

**TINJAUAN TEORI RELATIVITAS KHUSUS
BERDASARKAN REVOLUSI SAINTIFIK KUHN**

SKRIPSI

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Gelar S-1

Program Studi Pendidikan Fisika



Diajukan Oleh:

M. Wahyudin Afrizqi

(16690051)

Kepada

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2021

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Assalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Wahyudin Afrizqi

NIM : 16690051

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana yang berjudul **"Tinjauan Teori Relativitas Khusus Berdasarkan Revolusi Saintifik Kuhn"** merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi saya kutip dari hasil karya orang lain yang telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika dalam penulisan ilmiah. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi dengan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat agar dapat dimaklumi dengan digunakan sebagaimana mestinya.

Wassalamu 'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Yogyakarta, 2 Desember 2021

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



M. Wahyudin Afrizqi
NIM. 16690051

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan UIN

Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : M. Wahyudin Afrizqi

NIM : 16690051

Judul Skripsi : Tinjauan Teori Relativitas Khusus Berdasarkan Revolusi Saintifik
Kuhn

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 1 Desember 2021

Pembimbing,


Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc.
NIP. 19820322 201503 1 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-3193/Un.02/DT/PP.00.9/12/2021

Tugas Akhir dengan judul : Tjauan Teori Relativitas Khusus Berdasarkan Revolusi Saintifik Kuhn

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : M. WAHYUDIN AFRIZQI
Nomor Induk Mahasiswa : 16690051
Telah diujikan pada : Kamis, 09 Desember 2021
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 61c2a89ae0d38



Penguji I

Joko Purwanto, S.Si., M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 61b9254781640



Penguji II

Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc.

SIGNED

Valid ID: 61c28ea52cc8f



Yogyakarta, 09 Desember 2021

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Hj. Sri Sumarni, M.Pd.

SIGNED

Valid ID: 61c2abc4ce18c

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya kecil ini untuk:

Ibu dan Ayahku serta keluarga; guru-guru yang telah mendidik dengan pengetahuan, keterampilan, dan kebijaksanaan; teman, kawan, sahabat, dan kolega atas pengalaman dan motivasi yang saya dapatkan; serta anak-anak yang lahir dalam keterbatasan dan dipaksa terasing dari hak-hak dasarnya



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

“Guru paling bijak adalah pengalaman dan cara terbaik untuk belajar adalah selalu mengevaluasi kesalahan, kehidupan adalah ‘lembaga’ pendidikan dengan segala kerumitannya”

“Ada yang pergi ke sesamanya karena dia mencari dirinya sendiri, ada juga yang karena merasa senang hati kehilangan dirinya sendiri”

--Nietzsche, Spoke Zarathustra



KATA PENGANTAR

Kehidupan sebagai mahasiswa akhirnya memasuki tahun-tahun akhir. Sebagaimana mahasiswa strata 1 pada umumnya, tugas akhir adalah penutup masa studi untuk meraih gelar sebagai sarjana. Meskipun begitu masa studi yang diakhiri dengan waktu yang cukup lama ini adalah fase terbaik yang pernah penulis jalani. Begitu banyak pengetahuan dan pengalaman yang sangat berharga yang penulis dapatkan selama menjadi mahasiswa.

Tulisan ini berisi sebuah upaya untuk melakukan analisis terhadap teori relativitas khusus ditinjau dari revolusi saintifik Kuhn. Teori relativitas khusus merupakan salah satu teori yang cukup kompleks dan tidak mudah untuk dipahami. Penggabungan antara prinsip relativitas dan ketetapan kecepatan cahaya membuat pemahaman pada konsep teori ini membutuhkan kemampuan menalar dan daya imajinasi yang cukup kuat. Bagian yang paling menarik adalah bahwa Einstein tidak membangun relativitas di dalam laboratorium apapun kecuali kepalanya sendiri. Lalu bagaimana dunia sains memproduksi suatu pengetahuan ?.

Pertanyaan membawa penulis pada konsep paradigma. Paradigma seringkali diartikan sebagai *worldview*-nya ilmuwan dalam memecahkan suatu permasalahan. Konsep paradigma dikenalkan oleh Kuhn dalam buku *The Structure of Scientific Revolution*. Buku ini menjelaskan bagaimana sains berdinamika di dalam kelompok masyarakat yang ia sebut sebagai komunitas ilmiah. Karya ini memperlihatkan bahwa penemuan baru dalam sains yang mengakibatkan ditinggalkannya sains lama selalu melalui fase revolusi ilmiah.

Proses penyusunan skripsi ini sendiri memakan waktu yang cukup lama. Selain karena faktor pandemi covid-19 yang menuntut banyak penyesuaian, penyusunan yang lama ini juga disebabkan oleh kesibukan penulis sendiri dalam melakukan kegiatan-kegiatan di luar kampus. Akhirnya tugas akhir ini berhasil diselesaikan dan ini juga menjadi tanda akan berakhirnya masa studi penulis di jenjang S1. Banyak sekali pengalaman dan pelajaran yang penulis dapatkan selama menyusun skripsi ini maupun selama berproses menjadi mahasiswa. Rasa terimakasih yang sebesar-besar patut penulis sampaikan kepada orang-orang yang berada di sekitar penulis, mereka semua yaitu:

Kedua orang tua serta keluarga penulis, atas dukungan serta doa yang selalu diberikan. Tanpa keberadaan mereka penulis tidak akan mencapai banyak hal dalam hidup penulis.

Kemudian rasa hormat dan terimakasih penulis sampaikan kepada Bapak Rachmad Resmiyanto, M. Sc., selaku dosen pembimbing akademik sekaligus dosen pembimbing skripsi. Beliau banyak memberikan banyak pelajaran dan bimbingan selama penulis menjadi mahasiswa. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen pengajar prodi pendidikan fisika serta jajaran dekanat fakultas sains dan teknologi. Sosok-sosok penting ini banyak mengajarkan tentang profesionalisme, kreativitas, dan kedisiplinan disamping materi-materi perkuliahan. Kemudian terimakasih penulis sampaikan kepada Pak Kholil. Pemimpin di dusun tempat penulis melaksanakan KKN ini mendidik penulis tentang *istiqomah* sebagai salah satu kunci dalam pengabdian.

Rasa terimakasih juga penulis sampaikan kepada teman-teman Pendidikan Fisika 2016; Keluarga Aksi Mahasiswa (KAM) UIN; Korp Spektrum; teman-teman LPM Metamorfosa serta pengurus ormawa yang sempat menjadi rekan penulis. Terimakasih dan penghormatan sebesar-besarnya kepada seluruh relawan Komunitas Sekolah Marjinal, ketulusan dan kepedulian adalah inspirasi besar dalam hidup penulis. Lalu kepada rekan-rekan Bawera Publisher dan Latar Bumi Kopi yang banyak berbagi dengan penulis tentang cara membangun usaha demi mewujudkan kemandirian ekonomi.

