SIKAP EINSTEIN TERHADAP EKSPERIMEN

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan

Oleh :

Syifa Alifia Azzahra

22104050015

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

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-2868/Un.02/DT/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : SIKAP EINSTEIN TERHADAP EKSPERIMEN

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SYIFA ALIFIA AZZAHRA
Nomor Induk Mahasiswa : 22104050015
Telah diujikan pada : Kamis, 13 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 6a8542ba9dfff

Penguji I

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

Valid ID: 6a853504dbdd5

Penguji II

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

Valid ID: 6a87d487e8cd2

Yogyakarta, 13 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a87f681905f4

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syifa Alifia Azzahra

NIM : 22104050015

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul "Sikap Einstein terhadap Eksperimen" merupakan karya hasil tulisan saya sendiri. Adapun bagian-bagian yang saya kutip dari hasil karya tulisan orang lain sebagai bahan acuan telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika dalam penulisan ilmiah, serta disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

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

Yogyakarta, 6 Agustus 2026

Yang Menyatakan,



Syifa Alifia Azzahra

NIM.22104050015

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Hal : Permohonan Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : Satu Bendel Skripsi

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta
Assalamu'alaikum Wr. Wb

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

Nama : Syifa Alifia Azzahra
NIM : 22104050015
Judul Skripsi : Sikap Einstein terhadap Eksperimen.

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 stara satu dalam bidang Pendidikan Fisika.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir mahasiswa tersebut dapat segera dimunaqosyahkan. Atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 06 Agustus 2026

...atakan,



Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D.
NIP 198706302015031003

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LEMBAR INTEGRASI INTERKONEKSI KEILMUAN

Fisika dalam perspektif Islam tidak hanya dipahami sebagai ilmu yang mempelajari berbagai gejala dan hukum alam, tetapi juga sebagai sarana bagi manusia untuk menggunakan akal dan mengamati ciptaan Allah SWT. Alam semesta memiliki keteraturan yang dapat dikaji melalui proses berpikir, pengamatan, dan penelitian ilmiah. Oleh karena itu, perkembangan ilmu fisika tidak dapat dilepaskan dari kemampuan manusia dalam menggunakan akal, mengembangkan pengetahuan, serta menguji pemahamannya terhadap fenomena alam melalui pengalaman empiris. Salah satu tokoh yang memiliki peran penting dalam perkembangan fisika modern adalah Albert Einstein, khususnya melalui pengembangan teori relativitas.

Penelitian yang berjudul "Sikap Einstein terhadap Eksperimen" mengkaji pandangan dan posisi intelektual Einstein terhadap eksperimen dalam proses ilmiah. Kajian ini menunjukkan bahwa Einstein tidak memandang teori dan eksperimen sebagai dua hal yang saling bertentangan, melainkan sebagai dua unsur yang memiliki fungsi berbeda tetapi saling berkaitan. Einstein memandang bahwa teori dapat dikembangkan melalui proses berpikir, kreativitas, intuisi, dan imajinasi ilmiah. Namun, teori yang telah dirumuskan tetap perlu dihadapkan pada pengalaman empiris melalui pengamatan dan eksperimen untuk mengetahui kesesuaiannya dengan kenyataan. Dengan demikian, proses pengembangan ilmu melibatkan keterkaitan antara kemampuan rasional manusia dan bukti empiris yang diperoleh dari alam.

Landasan mengenai pentingnya penggunaan akal dalam memahami alam sejalan dengan firman Allah SWT dalam QS. Ali 'Imran ayat 190–191 sebagai berikut:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ

Artinya: "Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal." (QS. Ali 'Imran: 190)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Ayat tersebut menunjukkan bahwa manusia diperintahkan untuk memperhatikan dan memikirkan berbagai fenomena yang terdapat di alam. Penggunaan akal menjadi salah satu cara manusia dalam memahami keteraturan ciptaan Allah SWT. Dalam konteks ilmu fisika, proses tersebut diwujudkan melalui kegiatan ilmiah seperti merumuskan pertanyaan, membangun penjelasan teoritis, melakukan pengamatan, serta menguji suatu gagasan melalui eksperimen. Hal ini memiliki keterkaitan dengan pemikiran Einstein yang menempatkan kemampuan berpikir dan kreativitas sebagai bagian penting dalam pembentukan teori ilmiah, tetapi tetap memberikan tempat penting bagi pengalaman empiris dalam menguji kesesuaian teori dengan fenomena alam.

Selain penggunaan akal, Islam juga mengajarkan manusia untuk tidak menerima suatu informasi atau pengetahuan secara sembarangan tanpa melakukan pemeriksaan terlebih dahulu. Hal tersebut sebagaimana firman Allah SWT dalam QS. Al-Hujurat ayat 6 yang berbunyi:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِنْ جَاءَكُمْ فَاسِقٌ بِنَبَإٍ فَتَبَيَّنُوا

Artinya: "Wahai orang-orang yang beriman! Jika seseorang yang fasik datang kepadamu membawa suatu berita, maka telitilah kebenarannya..." (QS. Al-Hujurat: 6)

Ayat tersebut memberikan nilai penting mengenai sikap teliti dan melakukan pemeriksaan terhadap suatu informasi sebelum menerima atau mengambil keputusan berdasarkan informasi tersebut. Nilai tersebut memiliki keterkaitan dengan sikap ilmiah dalam penelitian, khususnya dalam memperlakukan hasil eksperimen sebagai bukti yang perlu diperhatikan secara kritis. Dalam penelitian mengenai Einstein, sikap terhadap eksperimen tidak hanya berkaitan dengan menerima hasil yang sesuai dengan teori, tetapi juga dengan mempertimbangkan kualitas, ketepatan, dan keterbatasan bukti empiris yang tersedia. Dengan demikian, eksperimen menjadi bagian dari proses ilmiah untuk menilai sejauh mana suatu teori dapat dipertanggungjawabkan berdasarkan kenyataan yang diamati.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Integrasi antara fisika dan nilai-nilai keislaman dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kegiatan ilmiah tidak hanya membutuhkan kemampuan intelektual, tetapi juga sikap ilmiah yang bertanggung jawab. Penggunaan akal dan kreativitas diperlukan untuk mengembangkan gagasan mengenai alam, sedangkan pengamatan dan eksperimen diperlukan untuk menguji kesesuaian gagasan tersebut dengan kenyataan. Dalam hal ini, pemikiran Einstein mengenai hubungan teori dan eksperimen memberikan gambaran bahwa perkembangan ilmu pengetahuan berlangsung melalui hubungan antara penalaran manusia dan pengalaman empiris.

Dengan demikian, penelitian mengenai sikap Einstein terhadap eksperimen memiliki keterkaitan dengan paradigma integrasi-interkoneksi karena mempertemukan kajian fisika, sejarah ilmu pengetahuan, filsafat ilmu, dan nilai-nilai keislaman. Kajian ini memberikan pemahaman bahwa mempelajari alam melalui ilmu pengetahuan merupakan salah satu bentuk usaha manusia dalam menggunakan akal untuk memahami keteraturan ciptaan Allah SWT. Pada saat yang sama, proses ilmiah menuntut manusia untuk bersikap kritis, teliti, terbuka terhadap bukti, serta menyadari bahwa pengetahuan manusia memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, perkembangan ilmu pengetahuan tidak hanya diarahkan pada pencapaian pengetahuan baru, tetapi juga pada terbentuknya sikap ilmiah yang bertanggung jawab dalam memahami dan memanfaatkan ilmu.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah [2]: 286)

“Saya sampai di titik ini bukan hanya karena usaha saya sendiri, tetapi juga karena doa dan dukungan kedua orang tua yang selalu percaya kepada saya”

(Penulis)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Alhamdulillaahi Rabbil'aalamin

Tiada lembar yang lebih bermakna dalam skripsi ini selain lembar persembahan. Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT atas segala nikmat, kesehatan, kemudahan, dan kekuatan yang senantiasa diberikan. Akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd.), sebuah cita-cita yang telah lama diimpikan. Perjalanan panjang ini tidak mungkin dapat dilalui seorang diri. Oleh karena itu, dengan penuh rasa syukur dan kebahagiaan, penulis mempersembahkan karya ini sebagai ungkapan terima kasih atas doa, dukungan, motivasi, dan kasih sayang yang telah mengiringi setiap langkah perjuangan. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat cukup, nikmat sehat, serta nikmat ketegaran hati serta hidayah-Nya.
2. Kepada kedua orang tua tercinta, Ayah Eko Susanto, M.Pd.I. dan Ibu Hernawati, S.Pd., terima kasih atas cinta, doa, dukungan, dan segala pengorbanan yang telah diberikan. Setiap pencapaian penulis hingga hari ini tidak lepas dari doa, bimbingan, dan ketulusan Ayah dan Ibu. Semoga karya sederhana ini menjadi wujud rasa syukur, bakti, dan terima kasih penulis.
3. Kepada diri sendiri, Syifa Alifia Azzahra, terima kasih sudah memilih untuk tetap bertahan dan terus melangkah sampai di titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah meskipun sempat merasa lelah, ragu, dan ingin berhenti. Skripsi ini menjadi bukti bahwa setiap usaha, doa, dan air mata yang telah dilalui tidak pernah sia-sia. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat untuk selalu percaya pada diri sendiri, menghargai setiap proses, dan terus berani mengejar mimpi-mimpi berikutnya.
4. Kepada kedua adik tercinta, Rafa Abdillah Alhafsi dan Riva Almahyra Mishall Qirani, terima kasih atas semangat dan kebersamaan yang selalu diberikan selama proses ini. Semoga apa yang penulis capai hari ini dapat

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

menjadi motivasi bagi kalian untuk terus belajar, meraih cita-cita, dan tidak mudah menyerah.

5. Skripsi ini penulis persembahkan kepada Emak, nenek tercinta (dari Ibu), atas doa, kasih sayang, perhatian, dan dukungan yang selalu diberikan dengan penuh ketulusan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, kebahagiaan, serta membalas segala kebaikan dan kasih sayang Emak dengan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.
6. Skripsi ini penulis persembahkan kepada Almarhumah Uti, nenek tercinta (dari Ayah), yang semasa hidup selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan kepada penulis. Meskipun Uti tidak sempat menyaksikan hari kelulusan dan wisuda penulis, doa serta kenangan tentang Uti akan selalu hidup di hati penulis. Semoga karya sederhana ini menjadi wujud bakti dan terima kasih atas segala kasih sayang yang telah diberikan. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat, ampunan, dan menempatkan Almarhumah Uti di tempat terbaik di sisi-Nya. Aamiin.
7. Skripsi ini penulis persembahkan kepada seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan semangat selama penulis menempuh pendidikan. Terima kasih atas kepercayaan dan motivasi yang selalu diberikan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, keberkahan, serta membalas segala kebaikan keluarga dengan balasan yang terbaik.
8. Kepada Bapak Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi, terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, arahan, dan kesabaran, yang telah Bapak berikan selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan Bapak serta melimpahkan kesehatan, keberkahan, dan kesuksesan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrohmannirrohim

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah, kasih sayang, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sikap Einstein terhadap Eksperimen" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW., beserta keluarga, sahabat, dan seluruh pengikutnya hingga akhir zaman.

Penyusunan tugas akhir ini tentu tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, doa, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat cukup, nikmat sehat, serta nikmat ketegaran hati serta hidayah-Nya.
2. Kedua orang tua tercinta, Ayah Eko Susanto, M.Pd.I dan Ibu Hernawati, S.Pd., yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, motivasi, dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan studi dan penyusunan skripsi ini.
3. Saudara kandung penulis, Rafa Abdillah Alhafsi dan Riva Almahyra Mishall Qirani, beserta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, perhatian, semangat, dan dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
4. Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd., selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

6. Ibu Puspo Rohmi, M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
7. Bapak Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, masukan, serta bimbingan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi hingga selesai.
8. Bapak Joko Purwanto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Penguji I, dan Bapak Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan berbagai saran, kritik, dan masukan yang membangun sehingga skripsi ini dapat disusun dengan lebih baik.
9. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta nilai-nilai kehidupan yang sangat berharga selama penulis menempuh pendidikan.
10. Teman-teman seperjuangan Program Studi Pendidikan Fisika angkatan 2022 yang telah berproses, belajar, berbagi pengalaman, serta berjuang bersama hingga dapat menyelesaikan pendidikan pada tahap akhir ini.
11. Kepada Khumayrotul Baroroh, sahabat penulis sejak masa SMA hingga saat ini yang juga menjadi teman satu program studi, terima kasih atas persahabatan, dukungan, semangat, dan kebersamaan yang selalu diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
12. Kepada Evi Mardiana Hapsari, partner bimbingan skripsi, terima kasih atas kebersamaan, semangat, dukungan, serta kerja sama selama menjalani proses bimbingan dan penyusunan skripsi ini.
13. Bapak Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D., yaitu Evi Mardiana Hapsari, Mesi Riskiyanti Yusuf, dan Dwi Nurlitasari, yang telah

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

membersamai, saling memberikan semangat, berbagi pengalaman, serta saling mendukung selama proses penyusunan skripsi.

14. Terakhir, kepada diri penulis sendiri, Syifa Alifia Azzahra, yang telah berusaha, bertahan, dan terus melangkah dalam menghadapi berbagai tantangan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena tidak menyerah, terus belajar, dan percaya bahwa setiap proses yang dijalani merupakan bagian dari perjalanan untuk menjadi pribadi yang lebih baik.

Semoga segala bantuan, doa, dukungan, serta kebaikan yang telah diberikan oleh semua pihak mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah Swt. serta menjadi amal jariyah yang bernilai ibadah di sisi-Nya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan karya ilmiah ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta menjadi salah satu referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pendidikan fisika, sejarah sains, dan filsafat ilmu. *Aamiin yaa Rabbal 'aalamiin.*

Wassalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh.

Yogyakarta, Agustus 2026

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Syifa Alifia Azzahra
NIM. 22104050015

SIKAP EINSTEIN TERHADAP EKSPERIMEN

Syifa Alifia Azzahra
22104050015

INTISARI

Hubungan antara teori dan eksperimen merupakan aspek penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Albert Einstein merupakan fisikawan teoretis yang mengembangkan berbagai gagasan ilmiah melalui pemikiran dan penalaran teoretis. Meskipun demikian, Einstein tidak mengabaikan eksperimen, karena dalam pengembangan teorinya ia tetap memperhatikan hasil eksperimen dan pengamatan empiris. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sikap Einstein terhadap eksperimen dalam proses ilmiah serta implikasinya terhadap perkembangan fisika.

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan jenis penelitian kepustakaan (*library research*) dan pendekatan historis-filosofis. Sumber data penelitian berupa karya-karya Einstein sebagai sumber primer serta buku, artikel jurnal, dan sumber ilmiah lainnya sebagai sumber sekunder. Data dianalisis melalui tahapan heuristik, kritik sumber, interpretasi, historiografi, dan analisis filosofis untuk memahami sikap Einstein terhadap eksperimen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Einstein memandang teori dan eksperimen sebagai dua unsur yang saling melengkapi dalam proses ilmiah. Einstein menggunakan penalaran teoretis untuk membangun dan mengembangkan gagasan ilmiah, sedangkan eksperimen dan pengamatan empiris berperan dalam menguji kesesuaian teori dengan fakta alam. Sikap tersebut terlihat dalam perhatiannya terhadap berbagai pengujian teori relativitas, termasuk pengamatan gerhana Matahari tahun 1919 yang memberikan hasil yang sesuai dengan prediksi relativitas umum. Selain itu, Einstein menggunakan eksperimen pikiran (*gedanken experiment*) untuk mengembangkan dan memahami konsekuensi suatu gagasan teoretis. Eksperimen pikiran digunakan sebagai sarana penalaran, bukan sebagai pengganti pengujian empiris. Dengan demikian, sikap Einstein terhadap eksperimen menunjukkan bahwa penalaran teoretis dan bukti empiris memiliki peran yang saling melengkapi dalam proses pengembangan pengetahuan ilmiah.

Kata kunci: Albert Einstein, eksperimen, teori, bukti empiris, relativitas, filsafat ilmu.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

EINSTEIN'S ATTITUDE TOWARD EXPERIMENTS

Syifa Alifia Azzahra
22104050015

ABSTRACT

The relationship between theory and experiment is an important aspect of the development of science. Albert Einstein was a theoretical physicist who developed various scientific ideas through theoretical thinking and reasoning. However, in the development of his theories, Einstein continued to consider experimental results and observations. This study aims to analyze Einstein's attitude toward experiments in the scientific process and its implications for the development of physics.

This study employs a qualitative method using library research and a historical-philosophical approach. The data sources consist of Einstein's works as primary sources, as well as books, journal articles, and other relevant scientific sources as secondary sources. The data were analyzed through the stages of heuristics, source criticism, interpretation, historiography, and philosophical analysis to examine Einstein's attitude toward experiments.

The results show that Einstein viewed theory and experiment as two complementary aspects. Einstein used theoretical reasoning to construct and develop scientific ideas, while experiments and observations played a role in testing the consistency of theories with empirical facts. This can be seen in Einstein's response to various tests and observations of the theory of relativity, including the observation of the 1919 solar eclipse. In addition to empirical experiments, Einstein used thought experiments (*gedanken experiments*) as a means of developing and understanding theoretical ideas, rather than as a substitute for empirical testing. Thus, experiments play an important role in testing theories, while theories provide a basis for understanding and explaining experimental results.

Keywords: Albert Einstein, experiment, theory, empirical evidence, relativity, philosophy of science.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI ii
HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR iii
LEMBAR INTEGRASI INTERKONEKSI KEILMUAN iv
MOTTO vii
HALAMAN PERSEMBAHAN viii
KATA PENGANTAR x
INTISARI xiii
ABSTRACT xiv
DAFTAR ISI xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Identifikasi Masalah 4
C. Batasan Masalah 5
D. Rumusan Masalah 6
E. Tujuan Penelitian 6
F. Manfaat Penelitian 6
BAB II 8
KAJIAN PUSTAKA 8
A. Kajian Teori 8
1. Biografi Albert Einstein 8
2. Pandangan Einstein tentang Eksperimen 9
3. Hubungan Teori dan Eksperimen dalam Perkembangan Ilmu Pengetahuan 16
4. Pandangan Beberapa Ahli tentang Hubungan Teori dan Eksperimen 17
B. Kajian Penelitian yang Relevan 19
C. Kerangka Berpikir 23

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB III 26
METODE PENELITIAN 26
A. Jenis Penelitian 26
B. Tempat dan Waktu Penelitian 27
1. Tempat Penelitian 27
2. Waktu Penelitian 27
C. Subjek dan Objek Penelitian 28
D. Sumber Data 28
1. Data Primer 28
2. Data Sekunder 29
E. Teknik Pengumpulan Data 29
F. Instrumen Penelitian 30
G. Teknik Analisis Data 31
1. Heuristik 32
2. Kritik Sumber 32
3. Interpretasi historis 33
4. Analisis filosofis 33
5. Historiografi 34
H. Keabsahan Data 34
BAB IV 36
HASIL DAN PEMBAHASAN 36
A. Deskripsi Data 36
B. Pembahasan 40
BAB V 53
KESIMPULAN DAN SARAN 53
A. Kesimpulan 53
B. Saran 54
DAFTAR PUSTAKA 57

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan merupakan hasil dari proses panjang yang melibatkan berbagai tahapan, mulai dari pengamatan terhadap fenomena alam, penyusunan konsep, perumusan teori, hingga pengujian melalui observasi dan eksperimen. Dalam proses tersebut, teori dan eksperimen memiliki fungsi yang berbeda, namun saling melengkapi. Teori berfungsi sebagai kerangka konseptual untuk menjelaskan suatu gejala, sedangkan eksperimen menjadi sarana untuk menguji kesesuaian teori dengan kenyataan. Meskipun demikian, para ilmuwan memiliki pandangan yang beragam mengenai bagaimana keduanya berinteraksi dalam proses ilmiah. Sebagian berpendapat bahwa teori lahir dari hasil pengamatan dan eksperimen, sementara tokoh-tokoh seperti Albert Einstein dan Karl Popper berpendapat bahwa teori merupakan hasil kreativitas intelektual yang kemudian diuji melalui bukti empiris. Perbedaan pandangan ini menunjukkan bahwa hubungan antara teori dan eksperimen merupakan persoalan yang terus berkembang dan relevan untuk dikaji (Howard, 2014; Holton, 1988).

Salah satu tokoh yang memiliki pengaruh besar dalam perdebatan mengenai hubungan teori dan eksperimen sekaligus dalam perkembangan ilmu pengetahuan modern adalah Albert Einstein. Melalui teori relativitas khusus (1905) dan teori relativitas umum (1915), Einstein berhasil

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

mengubah cara pandang ilmuwan terhadap ruang, waktu, gravitasi, dan struktur alam semesta. Kontribusinya tidak hanya membawa perubahan dalam bidang fisika, tetapi juga memengaruhi cara ilmuwan memahami proses penemuan ilmiah. Oleh karena itu, Einstein dikenal sebagai salah satu ilmuwan paling berpengaruh dalam sejarah sains modern (Pais, 2005).

Keberhasilan Einstein dalam mengembangkan teori relativitas menjadikannya dikenal sebagai seorang fisikawan teoretis yang mengandalkan penalaran konseptual. Hal tersebut kerap menimbulkan anggapan bahwa proses berpikir ilmiah Einstein lebih mengutamakan teori daripada eksperimen. Namun, berbagai karya dan catatan ilmiahnya menunjukkan bahwa Einstein tetap memberikan perhatian besar terhadap observasi dan eksperimen sebagai bagian penting dari proses ilmiah. Menurut Einstein, teori memang lahir melalui kreativitas dan intuisi, tetapi harus tetap diuji melalui bukti empiris agar kesesuaiannya dengan kenyataan dapat dibuktikan. Dengan demikian, Einstein tidak menempatkan teori dan eksperimen sebagai dua hal yang bertentangan, melainkan sebagai dua unsur yang saling melengkapi dalam pengembangan ilmu pengetahuan (Schilpp, 1949; Holton, 1988).

Sikap Einstein terhadap eksperimen juga tampak dari cara ia merespons berbagai pengujian empiris atas teori-teorinya. Einstein tidak serta-merta menerima atau menolak suatu hasil eksperimen hanya berdasarkan kesesuaiannya dengan teori yang ia bangun. Ia menilai bahwa kualitas metode penelitian, ketepatan pengukuran, serta konsistensi data

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

merupakan aspek yang harus dipertimbangkan sebelum suatu hasil eksperimen dijadikan dasar dalam menarik kesimpulan ilmiah. Sikap kritis namun tetap menghargai bukti empiris ini menunjukkan pandangan Einstein yang kritis sekaligus proporsional terhadap peran eksperimen dalam ilmu pengetahuan (Hentschel, 1992).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji Einstein dari berbagai sudut pandang. Sebagian besar penelitian lebih banyak membahas mengenai teori relativitas, biografi Einstein, penggunaan *gedanken experiment*, serta pandangannya mengenai filsafat ilmu (Holton, 1988); Pais, 2005; Howard, 2014). Penelitian-penelitian tersebut memberikan pemahaman yang luas mengenai kontribusi Einstein terhadap perkembangan fisika modern, tetapi belum secara khusus membahas sikap Einstein terhadap eksperimen sebagai suatu pandangan ilmiah yang utuh.

Penelitian yang membahas sikap Einstein terhadap eksperimen memang telah dilakukan, seperti penelitian Hentschel (1992). Namun, kajian tersebut lebih difokuskan pada pengujian teori relativitas selama periode 1907-1927, sehingga belum mengkaji secara menyeluruh bagaimana Einstein memandang hubungan antara teori dan eksperimen, penggunaan *gedanken experiment*, sikapnya terhadap bukti empiris, serta implikasi pandangannya terhadap perkembangan eksperimen dalam fisika. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat ruang penelitian *(research gap)* yang perlu dikaji lebih lanjut.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan mengkaji secara lebih komprehensif sikap Einstein terhadap eksperimen melalui pendekatan historis. Penelitian ini tidak hanya membahas hubungan antara teori dan eksperimen menurut Einstein, tetapi juga menganalisis penggunaan *gedanken experiment*, sikap Einstein terhadap bukti empiris, serta implikasi pandangannya terhadap perkembangan eksperimen dalam fisika. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi baru dalam kajian sejarah ilmu pengetahuan, khususnya mengenai pemikiran Einstein tentang eksperimen.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih utuh dan komprehensif mengenai sikap Einstein terhadap eksperimen, tidak hanya dalam aspek teori dan pemikirannya, tetapi juga implikasinya terhadap perkembangan fisika modern. Selain itu, penelitian ini diharapkan mampu mengisi celah kajian yang masih terbatas serta memperkaya diskusi dalam bidang sejarah ilmu pengetahuan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang masalah, dapat diidentifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Einstein lebih sering dikenal sebagai fisikawan teoretis sehingga muncul anggapan bahwa ia lebih mengutamakan teori daripada eksperimen dalam proses ilmiah.

2. Kajian mengenai sikap Einstein terhadap eksperimen masih relatif terbatas dibandingkan penelitian yang lebih banyak membahas teori relativitas, biografi, maupun kontribusinya terhadap perkembangan fisika modern.
3. Implikasi pandangan Einstein terhadap eksperimen bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika belum banyak dikaji secara komprehensif.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian identifikasi masalah, masalah yang akan diteliti pada penelitian ini dapat dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada kajian mengenai sikap Einstein terhadap eksperimen berdasarkan pemikiran dan pandangannya mengenai hubungan antara teori dan eksperimen dalam proses ilmiah.
2. Pembahasan dalam penelitian ini hanya dibatasi pada aspek-aspek yang berkaitan dengan sikap Einstein terhadap eksperimen serta implikasinya terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika, tanpa membahas seluruh pemikiran maupun seluruh karya ilmiah Einstein.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah tersebut, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sikap Einstein terhadap eksperimen dalam proses ilmiah?
2. Bagaimana implikasi sikap Einstein terhadap eksperimen dalam perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis sikap Einstein terhadap eksperimen dalam proses ilmiah.
2. Menganalisis implikasi sikap Einstein terhadap eksperimen bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

F. Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat penelitian yang diharapkan antara lain sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian sejarah ilmu pengetahuan, khususnya mengenai pemikiran Einstein tentang hubungan antara teori dan eksperimen.

Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas sejarah perkembangan fisika maupun pemikiran ilmiah Einstein.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan bagi mahasiswa, pendidik, maupun masyarakat mengenai sikap Einstein terhadap eksperimen serta pentingnya hubungan antara teori dan eksperimen dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu sumber informasi yang bermanfaat dalam pembelajaran sejarah sains dan sejarah fisika.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sikap Einstein terhadap eksperimen dalam proses ilmiah

Einstein memandang teori dan eksperimen sebagai dua unsur yang memiliki fungsi berbeda tetapi saling melengkapi dalam proses ilmiah. Teori dikembangkan melalui penalaran, kreativitas, intuisi, dan konstruksi teoretis, sedangkan eksperimen dan observasi berfungsi untuk menguji konsekuensi teori melalui pengalaman empiris. Einstein juga menunjukkan sikap terbuka sekaligus kritis terhadap bukti empiris. Hasil eksperimen tidak diterima secara otomatis, tetapi dipertimbangkan berdasarkan kesesuaiannya dengan prediksi teori dan kekuatan bukti yang tersedia. Dengan demikian, Einstein tidak mengabaikan eksperimen, tetapi menempatkannya sebagai bagian penting dalam pengujian dan evaluasi teori.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

2. Implikasi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika

Sikap Einstein menunjukkan bahwa perkembangan fisika berlangsung melalui hubungan yang berkelanjutan antara teori, eksperimen, dan evaluasi terhadap bukti empiris. Teori menghasilkan

prediksi yang dapat diuji, sedangkan eksperimen dan observasi memberikan bukti untuk mengevaluasi teori. Dalam konteks pendidikan fisika, sikap tersebut relevan dalam pembelajaran yang tidak hanya menekankan penguasaan rumus, tetapi juga pemahaman hubungan antara konsep dan fenomena melalui kegiatan eksperimen. Proses tersebut dapat melatih peserta didik untuk membuat prediksi, melakukan pengujian, menganalisis data, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti. Selain itu, peserta didik dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis dengan mengevaluasi hasil eksperimen dan kemungkinan kesalahan, serta membangun sikap ilmiah berupa keterbukaan terhadap bukti dan kesediaan mempertimbangkan kembali pemahaman apabila ditemukan hasil yang berbeda. Dengan demikian, implikasi sikap Einstein terhadap perkembangan ilmu pengetahuan tidak hanya menunjukkan pentingnya hubungan teori dan eksperimen dalam perkembangan fisika, tetapi juga memberikan relevansi bagi pendidikan fisika dalam mengembangkan pemahaman konsep, keterampilan eksperimen, penalaran ilmiah, berpikir kritis, dan sikap ilmiah peserta didik.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan bagi penelitian selanjutnya maupun bagi pengembangan kajian sejarah ilmu pengetahuan.

1. **Bagi Peneliti Selanjutnya**

Penelitian ini berfokus pada sikap Einstein terhadap eksperimen dalam pengembangan teori relativitas serta dampaknya terhadap perkembangan eksperimen dalam fisika. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan kajian ini dengan membahas pemikiran Einstein pada bidang lain, seperti pandangannya mengenai mekanika kuantum, filsafat ilmu, atau perkembangan metode ilmiah setelah teori relativitas. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat menggunakan sumber-sumber primer yang lebih beragam, seperti surat-menyurat Einstein, catatan ilmiah, maupun arsip sejarah lainnya agar diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai perkembangan pemikirannya.

2. **Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam kajian sejarah ilmu pengetahuan, khususnya yang berkaitan dengan hubungan antara teori dan eksperimen dalam perkembangan fisika. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman bahwa kemajuan ilmu pengetahuan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan membangun teori, tetapi juga oleh pentingnya observasi dan eksperimen sebagai sarana untuk menguji serta mengembangkan teori ilmiah. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mendorong berkembangnya kajian yang

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

mengintegrasikan perspektif sejarah, filsafat ilmu, dan fisika dalam memahami proses perkembangan ilmu pengetahuan.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., Abernathy, M. R., Acernese, F., Ackley, K., Adams, C., Adams, T., Addesso, P., Adhikari, R. X., Adya, V. B., Affeldt, C., Agathos, M., Agatsuma, K., Aggarwal, N., Aguiar, O. D., Aiello, L., Ain, A., Ajith, P., … LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration. (2016). Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger. *Physical Review Letters*, *116*(6), 061102. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102

Brown, J. R., & Fehige, Y. (2019). Thought Experiments. In E. N. Zalta (Ed.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.

Chalmers, A. F. (2013). *What Is This Thing Called Science?* Hackett Publishing.

Da Silva, V. C. (2024). Einstein e o método científico: A construção lógico-dedutiva de sistemas axiomáticos como o método da física teórica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *41*(2), 421–439. https://doi.org/10.5007/2175-7941.2024.e97036

De Waal, E., & Ten Hagen, S. L. (2020). The Concept of Fact in German Physics around 1900: A Comparison between Mach and Einstein. *Physics in Perspective*, *22*(2), 55–80. https://doi.org/10.1007/s00016-020-00256-y

Einstein, A. (1916). *On the Electrodynamics of Moving Bodies*. Annalen der Physik. https://einstein.owlstown.net/publications/8-on-the-electrodynamics-of-moving-bodies

Einstein, A. (1954). *Ideas and Opinions*. Bonanza Books.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

Einstein, A. (2001). *Relativity: The Special and the General Theory*. Routledge.

Giovanelli, M. (2021). Nothing but coincidences: The point-coincidence and Einstein's struggle with the meaning of coordinates in physics. *European Journal for Philosophy of Science*, *11*(2), 45. https://doi.org/10.1007/s13194-020-00332-7

Gottschalk, L. (2008). *Mengerti sejarah = Understanding history: A primer of historical method*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). https://lib.ui.ac.id

Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511814563

Hentschel, K. (1992). Einstein's attitude towards experiments: Testing relativity theory 1907–1927. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, *23*(4), 593–624. https://doi.org/10.1016/0039-3681(92)90014-W

Holton, G. (1988). *Thematic Origins of Scientific Thought: Kepler to Einstein, Revised Edition*. Harvard University Press.

Howard, D. A. (2014). *Einstein's Philosophy of Science*. https://plato.stanford.edu/archives/spr2014/entries/einstein-philscience/

Janssen, M., & Renn, J. (2022). Chapter 2 The Einstein-Besso Manuscript on the Perihelion Motion of Mercury. In M. Janssen & J. Renn, *How Einstein Found His Field Equations* (pp. 101–154). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97955-3_9

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Kuhn, T. S., & Hacking, I. (2012). *The Structure of Scientific Revolutions: 50th Anniversary Edition*. University of Chicago Press. https://doi.org/10.7208/chicago/9780226458144.001.0001

Losee, J. (2001). *A Historical Introduction to the Philosophy of Science*. Oxford University Press.

Moleong, L. J. (2021). *Metodologi Penelitian Kualitatif* (Edisi Revisi). PT Remaja Rosdakarya.

Pais, A. (2005). *'Subtle is the Lord ... ': The Science and the Life of Albert Einstein*. Oxford University PressNew York, NY. https://doi.org/10.1093/oso/9780192806727.001.0001

Popper, K. R. (2010). *The logic of scientific discovery* (Special Indian Edition). Routledge.

Potters, J., & Leuridan, B. (2017). Studying scientific thought experiments in their context: Albert Einstein and electromagnetic induction. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, *58*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2017.04.002

Risdianto, N. S., Atika, I. N., Muna, N., Chasanah, N., & Wahyono, D. J. (2024). Paradox of Precision: Challenges with ESP32 Accuracy in Physics Educational Tools. *ASEAN Journal of Science and Engineering Education*, *5*(1), 27–32. https://doi.org/10.17509/ajsee.v5i1.79081

Schilpp, P. A. (1949). *Albert Einstein, Philosopher-scientist*. Library of Living Philosophers.

Stachel, J. (2002). *Einstein from 'B' to 'Z'*. Birkhäuser Boston.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Stuart, M. T. (2022). Thought Experiments. In V. P. Glăveanu (Ed.), *The Palgrave Encyclopedia of the Possible* (pp. 1644–1654). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90913-0_59

Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kualitatif: Untuk Penelitian yang Bersifat Eksploratif, Enterpretif, Interaktif dan Konstruktif*. Alfabeta.

Van Dongen, J. (2009). On the Role of the Michelson–Morley Experiment: Einstein in Chicago. *Archive for History of Exact Sciences*, *63*(6), 655–663. https://doi.org/10.1007/s00407-009-0050-5

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA