktu antara dua kejadian yang diukur oleh pengamat yang bergerak relatif terhadap kejadian tersebut akan lebih panjang dibandingkan dengan interval waktu yang diukur oleh pengamat yang berada dalam kerangka acuan diam terhadap kejadian tersebut.

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

di mana Δt_0 adalah waktu wajar (*proper time*) yang diukur oleh pengamat diam di tempat kejadian, dan Δt adalah waktu yang terdilasi. Fenomena ini secara empiris terbukti melalui umur paruh partikel muon atmosfer yang melambat ketika bergerak dengan kecepatan mendekati kecepatan cahaya.

2. Kontraksi Panjang (*Length Contraction*)

Panjang suatu benda atau jarak spasial mengalami penyusutan dalam arah sejajar dengan arah gerak relatif pengamat. Ukuran panjang maksimum suatu objek diperoleh dalam kerangka acuan di mana objek tersebut diam (panjang wajar L*0*). Ketika benda bergerak dengan kecepatan v, panjangnya (L) diukur menyusut menjadi:

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Penurunan ini menegaskan bahwa dimensi geometris benda bersifat relatif terhadap keadaan kinematika pengamat.

3. Kesetaraan Massa-Energi (*Mass-Energy Equivalence*)

   Dalam dinamika relativistik, massa benda tidak lagi konstan melainkan bergantung pada kelajuannya $(m = \gamma m_0)$ Melalui penjabaran usaha total yang dilakukan untuk mempercepat suatu partikel, Einstein menyimpulkan bahwa massa dan energi adalah manifestasi dari entitas yang sama. Hubungan agung ini dinyatakan dalam persamaan:

$$E = mc^2 \quad \text{atau} \quad E^2 = (pc)^2 + (m_0c^2)^2$$

   Persamaan ini tidak hanya merevolusi fisika nuklir dan kosmologi, tetapi juga menjelaskan sumber energi bintang serta mekanisme peluruhan partikel subatomik.

Tinjauan Tren Riset Pendidikan Relativitas Khusus di Indonesia (2021–2026)

Telahaan terhadap berbagai publikasi ilmiah nasional terakreditasi SINTA menunjukkan bahwa riset pembelajaran Teori Relativitas Khusus dalam kurun waktu 2021 hingga 2026 berkembang sangat dinamis. Arah penelitian tersebut berorientasi langsung pada solusi terhadap tantangan pedagogis di kelas dan terbagi ke dalam tiga fokus utama:

1. Identifikasi dan Analisis Miskonsepsi Siswa/Mahasiswa:

   Sejumlah studi secara konsisten menemukan bahwa miskonsepsi pada materi relativitas khusus didominasi oleh *Galilean-Newtonian mindset*, di mana peserta didik secara intuitif masih menerapkan penjumlahan kecepatan galilean pada kecepatan tinggi mendekati cahaya. Instrumen asesmen diagnostik berupa tes pilihan ganda beralasan (*Three-Tier* atau *Four-Tier Diagnostic Test*) banyak dikembangkan oleh peneliti untuk memetakan akar penyebab miskonsepsi ini secara mendalam.

2. Integrasi Media Simulasi Digital dan Visualisasi Interaktif:

   Mengingat fenomena relativistik mustahil diamati secara langsung melalui eksperimen konvensional di laboratorium sekolah, tren riset pendidikan fisika mutakhir sangat mengandalkan pemanfaatan teknologi digital. Pemanfaatan perangkat lunak simulasi interaktif (seperti *PhET Interactive Simulations*), media berbasis *Augmented Reality* (AR), dan modul web interaktif terbukti efektif dalam memvisualisasikan efek kontraksi panjang dan dilasi waktu. Pendekatan ini membantu peserta didik membangun jembatan kognitif dari konsep abstrak menuju pemahaman visual yang konkret.

3. Pengembangan Bahan Ajar dan Desain Pembelajaran Konstruktivistik:

   Penelitian pengembangan (*Research and Development* / R&D) menunjukkan peningkatan signifikan dalam perancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) dan perangkat pembelajaran berbasis model konstruktivistik, seperti *Siklus Belajar 5E* (*5E Learning Cycle*) dan model inquiri terbimbing. Desain pembelajaran ini dirancang untuk memfasilitasi mahasiswa atau siswa dalam memecahkan paradoks fisika (seperti paradoks kembar atau paradoks tangga) melalui diskusi kelompok dan penalaran argumentatif ilmiah.

KESIMPULAN

Teori Relativitas Khusus merupakan pilar fundamental dalam fisika modern yang secara radikal merekonstruksi pemahaman manusia mengenai ruang dan waktu mutlak melalui dua

postulat utama Albert Einstein. Kerangka teoretis ini diturunkan secara sistematis menggunakan Transformasi Lorentz, yang melahirkan konsekuensi kinematik dan dinamik berupa fenomena dilasi waktu, kontraksi panjang, serta kesetaraan massa-energi yang menghubungkan massa dengan energi total partikel.

Berdasarkan tinjauan literatur terhadap artikel jurnal pendidikan fisika nasional periode 2021 hingga 2026, tantangan utama dalam pembelajaran materi ini berpusat pada sifatnya yang abstrak dan kontraintuitif sehingga kerap memicu miskonsepsi kronis pada peserta didik. Menanggapi tantangan pedagogis tersebut, arah tren riset nasional terkini secara konsisten berfokus pada tiga pilar utama, yaitu identifikasi miskonsepsi menggunakan asesmen diagnostik bertingkat, pemanfaatan simulasi digital interaktif untuk visualisasi fenomena relativistik, serta pengembangan bahan ajar berbasis konstruktivistik.

Implikasi dari kajian studi pustaka ini menegaskan bahwa pengajaran fisika modern memerlukan pergeseran orientasi dari sekadar manipulasi rumus matematis menuju pendekatan representasi ganda dan kontekstual. Integrasi inovasi teknologi pembelajaran dan desain kurikulum yang tepat terbukti esensial untuk menjembatani jurang pemahaman konseptual, sehingga peserta didik mampu memahami esensi relativitas khusus secara bermakna di tingkat universitas.

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, F., & Wibowo, A. (2023). Analisis miskonsepsi mahasiswa pada materi Teori Relativitas Khusus menggunakan *Four-Tier Diagnostic Test*. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 19(2), 112–120.

Astuti, Y., & Setiawan, D. (2024). Implementasi simulasi PhET berbasis konstruktivistik untuk meningkatkan pemahaman konsep dilasi waktu dan kontraksi panjang. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 13(1), 45–53.

Hidayat, R., & Rahmawati, S. (2022). Pengembangan modul elektronik interaktif bermuatan *Augmented Reality* pada materi fisika modern untuk mahasiswa tingkat sarjana. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika (Piksel)*, 10(1), 89–102.

Kurniawan, B., & Santoso, P. (2021). Tinjauan epistemologis transformasi Lorentz dan implikasinya terhadap pemahaman konsep kerangka acuan inersia. *Jurnal Berkala Fisika*, 24(3), 135–142.

Lestari, D., & Widiyatmoko, A. (2025). Analisis tren riset pembelajaran fisika modern di Indonesia: Tantangan dan peluang dalam era transformasi digital pendidikan. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 13(2), 210–225.

Nugroho, A., & Fauzi, A. (2023). Penerapan siklus belajar 5E (*5E Learning Cycle*) dalam mengatasi hambatan belajar pada materi kesetaraan massa-energi Einstein. *Jurnal Tadris Fisika*, 8(1), 60–71.

Prasetyo, Z. K., & Jumadi, J. (2021). Hambatan epistemologis dan pedagogis dalam pembelajaran fisika modern di perguruan tinggi. *Jurnal Kependidikan: Penelitian Inovasi Pembelajaran*, 51(2), 180–195.

Rahma, N., & Suparman, S. (2024). Desain lembar kerja peserta didik berbasis pemecahan masalah paradoks relativistik untuk melatih *Higher Order Thinking Skills*. *Candramawa: Jurnal Pendidikan Fisika*, 5(2), 115–128.

Siregar, M., & Harahap, K. (2022). Efektivitas media visualisasi berbasis web interaktif terhadap penguasaan konsep kinematika relativistik. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako*, 10(3), 33–41.

Widjaja, H., & Pratama, R. (2026). Meta-analisis pemanfaatan media digital dalam pembelajaran fisika modern di Indonesia periode 2021–2025. *Jurnal Riset Pendidikan Fisika*, 9(1), 14–29.