Akhirnya penulis berharap karya ini tidak hanya menjadi tulisan sebagai syarat kelulusan saja, penulis berharap bisa menebarkan manfaat melalui tulisan ini. Karya ini hanya tulisan biasa yang menyimpan banyak kesalahan. Penulis sangat terbuka terhadap saran dan kritik atas tulisan ini. Bagi pembaca yang ingin menyampaikan saran ataupun kritik bisa disampaikan melalui akun surat elektronik penulis di afrizqi28@gmail.com.

Ditulis di Sekretariat KSM, 28 November 2021

Muhammad Wahyudin Afrizqi

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

INTISARI

Science and inquiry merupakan salah satu isu sentral dalam fisika yang tidak dapat dikesampingkan begitu saja dalam upaya sains untuk memperkaya kehidupan dan budaya masyarakat. Tujuan dari penelitian ini yaitu menjelaskan sejarah perkembangan teori relativitas khusus dari sudut pandang revolusi saintifik Kuhn. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan menggunakan teknik studi literatur dalam pengambilan data penelitian. Data-data dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan model historis faktual yang memiliki beberapa langkah, yaitu: 1) Interpretasi; 2) Koherensi internal; 3) Holistika; 4) Kesenambungan historis; 5) Deskripsi; dan 6) Refleksi.

Penelitian ini menghasilkan penjelasan sejarah teori relativitas khusus dari sudut pandang revolusi saintifik Kuhn. Tahapan perkembangan ini berurutan dari fase pra-paradigma, paradigma, sains normal, anomali, krisis, sampai revolusi sains. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah teori relativitas khusus mengalami fase panjang selama ratusan tahun dalam perkembangannya. Paradigma yang mengarahkan penelitian komunitas ilmiah sebelum teori relativitas khusus adalah hukum gerak dan gravitasi Newton serta teori gelombang cahaya Huygens yang meniscayakan keberadaan eter sebagai medium perambatan gelombang elektromagnetik. Teori relativitas khusus mengoreksi sebagian besar bangunan fisika klasik dan menjadi salah satu pembuka era fisika modern. Publikasi Einstein tentang teori relativitas khusus sendiri tidak langsung diterima oleh komunitas ilmiah melainkan harus melalui perdebatan yang panjang dalam komunitas ilmiah. Planck menyatakan bahwa ketidaksetujuan ilmuwan pada implikasi teori relativitas khusus adalah seperti anak kecil yang tidak mampu menerima ada orang lain yang berjalan di bawah kakinya di sisi lain bumi. Hal ini cukup menunjukkan bahwa penemuan-penemuan dalam sains adalah upaya pemecahan teka-teki dan pengujian-pengujian dalam sains adalah upaya kompetitif antar paradigma untuk memperebutkan kesetiaan komunitas ilmiah. Sikap komunitas ilmiah Jerman dalam menanggapi publikasi teori relativitas khusus cenderung berperilaku sama yaitu menginginkan dunia sebagaimana pengharapan-pengharapan yang dibangun suatu paradigma tertentu.

Kata kunci: Teori Relativitas Khusus, Revolusi Saintifik, Paradigma, Komunitas Ilmiah

ABSTRACT

Science and inquiry is one of the central issues in physics that cannot be ruled out in the efforts of science to enrich people's lives and culture. The purpose of this study is to explain the development history of the special theory of relativity from the scientific revolution's point of view. This research is qualitative research using library research techniques in collecting data. The data in this study were analyzed using a qualitative descriptive method with a factual historical model that has several steps, namely: 1) Interpretation; 2) Internal coherence; 3) Holistics; 4) Historical continuity; 5) Description; and 6) Reflection.

This research produces a history explanation of the special theory of relativity from the point of view of Kuhn's scientific revolution. The stages of special theory of relativity development are sequential from the pre-paradigm, paradigm, normal science, anomaly, crisis, to the scientific revolution. The conclusion obtained from this research is that the special theory of relativity has experienced a long phase for hundreds of years in its development. The paradigms that guided the research of the scientific community before the special theory of relativity were Newton's laws of motion and gravity and Huygens' theory of light waves which required the existence of ether as a medium for propagation of electromagnetic waves. The special theory of relativity corrected most of classical physics's building and became one of the openings to the modern physics era. Einstein's publication of the special theory of relativity itself was not immediately accepted by the scientific community but had to go through a long debate in the scientific community. Planck states that scientists' disagreements over the implications of the special theory of relativity are like a child's inability to accept that there are other people walking under his feet on the other side of the earth. This is enough to show that discoveries in science are a puzzle-solving effort and tests in science are a competitive effort between paradigms for the loyalty of the scientific community. The attitude of the German scientific community in responding to the publication of the special theory of relativity tends to behave the same way, namely wanting the world as expected by a certain paradigm.

Keywords: *Special Theory of Relativity, Scientific Revolution, Paradigm, Scientific Community*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan Penelitian	8
D. Batasan Masalah	8
E. Manfaat Penelitian	8
F. Metode Penelitian	9
G. Metode Analisis Data	10
H. Penelitian yang Relevan	11
BAB II DINAMIKA PERKEMBANGAN SAINS	16
A. Tinjauan Umum tentang Sains	16
1. Pengertian Sains	16
2. Sejarah Sains	17
3. Filsafat Sains	18
B. Kuhn dan Konsep Paradigma	21
1. Biografi singkat Kuhn	21
2. Konsep Paradigma Kuhn	22
C. Tahapan Revolusi Saintifik	25
1. Fase sebelum Paradigma	25

2. Fase Sains Normal	26
3. Fase Anomali.....	30
4. Fase Krisis.....	31
5. Fase Revolusi.....	32
BAB III DEKONSTRUKSI FISIKA KLASIK OLEH TEORI RELATIVITAS KHUSUS	34
A. Kajian Beberapa Konsep Dasar Dalam fisika Klasik.....	34
1. Hukum Newton	36
2. Ruang dan Waktu.....	41
3. Relativitas Galileo.....	42
4. Hipotesis Eter	45
B. Konsep Fundamental sebelum Relativitas.....	46
1. Percobaan Michelson-Morley	46
2. Transformasi Lorentz.....	48
3. Persamaan Maxwell	50
C. Konsep Teori Relativitas Khusus.....	53
D. Penelitian setelah Teori Relativitas Khusus.....	62
1. Paradoks Kembar (<i>twin paradox</i>).....	62
2. Penelitian OPERA terhadap Kelajuan Neutrino	63
BAB IV PEMBAHASAN.....	67
A. Pra-paradigma.....	67
B. Paradigma.....	70
C. Sains Normal.....	73
D. Anomali.....	77
1. Pengukuran kecepatan cahaya di dalam medium yang bergerak.....	77
2. Persamaan elektrodinamika Maxwell.....	84
3. Laporan Hasil Negatif Eksperimen Michelson-Morley.....	85
E. Krisis	87
1. Elektrodinamika Benda Bergerak Hertz	87
2. Penjelasan Lorentz pada eksperimen Fizeau	87
3. Kontraksi FitzGerald-Lorentz	88
F. Revolusi, Gejolak Komunitas Ilmiah Jerman Menanggapi Publikasi Einstein (1905-1911).....	93
BAB VI PENUTUP	110

A. Kesimpulan	110
B. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	114



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Revolusi Saintifik Kuhn	24
Gambar 3. 1 Ilustrasi Hukum 1 Newton.....	38
Gambar 3. 2 Relativitas Galileo	43
Gambar 3. 3 Kerangka Acuan Pengamat A dalam Koordinat O dan Pengamat B dalam Koordinat O'	44
Gambar 3. 4 Skema Interferometer Michelson	47
Gambar 3. 5 Transformasi Lorentz	49
Gambar 4. 1 Skema Peralatan Cavendish.....	75



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Penelitian yang relevan	15
Tabel 2. 1 Perkembangan Sains menurut beberapa aliran pemikiran.....	20



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan peradaban manusia telah berlangsung selama ribuan tahun sejak *Homo Sapiens* pertama eksis di muka bumi. Sebagai makhluk yang dikaruniai akal dan pikiran manusia membangun dan menghancurkan sebuah peradaban dengan membangun jejaring makna yang selalu diperbarui dalam kurun waktu puluhan sampai ratusan tahun (Harari, 2015: 168).

Ilmu pengetahuan (*Science*) bergerak sejalan dengan perubahan ini, meskipun perkembangannya tidak dapat dinilai sebagai gambaran universal akan tetapi sejarah membaginya ke dalam beberapa fase besar dimulai dari Yunani, Gereja Katolik, sampai abad ke-17 hingga akhir abad ke-20 yang lebih didominasi oleh sains (Russel, 1946: xvi). Saat ini kehidupan ilmu pengetahuan didukung oleh kemajuan teknologi dan informasi yang secara garis besar membentuk pola kehidupan baru.

Ilmu pengetahuan merupakan salah satu bidang yang mempengaruhi cara hidup manusia, berdampingan dengan filsafat dan teologi pada sisi yang lain. Sejak peradaban Mesopotamia perkembangan ilmu pengetahuan berawal dari Sumeria sekitar tahun 3000 SM, kemudian beralih di Babilonia, sebelum merangkak ke Mesir. Ilmu pengetahuan sebagai salah satu cara manusia untuk memahami fenomena alam merubah cara hidup manusia di bidang arsitektur, pengolahan logam, astronomi, pengobatan, sampai terbentuknya sistem tulisan (Aizid, 2018: 42).

Ilmu pengetahuan dalam perkembangan kebudayaan dan peradaban dunia tidak lain merupakan upaya manusia untuk lari dari mitos yang kadar kebenarannya tidak dapat diukur secara akurat dan terbuka. Melalui sains manusia mendapatkan cara penggambaran dunia dengan cara yang lebih terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan. Tujuan dari sains adalah menciptakan rumusan dari interpretasi dari fakta-fakta yang terdapat di dunia secara utuh dan konsisten (Sudrajat, 2017: 82).

Salah satu cabang ilmu pengetahuan adalah fisika, fisika berasal dari bahasa Yunani, *Physikos* yang berarti mempelajari sifat-sifat yang dimiliki alam. Fisika merupakan cabang Ilmu Pengetahuan yang mengkaji materi dan interaksi yang terjadi pada materi tersebut (Martawijaya, 2014: 3). Secara umum dapat disimpulkan bahwa fisika merupakan cabang sains yang membahas tentang semua gerak pada alam semesta.

Albert Einstein adalah salah satu aktor utama dalam perkembangan fisika. Gagasan Einstein dalam fisika teoritis melahirkan beberapa teori besar seperti penjelasan tentang sifat atom, dimensi molekuler, efek fotolistrik, gravitasi, sampai penjelasan tentang ruang dan waktu dalam Teori Relativitas Khusus. Teori yang disebutkan terakhir ini dituliskan pada sebuah makalah berjudul "*On a Electrodynamics of Moving Bodies*" yang dimuat dalam *Annalen der Physik*, 17, pada 30 Juni 1905. Melalui makalah ini Einstein mengangkat persoalan elektrodinamika benda bergerak yang menurutnya membutuhkan modifikasi pada teori ruang dan waktu (Isaacson, 2012: 115). Makalah ini secara langsung menyerang konsep mekanika Newton yang

menjadi hukum gerak dasar dalam fisika klasik dan menawarkan sebuah konsep baru yaitu Teori Relativitas Khusus.

Teori Relativitas Khusus secara keseluruhan menyangkal sifat mutlak ruang dan waktu, serta menolak keberadaan acuan universal seperti yang dijelaskan oleh mekanika Newton. Dua postulat Einstein dalam Teori Relativitas Khusus menyatakan bahwa suatu fenomena hanya dapat diamati dalam suatu kerangka acuan referensial tertentu. Berdasarkan kedua postulat tersebut, berarti pengukuran pada objek yang sama dengan kerangka acuan yang berbeda akan menghasilkan nilai yang berbeda. Teori ini juga memutlakkan nilai kecepatan cahaya sebagai konstanta universal yang tidak bergantung pada kecepatan pengamat. Teori yang dibakukan oleh Einstein dan kawan-kawannya ini kemudian menjadi salah satu penanda berakhirnya kejayaan fisika klasik sekaligus dibukanya era baru yang dinamai fisika modern.

Sejalan dengan Teori Relativitas Khusus, Al Quran dalam surat Sajdah ayat 5 disebutkan

يُدَبِّرُ الْأَمْرَ مِنَ السَّمَاءِ إِلَى الْأَرْضِ ثُمَّ يَعْرُجُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ أَلْفَ سَنَةٍ مِّمَّا تَعُدُّونَ

Artinya: *Dia mengatur segala urusan dari langit ke bumi, kemudian (urusan) itu naik kepada-Nya dalam satu hari yang kadarnya (lamanya) adalah seribu tahun menurut perhitunganmu.*¹

¹ Al Quran Kemenag pada laman <https://quran.kemenag.go.id/> pada 21 April 2021 pukul 01.47

Menurut Murtono (2005) ayat ini menjelaskan tentang kenisbian waktu dimana malaikat yang bergerak dengan kecepatan yang sangat tinggi akan mengalami waktu yang berbeda dengan manusia yang ada di bumi. Beberapa sumber mengaitkan ayat ini dengan Teori Relativitas Khusus karena teori ini berimplikasi pada kenisbian ruang dan waktu. Waktu dalam definisi Teori Relativitas Khusus bukanlah entitas mutlak yang nilainya sama, melainkan relatif terhadap keadaan gerak pengamat.

Perkembangan ilmu pengetahuan (termasuk fisika) dijelaskan oleh Thomas Kuhn (1922-1996) seorang fisikawan, sejarawan, dan filsuf berkebangsaan Amerika Serikat sebagai serangkaian pergeseran paradigma. Paradigma adalah suatu kerangka teoritis untuk memandang dan memahami alam yang digunakan sekelompok ilmuwan sebagai *world view*-nya (Fikri, 2018: 4). Kuhn menolak anggapan *Vienna Circle* yang menganggap bahwa perkembangan ilmu pengetahuan berdasarkan pada proses verifikasi dan konfirmasi-eksperimentasi. Kuhn juga mengoreksi pemikiran Karl Popper yang menganggap bahwa suatu ilmu pengetahuan harus memiliki kemungkinan salah dan karenanya ilmu pengetahuan akan melalui proses yang disebut “falsifikasi”. Kuhn menganggap bahwa pengetahuan tidak berkembang secara kumulatif melainkan melalui serangkaian pergeseran paradigma.

Menurut Kuhn proses perkembangan ilmu pengetahuan tidak lepas dari adanya dua kondisi yaitu “*Normal Science*” dan “*Revolutionary Science*”. Sains normal adalah kotak-kotak konseptual yang digunakan oleh komunitas ilmiah untuk memecahkan teka-teki sains berdasarkan paradigmanya (Muslih,

2020: 56). Sedangkan revolusi sains terjadi ketika paradigma yang lama tidak lagi mampu menjawab persoalan-persoalan sains yang baru di kalangan komunitas ilmiah. Melalui revolusi sains paradigma lama akan diganti dengan paradigma baru dan secara otomatis melahirkan sains normal yang baru.

Pemikiran Kuhn tentang perkembangan ilmu pengetahuan dituangkan dalam buku "*The Structure of Scientific Revolutions*" yang diterbitkan oleh Chicago Press pada tahun 1962. Buku ini mendapat sambutan dari ilmuwan, terbukti dari terjualnya buku ini sampai satu juta *copy* dan buku ini telah diterjemahkan ke dalam 16 bahasa. Hal ini karena gagasan Kuhn memberikan sumbangan besar bagi postpositivisme dan epistemologi postmodern sekaligus menyangkal dalil-dalil positivisme. Menurut Kuhn, ilmu pengetahuan sama sekali tidak bebas nilai, hal ini bertolak belakang dengan pandangan positivisme yang menganggap bahwa ilmu pengetahuan sama sekali bebas nilai.

Konsep revolusi saintifik Kuhn dan teori relativitas khusus adalah dua kajian dari disiplin ilmu berbeda. Akan tetapi keduanya saling terkait mengingat secara historis teori relativitas khusus merupakan salah satu teori besar yang kemudian menjadi salah satu fondasi fisika modern. Merunut ulang perumusan teori relativitas dan mengaitkannya dengan konsep revolusi saintifik Kuhn dapat menjadi referensi baru tentang bagaimana proses perkembangan ilmu pengetahuan dari satu segmentasi waktu.

Beberapa penelitian tentang Teori Relativitas Khusus telah dilakukan sebelumnya. Tutut Widyawati (2018) dalam skripsi yang ditulisnya mencoba menelaah Teori Relativitas Khusus menggunakan pendekatan Teorema

Phytagoras. Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Willman Faturrohman setahun sebelumnya. Faturrohman (2017) melakukan telaah pada objek yang sama menggunakan pendekatan analitik kaitan metrik dan energetis. Sedikit berbeda dengan dua penelitian yang telah disebutkan sebelumnya, John D. Norton seorang ilmuwan dari Universitas Pittsburgh pernah meneliti tentang perumusan Teori Relativitas Khusus yang dilakukan oleh Einstein. Melalui penelitian ini Norton merunut jalan berpikir yang ditempuh Einstein dalam merumuskan Teori Relativitas Khusus.

Pemahaman tentang proses perkembangan fisika dapat menjadi acuan dalam menempatkan fisika sebagai satu disiplin ilmu berdampingan dengan disiplin ilmu yang lain. Selama ini kajian dan penelitian fisika yang dilakukan di sekolah dan universitas di Indonesia biasanya hanya terpaku pada ranah fisika secara normatif dan jarang menyentuh aspek epistemologi dan dinamika perkembangannya. Buku-buku teks fisika juga seakan melepaskan narasi tentang bagaimana proses suatu ilmu pengetahuan diterima di dalam dunia akademis. *Unesco Science Report 2008* sebagaimana dikutip oleh Milya Sari (2012) menyatakan bahwa salah satu isu penting dalam kebijakan pendidikan sains adalah *nature of science and inquiry* atau hakikat sains dan inkuiri. Aspek hakikat sains salah satunya adalah berkaitan dengan epistemologi sains yaitu salah satu cabang filsafat yang membahas tentang bagaimana suatu ilmu pengetahuan dapat terbentuk. Akan tetapi sekolah dan universitas sepertinya masih menerapkan prinsip dualitas ilmu pengetahuan yang memisahkan antara satu disiplin ilmu dengan disiplin ilmu yang lain sama sekali. Padahal ilmu

pengetahuan bersifat universal dan tidak saling terpisah satu sama lain. Mengkaji fisika secara menyeluruh menurut Eka Mardani (2020) dapat menghindarkan diri dari memutlakkan ilmu pengetahuan dan menganggap bahwa ilmu adalah satu-satunya cara untuk mendapatkan kebenaran. Siswa maupun mahasiswa seharusnya mampu mengeksplorasi dan menghargai kekayaan sains--sejarahnya, keterkaitannya dengan dinamika sosial, budaya, epistemologi, dan nilai-nilai filosofis di dalamnya maka upaya sains dalam memperkaya budaya dan kehidupan masyarakat tidak akan membuahkan hasil yang maksimal (Matthews, 1994).

Dinamika perkembangan sains terutama fisika memang cukup kompleks. Akan tetapi disadari atau tidak perkembangan sains berjalan beriringan dengan perkembangan teknologi yang membangun peradaban manusia. Tugas sains adalah menerjemahkan setiap fenomena alam agar dapat dimengerti oleh manusia, sementara manusia itu sendiri tidak akan pernah terlepas dari sifat sosialnya. Penelitian fisika secara historis dan epistemologi diperlukan untuk menutupi keterbatasan-keterbatasan yang dimiliki sains. Karena sejatinya ilmu pengetahuan adalah seperti lentera yang memasuki ruang gelap bernama kebodohan. Faktanya semakin terang lentera itu menyala ternyata semakin luas pula ruang gelap yang dimasuki. Melalui penelitian ini penulis akan mencoba mengkaji bagaimana cara sains membuka ruang-ruang gelap yang menyelimuti ketidakpuasan manusia akan pengetahuan, khususnya dalam perumusan teori relativitas khusus.

B. Rumusan Masalah

Latar belakang sebagaimana telah dipaparkan sebelumnya membawa penulis pada sebuah rumusan masalah, yaitu bagaimana sejarah perkembangan teori relativitas khusus ditinjau dari tahapan revolusi saintifik Kuhn ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu menjelaskan sejarah perkembangan teori relativitas khusus dari sudut pandang revolusi saintifik Kuhn.

D. Batasan Masalah

Munculnya teori relativitas khusus menimbulkan beberapa konsekuensi dalam kajian fisika. Hal ini berarti akan muncul banyak kemungkinan ketika meneliti teori relativitas khusus secara keseluruhan. Karenanya agar penelitian ini lebih terarah penulis membatasi objek penelitian pada kajian mekanika dan optika pada teori relativitas khusus. Peneliti juga membatasi fase yang dibahas sampai tahap revolusi.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menjadi referensi ilmiah dalam pengembangan literasi sains terutama pada sejarah dan filsafat sains. Referensi ini dapat dijadikan sebagai alat untuk pengembangan keilmuan terutama dalam pembelajaran fisika. Selain itu karya yang dihasilkan dari penelitian ini juga dapat digunakan sebagai referensi dalam rangka memperkaya sumber fisika pada bidang *nature of science and inquiry* . Secara praktis penelitian ini adalah sebuah upaya mendeskripsikan tahapan-tahapan revolusi saintifik yang ditandai dengan lahirnya teori relativitas khusus.

F. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif yaitu penelitian deskriptif yang cenderung menggunakan analisis peneliti untuk mendapatkan kesimpulan penelitian. Penelitian kualitatif berdasar pada filsafat post-positivisme. Pada penelitian ini suatu objek penelitian dianalisis dalam kondisi alamiahnya. Penelitian kualitatif biasanya digunakan untuk menganalisis gejala sosial maupun keistimewaan sosial yang tidak bisa dijelaskan dengan penelitian kuantitatif. Metode penelitian kualitatif relevan digunakan pada penelitian ini karena objek penelitian maupun pendekatan yang digunakan pada penelitian ini akan dianalisis dalam kondisi alamiahnya. Alasan lain adalah karena penelitian ini mengambil analisis gejala sosial yaitu sejarah perumusan teori relativitas khusus.

Teknik pengambilan data yang digunakan pada penelitian ini adalah studi literatur (*library research*) yaitu teknik pengambilan data yang dilakukan dengan menelaah sumber-sumber kepustakaan yang berhubungan dengan objek penelitian seperti jurnal penelitian, makalah, buku-buku, serta sumber-sumber kepustakaan lain yang relevan dan terpercaya. Secara umum penulis akan membedakan beberapa langkah dalam penelitian ini sebagai berikut:

Langkah *pertama* adalah pengumpulan data dimana penulis akan mengumpulkan data sebanyak-banyaknya dari sumber-sumber terpercaya. Data-data yang penulis kumpulkan dapat berupa hasil penelitian baik berupa makalah, jurnal, tesis, maupun disertasi; buku-buku; maupun catatan-catatan lainnya. Kemudian penulis akan mengklasifikasikan data-data yang diperoleh sebagai data primer dan data sekunder. Selanjutnya penulis akan melakukan

pembahasan pada data-data yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian menggunakan analisis deskriptif. Langkah terakhir yang dilakukan penulis adalah evaluasi kritis sesuai dengan pandangan subjektif penulis.

Literasi awal yang peneliti dapatkan adalah Kuhn membagi proses perkembangan ilmu terdiri dari sebuah siklus pra-paradigma, paradigma, sains normal, anomali, krisis, revolusi, kemudian revolusi memunculkan paradigma baru yang akan menjadi sains normal baru. Dalam penelitian ini sains normal awal adalah mekanika Newton dan paradigma baru yang diterima adalah Teori Relativitas Khusus. Melalui penelitian ini penulis akan melihat perubahan cara pandang fisika terhadap ruang dan waktu yang ditandai dengan lahirnya teori relativitas khusus dengan konsep paradigma Kuhn.

G. Metode Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif. Metode ini digunakan untuk mendeskripsikan dan menggambarkan suatu fenomena berdasarkan kualitas dan keterkaitannya dengan fenomena lain. Metode deskriptif sebagaimana dituturkan oleh Suryana (2010) adalah penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan sifat-sifat, unsur-unsur, dan ciri-ciri suatu fenomena. Sedangkan model penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu historis faktual. Model ini membagi langkah analisis data menjadi 6 tahap.

Pada tahap awal penulis melakukan interpretasi terhadap teori relativitas khusus yaitu memahami teori yang relativitas khusus dan konsep-konsep baru yang ditawarkan oleh teori relativitas khusus. Kemudian penulis

melakukan analisis koherensi internal yaitu menganalisis teori relativitas khusus dalam hubungannya dengan penelitian fisika sebelum dan setelah teori relativitas khusus. Langkah selanjutnya adalah holistika yaitu melakukan penelitian secara menyeluruh pandangan-pandangan Einstein tentang mekanika dan penambahan perhitungan optis pada kajian mekanika. Hasil ini kemudian dikomparasikan dengan kesinambungan historis konsep-konsep fisika sebelum teori relativitas khusus ditemukan. Selanjutnya penulis akan mendeskripsikan secara historis perumusan teori relativitas khusus berdasarkan revolusi saintifik Kuhn. Langkah terakhir adalah refleksi yaitu merefleksikan seluruh proses perumusan teori relativitas khusus sehingga didapatkan hasil akhir dari penelitian.

H. Penelitian yang Relevan

Teori paradigma Kuhn sering digunakan dalam penelitian yang berkaitan dengan bergesernya cara pandang manusia maupun komunitas ilmiah dalam memandang suatu fenomena sosial maupun perkembangan sains. Teori ini sejatinya adalah penolakan terhadap klaim objektivitas tunggal dalam ilmu pengetahuan. Ilmu pengetahuan menurut Kuhn berkembang mengikuti dinamika sosial manusia yang dinamis. Teori Kuhn sering digunakan sebagai basis analisis dalam beberapa penelitian sosial. Mengikuti hal ini maka penulis menggunakan beberapa sumber sebagai kajian pustaka yang penulis gunakan pada penelitian ini.

Data primer yang penulis gunakan adalah karya Kuhn yang berjudul “*The Structure of Scientific Revolutions*”. Karya Kuhn ini menjelaskan secara

rinci bagaimana tahapan-tahapan yang dilalui dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Selain karya ini penulis juga menggunakan data primer berupa makalah Einstein tentang Teori Relativitas Khusus yang berjudul “*On a Electrodynamics of Moving Bodies*”. Melalui makalah ini penulis akan menggali pola pengambilan kesimpulan yang digunakan Einstein dalam merumuskan teorinya. Data yang hampir serupa penulis dapatkan dari penjelasan Einstein tentang Teori Relativitas Khusus yang dituliskan dalam buku “*Relativity: The Special and General Theory*”. Kedua karya ini akan menuntun penulis pada gambaran keadaan komunitas ilmiah pada saat itu sehingga penulis dapat mencari simpul pada penggalian data selanjutnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Sri Hartini (2019) berjudul *Revolusi Ilmiah: Global Positioning System (GPS) Sebagai Bukti Empiris Teori Relativitas*. Penelitian ini mencoba menganalisis teknologi *Global Positioning System* (GPS) sebagai bukti empiris dari revolusi ilmiah. Hartini menemukan bahwa konsep relativitas diaplikasikan dalam GPS agar mendapatkan pengukuran waktu yang tepat. Penelitian ini mengambil satu lokus dalam pengembangan ilmu pengetahuan dimana ilmuwan mulai menggunakan paradigma yang baru dalam menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam fisika. Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah penulis akan mengambil setiap fase dalam perkembangan konsep ruang dan waktu mulai dari sains normal yang pertama sampai ditemukannya paradigma yang baru.

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Septi Nur Damayanti dan Hamka Mujahid Ma'ruf (2018). Penelitian yang hampir serupa dengan penelitian yang dilakukan penulis ini bertajuk *Epistemologi Saintifik Thomas Kuhn Terhadap Munculnya Ilmu Pengetahuan Sosial*. Penelitian ini berlatar dari anggapan bahwa perkembangan ilmu pengetahuan tidak mungkin lepas dari konteks sosial dimana ilmu pengetahuan itu berkembang. Penelitian dengan metode kajian pustaka ini mendapatkan hasil bahwa ilmu pengetahuan, sains, dan teknologi akan terus berkembang seiring dengan dinamika masyarakat dan tantangan-tantangan yang dihadapi oleh masyarakat. Melalui penelitian ini Damayanti dan Ma'ruf memotret paradigma manusia dari abad ke-16 sampai abad ke-20. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan penulis pada penggunaan Teori Paradigma Kuhn sebagai pisau analisis. Perbedaannya adalah pada objek penelitian. Penulis mengambil Teori Relativitas Khusus sebagai objek penelitian, berbeda dengan penelitian Damayanti dan Ma'ruf yang mengambil lokus yang lebih luas yaitu pada pengembangan Ilmu Sosial.

Penelitian selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Berry Kurnia Virmala (2020) yang berjudul *Revolusi Saintifik dalam Mekanika*. Penelitian yang menggunakan metode studi literatur ini membagi periodisasi perkembangan mekanika menjadi dua yaitu mekanika klasik, dan mekanika modern. Virmala melakukan analisis perkembangan mekanika secara umum dengan kerangka analisis paradigma Kuhn. Penelitian ini tidak menyajikan data secara rigid tentang penelitian mekanika yang terjadi selama periode sains

normal, munculnya anomali, krisis, sampai revolusi saintifik. Hal inilah yang membedakan penelitian yang dilakukan oleh Virmala dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

Serupa dengan penelitian sebelumnya sebuah jurnal serupa dengan penelitian ini ditulis oleh Michael R. Matthews. Penelitian ini berjudul *Science Education and the Scientific Revolution: a way to learn about science* (2007). Jurnal mencoba memaparkan beberapa perdebatan dalam fisika pada abad ke 17, pemaparan ini menurut Matthews dapat dijadikan sebagai konten pembelajaran sains. Perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian ini adalah pada momentum pergeseran paradigma yang dijadikan objek penelitian. Matthews mengambil momen abad ke-17 sedangkan penulis akan mengambil momen pada abad ke-20.

Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh John D. Norton berjudul *Einstein's Special Theory of Relativity and the Problem in the Einstein's Theory of Relativity and the Problems in the Electrodynamics of Moving Bodies that Led him to it* (2004) mencoba menjelaskan problem-problem elektrodinamika yang membawa Einstein pada kesimpulan relativitas khusus. Norton menganalisis beberapa korespondensi Einstein untuk mendapatkan hasil penelitiannya. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah kecepatan sinyal cahaya dan sinkronisasinya terhadap jam yang menjadi dasar kesimpulan Einstein. Penelitian ini memiliki kesamaan pada objek penelitian yaitu Teori Relativitas Khusus. Perbedaannya adalah Norton mengambil korespondensi yang ditulis oleh Einstein untuk mengambil kesimpulan

sedangkan penulis akan mengambil catatan penelitian yang dilakukan oleh ilmuwan sebelum dan setelah Einstein dan membaginya dalam tahapan revolusi saintifik.

Tabel 1. 1 Penelitian yang relevan

Peneliti	Michael R. Matthews (2007)	Hamka Mujahid Ma'ruf (2018)	Berry Kurni Virmala (2020)	John D. Norton (2003)	Sri Hartini (2019)
Judul	<i>Science Education and the Scientific Revolution: a way to learn about science</i>	<i>Epistemologi Saintifik Thomas Kuhn Terhadap Munculnya Ilmu Sosial</i>	<i>Revolusi Saintifik dalam Mekanika</i>	<i>Einstein's Theory of Relativity and the Problems in the Electrodynamics of Moving Bodies that Led him to it</i>	<i>Revolusi Ilmiah: Global Positioning System (GPS) Sebagai Bukti Empiris Teori Relativitas</i>
Pendekatan	Paradigma Thomas (Sejarah dan filosofi)	Paradigma Thomas Kuhn (Epistemologi)	Paradigma Thomas Kuhn	Analisis Teoritik	Paradigma Thomas Kuhn
Objek Penelitian	Fisika abad 17 (perdebatan bentuk bumi)	Perkembangan ilmu sosial	Mekanika	Teori Relativitas Khusus	Penelitian fisika dalam periode sains normal
Hasil	Beberapa fase dalam revolusi saintifik pada abad ke-17 dapat dijadikan sebagai konten pembelajaran fisika	Ilmu Pengetahuan Sosial lahir dari upaya untuk mengorganisasi ilmu-ilmu sosial secara ilmiah. IPS lahir dari perdebatan antara modernisme dan postmodernisme	Perkembangan mekanika ditinjau dari Teori Paradigma Kuhn dibagi menjadi dua periode yaitu mekanika klasik dan mekanika modern. Mekanika modern kemudian dibagi lagi menjadi dua yaitu mekanika kuantum lama dan mekanika kuantum baru	Permasalahan elektrodinamika terutama pada kecepatan sinyal cahaya dan penyesuaian dengan jam adalah hal penting yang membawa Einstein pada Teori Relativitas Khusus alih-alih eksperimen Michelson	Teori relativitas khusus memiliki peranan besar dalam pengembangan teknologi GPS

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Konsep paradigma dan revolusi sains adalah konsep utama Kuhn untuk menjelaskan bagaimana ilmu pengetahuan berkembang dan berubah dalam sejarah komunitas ilmiah. Konsep ini dapat digunakan untuk mendeskripsikan bagaimana teori relativitas dibangun dan akhirnya diterima oleh komunitas ilmiah. Sejarah perkembangan teori relativitas khusus jika ditinjau menggunakan revolusi saintifik Kuhn adalah sebagai berikut

1. Fase pra-paradigma

Fase ini dimulai pada tradisi intelektual Yunani Kuno dengan Aristoteles (384-322 SM) sebagai tokoh kunci. Fase pra-paradigma diteruskan sampai masa kejayaan islam dan berakhir pada publikasi *Principia* Newton.

2. Paradigma

Paradigma utama sebelum teori relativitas adalah mekanika Newton dengan konsep ruang dan waktu mutlak dilengkapi dengan transformasi Galileo. Sementara itu teori gelombang cahaya Huygens terus disempurnakan oleh ilmuwan setelahnya seperti Young, Fresnel, dan Maxwell.

3. Fase sains normal

Konsep mekanika klasik dipandu oleh mekanika Newton dan teori gelombang cahaya Huygens (1678) sampai anomali pertama ditemukan yaitu tahun 1851. Pada fase ini penelitian fisika diarahkan pada kotak konseptual yang dibangun oleh fisika klasik.

4. Fase anomali

Anomali-anomali yang tidak dapat dijelaskan oleh fisika klasik diantaranya adalah hasil eksperimen Fizeau, persamaan gelombang elektromagnetik Maxwell, serta hasil nihil eksperimen Michelson-Morley dalam mendeteksi gerak bumi relative terhadap eter.

5. Fase krisis

Fase ini ditandai dengan upaya-upaya fisikawan untuk menjelaskan anomali dengan kerangka paradigma lama atau mencoba membuat teori spekulatif yang baru. Pada perkembangan teori relativitas, fase krisis dapat dilihat dari upaya Hertz, FitzGerald, Lorentz, Roemer, Poincare dan beberapa fisikawan lain yang mencoba menjawab anomali yang ditemukan.

6. Revolusi saintifik

Revolusi saintifik dimulai saat Einstein mempublikasikan makalahnya pada tahun 1905. Kontroversi terhadap publikasi Einstein di dalam komunitas ilmiah Jerman terjadi antara tahun 1905 sampai tahun 1911. Fisikawan pada waktu ini banyak beradu argumen baik melalui publikasi karya ilmiah, pernyataan di forum ilmiah, maupun melalui korespondensi.

Penjelasan terhadap sejarah perkembangan teori relativitas khusus ini menunjukkan bahwa teori relativitas khusus berkembang dalam kurun waktu yang sangat panjang dan melibatkan banyak fisikawan. Selain itu penjelasan ini juga menunjukkan bahwa teori relativitas berkembang dengan sangat dinamis dan bersifat historis. Penerimaan atas teori relativitas khusus melibatkan kekerasan intelektual antara paradigma lama dan paradigma baru.

B. Saran

Gambaran sejarah bagaimana teori relativitas khusus dibangun menunjukkan bahwa sains berkembang begitu dinamis sepanjang waktu. Setiap penemuan baru

dalam sains bukanlah murni hasil pemikiran dari satu ilmuwan melainkan melibatkan banyak kontribusi dari ilmuwan sebelumnya. Sains dikembangkan secara kolektif oleh komunitas ilmiah dengan sekumpulan hukum dasar yang menuntun jalannya penelitian. Hukum dasar ini akan menjadi pijakan bagi ilmuwan untuk mendapatkan otoritas dalam setiap penemuan. Meskipun begitu paradigma tetaplah hasil kreasi intelektual manusia yang memiliki keterbatasannya sendiri. Bagi ilmuwan yang cukup terampil menghancurkan bangunan paradigma lama dan menggantinya dengan paradigma baru adalah satu-satunya pilihan ketika paradigma lama tidak lagi mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam sains.

Penelitian selanjutnya dapat mengangkat tema yang sama dengan memperluas kajian pada teori relativitas umum. Bagaimanapun, Einstein mengembangkan teori relativitas umum sebagai upaya untuk meluaskan bangunan teori relativitas pada ranah geometri dan konsep gravitasi. Penelitian ini dapat berguna untuk mengetahui bagaimana penerimaan komunitas ilmiah terhadap konsep geometri dan gravitasi yang baru. Dalam banyak kasus kajian tentang paradigma juga terbukti relevan dengan disiplin ilmu lain baik itu ilmu alam maupun ilmu sosial.

Di Indonesia konsep paradigma digunakan untuk beberapa kepentingan seperti paradigma islam nusantara yang dibangun dari karakteristik pemikiran para santri dalam persinggungan antara agama dan bentuk negara. UIN Sunan Kalijaga sendiri memiliki paradigma khas yang digunakan dalam lingkup universitas yaitu paradigma integrasi-interkoneksi. Dalam lingkup komunitas ilmiah kecil beberapa daerah di Indonesia mungkin saja bisa menciptakan paradigma dalam sains. Kajian seperti ini bagi penulis adalah satu hal yang sangat bermanfaat untuk menguatkan potensi sains lokal.

Peneliti selanjutnya juga dapat memperluas kajian penelitian pada ranah praksis seperti pengembangan konten pembelajaran sains pada materi teori relativitas khusus dari tinjauan revolusi saintifik Kuhn. Pengetahuan yang lengkap terhadap sejarah sains dapat menunjang pemahaman peserta didik terhadap materi dan juga sains secara keseluruhan. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya ini memiliki banyak kekurangan. Kritik dan saran pada tulisan ini bagi penulis adalah bentuk apresiasi dari pembaca.



DAFTAR PUSTAKA

- Aizid Rizem. 2018. *Sejarah Terlengkap Peradaban Dunia*. Yogyakarta: Noktah
- Almas Afiq Fiqri. 2018. *Sumbangan Paradigma Thomas S. Kuhn dalam Ilmu dan Pendidikan (Penerapan Metode Problem Based Learning dan Discovery Learning)*
- American Institute of Physics. 2003. *Albert Abraham Michelson 1852-1931*. <https://history.aip.org/exhibits/gap/Michelson/Michelson.html>. diakses pada 19 Oktober 2021 pukul 23.11 WIB.
- American Physical Society. 2000. *July 5, 1687: Publication of Sir Isaac Newton's Principia*. <https://www.aps.org/publications/apsnews/200007/history.cfm>. diakses pada 12 Oktober 2021 pukul 20.00 WIB
- Anugraha Rinto. 2011. *Teori Relativitas dan Kosmologi*. Yogyakarta: Fakultas MIPA UGM
- Ashari Ari, Hadi Sofian. 2020. *Mendudukan Kembali Makna Ilmu dan Sains dalam Islam*. Gontor: Jurnal Tasfiah, Vol. 4 No. 1
- Britannica. 2019. *Law of Inertia*. <https://www.britannica.com/science/law-of-inertia>. diakses pada 16 Oktober 2021 pukul 19.42 WIB.
- Britannica. 2020. *Archimedes' Principle*. <https://www.britannica.com/science/Archimedes-principle>. diakses pada 16 Oktober 2021 pukul 21.30 WIB
- Britannica. 2021. *Erasthenes*. <https://www.britannica.com/biography/Erasthenes>. diakses pada 16 Oktober 2021 pukul 22.08 WIB
- Brown Harver R. 2003. *Michelson, FitzGerald and Lorentz: the origins of relativity revisited*. Oxford: Sub-Faculty of Philosophy, University of Oxford
- Cassini Alejandro, Levinas Marcelo Leonardo. 2018. *Einstein's reinterpretation of the Fizeau experiment: How it turned out to be crucial for special relativity*. Buenos Aires, Argentina: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas and Universidad de Buenos Aires

- Damayanti Septi Nur, Mujahid Ma'ruf Hamka. 2018. *Epistemologi Saintifik Thomas S. Kuhn terhadap Munculnya Ilmu Pengetahuan Sosial*. Bali: Jurnal Filsafat Indonesia
- Harari Noah. 2018. *Homo Deus: Masa Depan Umat Manusia*. Jakarta: Pustaka Alfabet diterjemahkan dari *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow*
- Hartini Sri. 2019. *Revolusi ilmiah: Global Positioning System (GPS) Sebagai Bukti Empiris Teori Relativitas*. Bali: Jurnal Filsafat Indonesia
- Isaacson Walter. 2008. *Einstein Kehidupan dan Pengaruhnya Bagi Dunia*. London: Pocket Books Terjemahan: Mursid Wijanarko. 2012. Yogyakarta: Bentang Pustaka
- Karim Abdul. 2014. *Sejarah Perkembangan Ilmu Pengetahuan*. Kudus: Fikrah
- Komarudin. 2014. *Falsifikasi Karl Popper dan Kemungkinan Penerapannya dalam Keilmuan Islam*. Jurnal At Taqaddum, Vol. 6, No. 2
- Kuhn Thomas. 1989. *Peran Paradigma dalam Revolusi Sains*. Terjemahan: Tjun Surjaman, Bandung: Remaja Karya Offset
- Ma'ruf Hamka Mujahid, Damayanti Septi Nur. 2018. *Epistemologi Saintifik Thomas S. Kuhn terhadap Munculnya Ilmu Pengetahuan Sosial*. Buleleng: Jurnal Filsafat Indonesia, Vol. 1 No. 3
- Mart Terry. 2005. *Albert Einstein: Bagaimana Saya Membangun Teori Relativitas*. <http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1117172665>. diakses pada 5 Oktober 2021 pukul 22.02 WIB.
- Martawijaya Agus. 2014. *Buku Fisika Peserta Didik Berbasis Kearifan Lokal untuk Meningkatkan Karakter dan Ketuntasan Belajar*. Makassar: FMIPA UNM
- Matthews Michael. 2007. *Science Education and the Scientific Revolution: A Way to Learn About Science*. Wales: University of South Wales
- Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science* New York: Routledge).
- Miftachul Hadi. 2008. *Apa Itu Relativitas ?*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

- Murtono. 2005. *Mengenal Konsep Relativitas*. Yogyakarta: Jurnal Kaunia, Vol. 1 No. 2
- Muslih Muhammad. 2020. *Filsafat Ilmu Imre Lakatos dan Pengembangan Metodologi Sains Islam*. Gontor: Unida
- Newbold Clair T. 2010. *Multiple Intelligence and the Artistic Imagination: A Case Study of Einstein and Picasso*. The Clearing House Vol. 72 No. 3
- Norman Jeremy M. 2021. *Huygens Discovers the Wave or Pulse Theory of Light*. <https://historyofinformation.com/detail.php?id=2635> . diakses pada 28 Oktober 2021 Pukul 22.16 WIB
- Norton John D. 2004. *Einstein's Special Theory of Relativity and the Problems in the Electrodynamics of the Moving Bodies that Led him to it*. Cambridge: Cambridge University Press
- Nurkhalis. 2012. *Konsep Epistemologi Paradigma Thomas Kuhn*. Banda Aceh: Jurnal Substantia, Vol. 14 No. 2
- Purwanto Joko. 2014. *Hukum Newton Tentang Gerak dalam Fase yang Tak Komutatif*. Jurnal Kaunia Vol X N.o. 1. Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Putra Afriadi. 2015. *Epistemologi Revolusi Ilmiah Thomas Kuhn dan Relevansinya bagi Studi Al-Qur'an*. Jurnal Refleksi, Vol. 15, No. 1
- Qadafy Mu'ammam Zayn. 2014. *Revolusi Ilmiah Thomas Samuel Kuhn (1922-1996) dan Relevansinya bagi kajian Keislaman*. Pasuruan: Al-Murabbi, Vol. 1 No. 1
- Rahardjo Dwi Teguh. 2012. *Kovarian Persamaan Maxwell Melalui Transformasi Lorentz*. JPFA Vol. 2 No. 1. Surakarta: FKIP UNS
- Resmiyanto Rachmad. 2009. *Telaah Laboratorium Maya Berdasarkan Model Sains Kuhnian dan Implikasinya dalam Pembelajaran Fisika*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan dilansir dari <http://ltps.uad.ac.id/>
- Russell Bertand. 1946. *Sejarah Filsafat Barat*. Jakarta: Pustaka Pelaja
- Sari Milya. 2012. *Usaha Mengatasi Problematika Sains di Sekolah dan Perguruan Tinggi*. Jurnal Al-Ta'lim, Jilid 1, Nomor 1: Padang: IAIN Imam Bonjol Padang

- Stanley Richard. 1998. *On the Histories of Relativity: the Propagation and Elaboration of Relativity Theory in Participant Histories in Germany, 1905-1911*. Chicago: Chicago Press
- Suroso Agus. 2017. *Teori Relativitas Khusus*. Diunduh dari laman agussuroso102.wordpress.com
- Suryana. 2010. *Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan kualitatif*. Universitas Pendidikan Indonesia
- Trektoff Ernie. 2021. *November 1887: Michelson and Morley Report their Failure to Detect the Luminiferous Ether*. <https://www.aps.org/publications/apsnews/200711/physicshistory.cfm>. diakses pada 9 Oktober 2021 pkl. 19.22 WIB
- Wikara Bertha. 2012. *Konsekuensi Hasil Penelitian Tim Icarus Tentang Kelajuan Neutrino Terhadap Teori Relativitas*. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Young Hugh D., dkk. 2002. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga
- Yusuf Muhammad Arsjad. 2020. *Logika, Imajinasi, Angka, dan Einstein*. Jakarta: Universitas Indonesia



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA