

**PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM KISI
DIFRAKSI CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN
KETERAMPILAN PROSES SAINS MAHASISWA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1



Diana Wahyu Eka Rossalita

22104050038

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

2026

LEMBAR PENGESAHAN



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-2555/Un.02/DT/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM KISI DIFARKSI CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS MAHASISWA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DIANA WAHYU EKA ROSSALITA
Nomor Induk Mahasiswa : 22104050038
Telah diujikan pada : Rabu, 08 Juli 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Ari Cahya Mawardi, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a7408105856c



Penguji I

Drs. Nur Untoro, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a736d8d1f7d2



Penguji II

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

Valid ID: 6a797db2e188a



Yogyakarta, 08 Juli 2026

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 6a7a716443366

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Diana Wahyu Eka Rossalita

NIM : 22104050038

Program Studi : Pendidikan Fisika

Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana yang berjudul “Pengembangan Alat Praktikum Kisi Difraksi Cahaya untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains” 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, 23 Juni 2026

Yang Menyatakan,



Diana Wahyu Eka Rossalita

NIM. 22104050038

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

SURAT 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 : Diana Wahyu Eka Rossalita
NIM : 22104050038

Judul Skripsi : Pengembangan Alat Praktikum Kisi Difraksi Cahaya untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains.

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 stars satu dalam bidang Pendidikan Fisika.

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

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 23 Juni 2026

Yang menyatakan


Ari Cahya Mawardi, M.Pd.
MP. 19880602 201903 1 001

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Ucapan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT atas segala nikmat serta karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Selanjutnya, karya skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan nikmat cukup, nikmat sehat, serta nikmat ketegaran hati serta hidayah-Nya.
2. Ibu tercinta, Ibu Dwi Liarni, sosok hebat yang menjadi alasan utama penulis untuk terus melangkah. Terima kasih atas cinta dan kasih sayang yang tak terbatas, telah mengusahakan yang terbaik dengan pengorbanan yang tak terhitung tanpa peduli sesulit apapun keadaannya, serta doa-doa di setiap sujud yang senantiasa menguatkan langkah penulis hingga titik ini.
3. Bapak tersayang, Bapak Dwi Setyo Kusnanto. Terima kasih atas segala inspirasi dan bantuan yang dilakukan dan memberikan izin serta kepercayaan bagi penulis untuk menempuh pendidikan tinggi yang jauh dari rumah.
4. Keluarga besar dari kedua orang tua, terimakasih atas dukungan moral, doa, biaya dan kasih sayang yang menjadi energi tambahan bagi penulis dalam menyelesaikan perjalanan akademik ini.
5. Adik tersayang dan tercinta, Mochammad Nur Rochman Febrian. Terima kasih telah menjadi pendukung terbaik, pemberi semangat, dan warna dalam hari-hari penulis selama ini.
6. Bapak Ari Cahya Mawardi, M.Pd., selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah sabar dan senantiasa memberikan motivasi, masukan baik kepada saya.
7. Terakhir untuk diri saya sendiri, terimakasih telah berjuang sejauh ini. Terima kasih karena tetap memilih untuk berjalan meski kaki terasa lelah, dan tetap memilih untuk bersinar meskipun sempat redup oleh keraguan. Terima kasih telah memeluk rasa takutmu dan mengubahnya menjadi keberanian untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Meskipun prosesnya penuh air mata dan tidak selalu berjalan mulus, ingatlah bahwa kamu berharga dan kamu mampu. Selamat dan berbahagialah atas pencapaianmu.

MOTTO

“"I've learned from the pain, I turned out amazing."”

(Ariana Grande – Thanx U, Next)

“Kita beranjak dewasa. Jauh, terburu-buru. Membengkak dan biru. Dan kita mati-
matian, untuk tak mati”

(Nadin Amizah)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

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

“Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras
(untuk urusan yang lain).”

(QS. Al-Insyirah (94): 7)

“To me, you are very precious. You can tell me today was tough. You worked
hard today.”

(SEVENTEEN)

“Whenever your journey takes you next, remember, SEVENTEEN is right here.”

(Joshua - SEVENTEEN).

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LEMBAR INTEGRASI INTERKONEKSI KEILMUAN

Pendidikan fisika dalam perspektif Islam tidak hanya dipahami sebagai proses transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai sarana untuk mengamati, memahami, dan membuktikan keteraturan alam semesta (*sunnatullah*) yang diciptakan Allah SWT. Salah satu fenomena fisika yang menunjukkan keteraturan tersebut adalah difraksi cahaya. Fenomena difraksi terjadi ketika cahaya melewati celah sempit atau kisi sehingga menghasilkan pola terang dan gelap yang teratur. Untuk memahami konsep ini secara mendalam, diperlukan alat praktikum yang mampu menampilkan pola difraksi secara jelas dan menghasilkan data yang akurat. Oleh karena itu, pengembangan alat praktikum kisi difraksi cahaya menjadi salah satu upaya inovatif untuk menjembatani pemahaman konseptual peserta didik dengan realitas empiris melalui kegiatan eksperimen yang terarah dan bermakna..

Landasan konseptual mengenai pentingnya observasi terhadap fenomena alam ini sejalan dengan firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surah Yunus ayat 101:

﴿قُلْ اَنْظُرُوا مَاذَا فِي السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ﴾

Artinya: “Katakanlah (Muhammad), ‘Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi.’” (QS. Yunus (10): 101)

Ayat tersebut memberikan dorongan kepada manusia untuk melakukan pengamatan (observasi) terhadap berbagai fenomena yang terdapat di alam semesta. Dalam konteks pembelajaran fisika, perintah “*unzhuruu*” (perhatikanlah) dapat dimaknai sebagai aktivitas ilmiah untuk mengamati, menyelidiki, dan memahami gejala-gejala alam secara sistematis. Pengembangan alat praktikum kisi difraksi cahaya merupakan salah satu sarana yang dapat membantu peserta didik melaksanakan perintah tersebut melalui pengamatan langsung terhadap pola difraksi yang terbentuk ketika cahaya melewati kisi. Dengan demikian, peserta didik tidak hanya mempelajari teori mengenai sifat gelombang cahaya, tetapi juga membuktikannya melalui kegiatan eksperimen yang menghasilkan data nyata..

Oleh karena itu, pengembangan alat praktikum kisi difraksi cahaya sangat selaras dengan nilai-nilai Islam yang mendorong manusia untuk meneliti dan mengkaji fenomena alam sebagai tanda kebesaran Allah SWT. Kegiatan praktikum yang dilakukan peserta didik melalui proses mengamati, mengukur, mengumpulkan

data, menganalisis hasil, dan menarik kesimpulan merupakan bentuk implementasi keterampilan proses sains yang juga sejalan dengan perintah Allah untuk memperhatikan ciptaan-Nya. Hal ini diperkuat dalam QS. Al-Ghasiyah ayat 17-20:

أَفَلَا يَنْظُرُونَ إِلَى الْإِبْلِ كَيْفَ خُلِقَتْ ﴿١٧﴾ وَإِلَى السَّمَاءِ كَيْفَ رُفِعَتْ ﴿١٨﴾ وَإِلَى الْجِبَالِ كَيْفَ نُصِبَتْ ﴿١٩﴾ وَإِلَى الْأَرْضِ كَيْفَ سُطِحَتْ ﴿٢٠﴾

Artinya: Maka tidakkah mereka memperhatikan unta bagaimana diciptakan, langit bagaimana ditinggikan, gunung-gunung bagaimana ditegakkan, dan bumi bagaimana dihamparkan?” (QS. Al-Ghasiyah (88): 17–20)

Ayat-ayat tersebut menunjukkan bahwa Islam mendorong manusia untuk mengamati dan mengkaji fenomena alam sebagai sumber pengetahuan. Kata “yanzhurun” (memperhatikan) mengandung makna observasi yang menjadi dasar keterampilan proses sains. Dalam praktikum kisi difraksi cahaya, peserta didik melakukan pengamatan terhadap pola terang dan gelap, mengukur, menganalisis data, serta menarik kesimpulan berdasarkan hasil percobaan. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan proses sains, tetapi juga menumbuhkan kesadaran bahwa keteraturan pola difraksi cahaya merupakan salah satu tanda kebesaran Allah SWT. Dengan demikian, pengembangan alat praktikum kisi difraksi cahaya menjadi sarana integrasi antara pembelajaran fisika, keterampilan ilmiah, dan nilai-nilai keislaman.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia, serta ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Alat Praktikum Kisi Difraksi Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Proses Sains”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Skripsi ini terdiri atas lima bab. Bab I memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan penelitian. Bab II berisi kajian pustaka yang meliputi landasan teori, penelitian yang relevan, kerangka berpikir, dan hipotesis penelitian. Bab III menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi model pengembangan, prosedur penelitian, instrumen, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data. Bab IV memaparkan hasil penelitian dan pembahasan yang mencakup proses pengembangan alat praktikum, hasil validasi, kualitas produk, hasil uji coba, serta pembahasan mengenai peningkatan kemampuan proses sains peserta didik. Bab V berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd., selaku Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Iva Nandya Atika, S.Pd., M.Ed., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika, serta seluruh dosen dan staf Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan wawasan selama masa perkuliahan. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Ari Cahya Mawardi, M.Pd., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, motivasi, serta masukan dengan penuh kesabaran selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Drs. Nur Untoro, M.Si. dan Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Pd., selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang sangat bermanfaat dalam penyempurnaan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu

Puspo Rohmi, M.Pd., Bapak Himawan Putranta, M.Pd., Bapak Norma Sidik Risdianto, S.Pd., M.Sc., Ph.D., Bapak Joko Purwanto, S.Si., M.Sc., Bapak Nur Arviyanto Himawan, M.Pd., dan Ibu Eva Tri Rusdyaningtyas, M.Pd., yang telah memberikan arahan, saran, masukan, serta penilaian sebagai validator instrumen dan produk sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada mahasiswa Pendidikan Fisika angkatan 2024 yang telah berpartisipasi dan membantu pelaksanaan penelitian di Laboratorium Gelombang, Optika, dan Material UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada Ayah dan Ibu yang senantiasa menjadi sumber kekuatan, pelita, dan alasan utama penulis untuk terus melangkah. Terima kasih atas cinta yang tulus, perjuangan yang tidak pernah lelah, serta doa yang senantiasa dipanjatkan demi kelancaran dan keberhasilan penulis dalam menyelesaikan pendidikan hingga tahap ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Meisheila Ari Rohmiyatun, sahabat terbaik penulis sejak sekolah dasar, yang selalu hadir sebagai pendengar setia dan teman seperjuangan dalam berbagai proses kehidupan. Ketulusan, dukungan, serta kesediaannya menemani penulis berjuang hingga larut malam bahkan menjelang subuh dalam menyelesaikan skripsi ini menjadi kenangan dan dukungan yang sangat berarti.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada “Karaoke Girls” dan “Trio Anak Buah Illi” turut menjadi bagian penting dalam perjalanan ini. Kebersamaan, canda, serta momen-momen menyenangkan yang dihadirkan telah membantu penulis menjaga semangat di tengah berbagai tantangan akademik. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada “Staycation Santuy” yang senantiasa menjadi ruang nyaman untuk beristirahat sejenak dari berbagai kesibukan dan tekanan selama proses penyelesaian skripsi. Dukungan, kebersamaan, dan pengalaman yang dibagikan menjadi kenangan berharga yang tidak akan terlupakan.

Tidak lupa, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada teman-teman “Blok C for veloCity” serta seluruh mahasiswa Pendidikan Fisika Angkatan 2022 yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan. Berbagai diskusi,

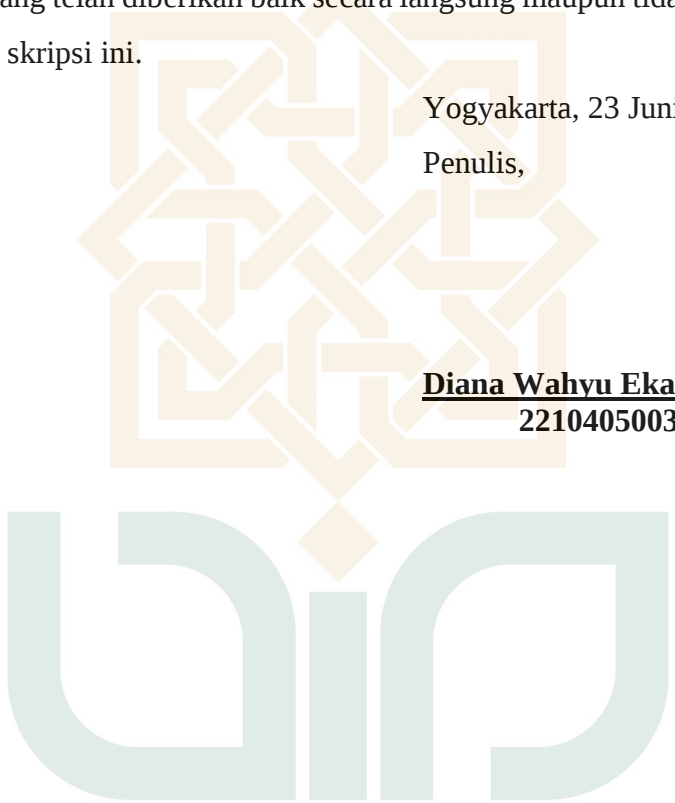
kerja sama dalam perkuliahan maupun praktikum, serta solidaritas yang terjalin selama masa studi telah memberikan banyak pengalaman dan pembelajaran yang berharga.

Pada akhirnya, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas segala bantuan, dukungan, doa, dan kontribusi yang telah diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Yogyakarta, 23 Juni 2026

Penulis,

Diana Wahyu Eka Rossalita
2210405003



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PENGEMBANGAN ALAT PRAKTIKUM KISI DIFRAKSI CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS MAHASISWA

Diana Wahyu Eka Rossalita
22104050038

INTISARI

Penelitian ini difokuskan untuk mengembangkan alat praktikum kisi difraksi cahaya berbasis Compact Disc (CD) beserta modul praktikum untuk mengetahui kualitas alat praktikum berdasarkan penilaian para ahli serta mengetahui peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa Pendidikan Fisika setelah menggunakan produk yang dikembangkan.

Penelitian ini merupakan penelitian Research and Development (R&D) dengan model pengembangan 4D yang meliputi tahap Define, Design, Develop, dan Disseminate. Penelitian dilaksanakan sampai tahap Develop (pengembangan). Produk yang dikembangkan berupa alat praktikum kisi difraksi cahaya menggunakan Compact Disc (CD) sebagai kisi difraksi sederhana dan modul praktikum berbasis keterampilan proses sains. Instrumen penelitian meliputi lembar validasi instrumen, lembar penilaian kualitas produk, tes pre-test dan post-test, serta angket self-assessment keterampilan proses sains. Penilaian kualitas produk dilakukan oleh dua ahli materi dan dua ahli media, sedangkan uji coba terbatas dilakukan kepada 41 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika angkatan 2024. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan skor validasi, persentase, dan uji N-Gain.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki nilai validitas sebesar 0,87 dengan kategori valid. Kualitas alat praktikum dan modul praktikum berdasarkan penilaian ahli materi memperoleh skor rata-rata 3,75 dengan kategori sangat baik, sedangkan penilaian ahli media memperoleh skor rata-rata 3,58 dengan kategori sangat baik. Hasil pengujian alat menunjukkan rata-rata panjang gelombang sebesar $615,7 \pm 32,2$ nm pada praktikum mandiri dengan ketepatan 94,1% dan ketelitian 94,7%, serta $533,6 \pm 109,2$ nm pada praktikum laboratorium dengan ketepatan 83,3% dan ketelitian 77,6%. Penggunaan alat

praktikum dan modul praktikum yang dikembangkan mampu meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa yang ditunjukkan oleh hasil uji N-Gain sebesar 0,92 pada kategori tinggi dan hasil self-assessment sebesar 77% dengan kategori tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat praktikum kisi difraksi cahaya dan modul praktikum yang dikembangkan layak digunakan sebagai media praktikum serta dapat membantu meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa.

Kata kunci: alat praktikum, kisi difraksi cahaya, keterampilan proses sains, modul praktikum, Research and Development (R&D).



**DEVELOPMENT OF A LIGHT DIFFRACTION GRATING
LABORATORY APPARATUS TO ENHANCE STUDENTS' SCIENCE
PROCESS SKILLS**

Diana Wahyu Eka Rossalita
22104050038

ABSTRACT

This research is focused on developing a Compact Disc (CD) based light diffraction grating practical tool along with a practical module to determine the quality of the practical tool based on expert assessments and to determine the improvement in the science process skills of Physics Education students after using the developed product.

This research is a Research and Development (R&D) study using the 4D development model, which includes the stages of Define, Design, Develop, and Disseminate. This research was carried out up to the Develop stage. The products developed consist of a light diffraction grating practical tool using a Compact Disc (CD) as a simple diffraction grating and a practical module based on science process skills. The research instruments include instrument validation sheets, product quality assessment sheets, pre-test and post-test sheets, and a self-assessment questionnaire for science process skills. The product quality assessment was conducted by two material experts and two media experts, while the limited trial was carried out on 41 students of the Physics Education Study Program, class of 2024. The data were analyzed quantitatively and descriptively using validation scores, percentages, and the N-Gain test.

The results showed that the research instrument achieved a validity score of 0.87, falling into the valid category. The quality of the practical tool and the module based on the material experts' evaluation obtained an average score of 3.75 (excellent category), while the media experts' evaluation obtained an average score of 3.58 (excellent category). The tool testing results showed an average wavelength of 615.7 ± 32.2 nm in the independent practical session with an accuracy of 94.1% and precision of 94.7%, and 533.6 ± 109.2 nm in the laboratory practical session with an accuracy of 83.3% and precision of 77.6%. The use of the developed

practical tool and module successfully improved the students' science process skills, as indicated by an N-Gain score of 0.92 (high category) and a self-assessment result of 77% (high category). The findings of this study indicate that the developed light diffraction grating practical tool and module are feasible for use as practical media and can effectively help improve students' science process skills.

Keywords: practical tool, light diffraction grating, science process skills, practical module, Research and Development (R&D).



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
LEMBAR INTEGRASI INTERKONEKSI KEILMUAN	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	7
C. Batasan Masalah.....	8
D. Rumusan Masalah.....	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	9
G. Manfaat Penelitian	10
H. Keterbatasan Pengembangan	10
I. Definisi Istilah.....	11

BAB II LANDASAN TEORI	12
A. Kajian Teori	12
1. Alat Praktikum sebagai Media Pembelajaran	12
2. Praktikum	21
3. Keterampilan Proses Sains	25
4. Gelombang	28
B. Kajian Penelitian Yang Relevan	37
C. Kerangka Berfikir.....	39
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	42
A. Model Pengembangan.....	42
B. Prosedur Pengembangan	42
C. Uji Coba Produk.....	49
D. Instrumen Pengumpulan Data	50
E. Teknik Analisa Data.....	53
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	59
A. Hasil Penelitian.....	59
B. Pembahasan	89
BAB V PENUTUP	111
A. Kesimpulan	111
B. Saran.....	112
DAFTAR PUSTAKA.....	113
LAMPIRAN.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kisi-kisi Instrumen Penilaian Kualitas Produk.....	51
Tabel 3.2. Kisi-kisi Instrumen Pre-test dan Post-test KPS.....	51
Tabel 3.3. Kisi-kisi Instrumen Lembar Self Assesment KPS	52
Tabel 3.4. Kisi-kisi Validasi Instrumen	52
Tabel 3.5. Kriteria Skala Linkert.....	55
Tabel 3.6. Kategori Penilaian Kualitas Produk.....	56
Tabel 3.7. Penilaian Skor Skala Linkert	57
Tabel 3.8. Kategori Persentase Penilaian Setiap Aspek KPS	58
Tabel 3.9. Kriteria Nilai N-Gain	58
Tabel 4.1. Bahan dan Komponen alat praktikum kisi difraksi cahaya.....	65
Tabel 4.2. Spesifikasi alat praktikum kisi difraksi cahaya.....	66
Tabel 4.3. Hubungan kegiatan praktikum dengan keterampilan proses sains	68
Tabel 4.4. Hasil Validasi instrumen.....	76
Tabel 4.5. Hasil penilaian ahli materi	77
Tabel 4.6. Saran dan catatan penilaian kualitas produk.....	79
Tabel 4.7. Hasil penelitian ahli media.....	81
Tabel 4.8. Saran dan catatan penilaian kualitas produk.....	83
Tabel 4.9. Hasil praktikum untuk mengetahui kisi CD dan DVD	85
Tabel 4.10. Hasil praktikum ketepatan panjang gelombang pada laser pointer....	85
Tabel 4.11. Hasil Praktikum Peneliti Menggunakan Alat yang dikembangkan ...	86
Tabel 4.12. Hasil Praktikum Peneliti Menggunakan Alat Laboratorium.....	87
Tabel 4.13. Hasil Uji N-Gain	88
Tabel 4.14. Hasil angket self assessment mahasiswa	88
Tabel 4.15. Hasil Praktikum Mandiri dan Praktikum Laboratorium	93
Tabel 4.16. Hasil Perbandingan Alat Mandiri dengan Alat Laboratorium	97
Tabel 4.17. Hasil Perbandingan Penggunaan Laser.....	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gambar permukaan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM), (a) CD bajakan, (b) CD kosong, (c) CD yang telah diisi data.....	32
Gambar 2.2. Hubungan posisi CD dan layer pengamatan	35
Gambar 2.3. Kerangka Berpikir	41
Gambar 3. 1. Langkah-langkah Prosedur Pengembangan	43
Gambar 4.1. Desain alat praktikum kisi difraksi cahaya	64
Gambar 4.2. Judul modul praktikum.....	69
Gambar 4.3. Kata pengantar modul praktikum.....	70
Gambar 4.4. Tujuan dan Pendahuluan modul praktikum	70
Gambar 4.5.1. Dasar teori modul praktikum.....	71
Gambar 4.5.2. Dasar teori modul praktikum.....	71
Gambar 4.6. Alat & bahan dan prosedur kerja.....	72
Gambar 4.7.2. Metode analisa.....	73
Gambar 4.7.1. Metode Analisa	73
Gambar 4.8. Pertanyaan Diskusi.....	73
Gambar 4.9. Refleksi praktikum	74
Gambar 4.10. Kesimpulan.....	74
Gambar 4.11. Daftar pustaka	74
Gambar 4.12. Grafik rata-rata aspek penilaian kualitas produk oleh ahli materi .	79
Gambar 4.13 Grafik rata-rata aspek penilaian kualitas produk oleh ahli media...	82
Gambar 4.15. Grafik hubungan jarak pola gelap-terang terhadap jarak CD–layar pada Kelompok 2	103
Gambar 4.14. Grafik hubungan jarak pola gelap-terang terhadap jarak CD–layar pada Kelompok 1	103
Gambar 4.16. Grafik hubungan jarak pola gelap-terang terhadap jarak CD–layar pada Kelompok 5	104

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Izin Penelitian	119
Lampiran 2: Cek Turnitin.....	120
Lampiran 3: Validasi Instrumen.....	121
Lampiran 4: Penilaian Kualitas Produk oleh Ahli Materi.....	127
Lampiran 5: Penilaian Kualitas Produk oleh Ahli Media	128
Lampiran 6: Kisi-Kisi <i>Pre-test</i> dan <i>Post-Test</i>	169
Lampiran 7: Instrument Penilaian.....	171
Lampiran 8: Nilai Pre-test dan Post-test Kemampuan Proses Sains.....	173
Lampiran 9: Alat Praktikum	175
Lampiran 10: Modul Praktikum.....	176
Lampiran 11: Dokumentasi.....	177
Lampiran 12: Curriculum Vitae	178

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pembelajaran fisika memiliki peran yang strategis dalam membentuk kemampuan berpikir kritis, analitis, dan ilmiah mahasiswa. Materi fenomena cahaya melalui difraksi merupakan bagian penting dari optika gelombang yang banyak digunakan dalam optika modern. Pemahaman terhadap konsep ini tidak cukup melalui teori saja, tetapi juga melalui pengalaman empiris. Oleh karena itu, praktikum menjadi sarana penting untuk mengamati fenomena cahaya, menentukan panjang gelombang, serta mempelajari penyebaran cahaya menjadi spektrum (Tze Kwang dkk, 2019). Dalam konteks pembelajaran saat ini, praktikum fisika banyak diarahkan untuk dapat dilakukan secara sederhana dan mandiri di rumah masing-masing, sehingga pembelajaran tetap berjalan meskipun fasilitas di laboratorium terbatas (Raharja dkk, 2025).

Praktikum Optika Gelombang merupakan bagian esensial dari proses pembelajaran, khususnya bagi mahasiswa program studi pendidikan fisika (Adam dkk, 2022). Melalui kegiatan praktikum, mahasiswa tidak hanya memperoleh kesempatan untuk mengaplikasikan teori yang telah dipelajari, tetapi juga mengembangkan keterampilan proses sains, seperti melakukan observasi, menganalisis data, serta menyusun laporan hasil percobaan (Eralita, 2023). Hal ini sangat relevan mengingat fisika merupakan ilmu yang berbasis eksperimen. Dengan demikian, keberadaan media praktikum yang efektif sangat diperlukan untuk menunjang pemahaman konseptual sekaligus meningkatkan dan mengembangkan keterampilan mahasiswa dalam melaksanakan eksperimen (Lestari & Diana, 2018). Bagi calon guru fisika, pengalaman praktikum ini menjadi fondasi utama dalam membangun kompetensi ilmiah yang kelak akan mereka ajarkan kembali kepada siswa di sekolah. Dengan kata lain, praktikum tidak hanya memperkuat penguasaan teori, tetapi juga membekali mahasiswa dengan pengalaman langsung yang krusial bagi profesinya

sebagai pendidik sains. Selain itu, ketersediaan alat praktikum juga menjadi faktor penentu dalam efektivitas praktikum (Maharani dkk, 2024).

Praktikum hadir sebagai sarana penting untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan realita melalui pengalaman observasi langsung. Namun, pelaksanaan praktikum seringkali terkendala keterbatasan alat, waktu, serta kesiapan mahasiswa dalam memahami prosedur eksperimen (Tanzillal dkk, 2024). Praktikum yang dilaksanakan secara konvensional cenderung kurang optimal. Terbatasnya jumlah alat membuat tidak semua mahasiswa dapat melakukan eksperimen secara langsung (Deni, 2020). Kendala tersebut menunjukkan perlunya penguatan pembelajaran praktikum yang tetap dapat dilakukan secara sederhana, terjangkau, dan relevan, sehingga mahasiswa tetap memperoleh pengalaman empiris yang bermakna meskipun tidak berada di laboratorium (Istiqomah, 2020). Kondisi ini semakin menegaskan perlunya inovasi pembelajaran praktikum yang lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan mahasiswa (Panuluh, 2017).

Praktikum sederhana di rumah memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk menerapkan teori menggunakan alat yang mudah ditemukan, seperti prisma kaca sederhana atau CD sebagai alat pembentuk difraksi cahaya (Nikita dkk, 2025). Praktikum seperti ini tetap memiliki fungsi penting untuk menjembatani konsep abstrak dengan fenomena nyata. Pendekatan praktikum sederhana ini memungkinkan mahasiswa berlatih melakukan pengamatan, mengumpulkan data, menganalisis hasil percobaan, dan menarik kesimpulan secara mandiri, sesuai tuntutan pembelajaran abad ke-21 (Maharani dkk, 2024).

Dalam konteks pembelajaran saat ini, mahasiswa menunjukkan minat yang tinggi terhadap kegiatan praktikum yang dapat dilakukan secara sederhana dan mandiri di rumah. Mereka menilai bahwa praktikum sederhana mampu membantu memahami prosedur kerja, memperbaiki ketelitian pengukuran, serta memberikan fleksibilitas dalam mempelajari konsep fisika secara lebih bebas dan berulang. Temuan ini sejalan dengan

perkembangan pendekatan praktikum berbasis perangkat sederhana yang telah dikaji oleh banyak peneliti. Beberapa penelitian ini seperti, Mcgonigle dkk, (2006) menemukan bahwa alat pengamatan difraksi cahaya berbasis CD dan bantuan visual digital dapat menjadi media belajar optikaa yang terjangkau namun tetap akurat untuk mengamati spektrum cahaya dan menentukan panjang gelombang. Demikian pula, Nikita dkk, (2010) merancang spektrometer *low-cost* berbasis DVD dan sensor sederhana yang mudah direplikasi di lingkungan pendidikan. Penelitian-penelitian ini memperkuat gagasan bahwa pembelajaran gelombang cahaya dapat difasilitasi melalui perangkat sederhana dan tidak harus bergantung pada alat laboratorium yang mahal atau mudah rusak.

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai munculnya permasalahan tersebut dalam konteks nyata, peneliti melakukan observasi dan pengumpulan data di Prodi Pendidikan Fisika, UIN Sunan Kalijaga pada bulan September 2025. Data dikumpulkan melalui penyebaran angket kepada Angkatan 2022 dan 2023 yang dipilih secara acak. Langkah ini bertujuan untuk mengetahui mengidentifikasi kebutuhan, kendala, dan persepsi mahasiswa terkait pelaksanaan praktikum Optika Gelombang serta potensi penggunaan modul praktikum.

Berdasarkan hasil kuesioner yang telah dilakukan terhadap mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika yang telah mengikuti praktikum optika gelombang, diperoleh rata-rata skor sebesar 4,18 (kategori setuju) pada hampir seluruh indikator penilaian. Meskipun fasilitas laboratorium dinilai cukup memadai (rata-rata 4) dan praktikum dapat dilaksanakan sesuai jadwal, beberapa mahasiswa masih mengalami kendala berupa keterbatasan jumlah alat, kondisi sebagian alat yang sudah usang, serta keterbatasan kesempatan melakukan eksperimen secara mandiri. Mahasiswa juga menunjukkan ketertarikan yang tinggi terhadap pengembangan alat dan modul praktikum mandiri berbasis Keterampilan Proses Sains (KPS) yang dilengkapi visualisasi dan interaktif. Mahasiswa setuju (rata-rata 4) bahwa modul semacam ini dapat membantu pemahaman

konsep, mendukung belajar mandiri di luar jam praktikum, serta dapat menjadi alternatif solusi ketika menghadapi keterbatasan alat di laboratorium. Mahasiswa juga sangat bersedia mencoba dan memberikan umpan balik terhadap modul praktikum yang dikembangkan, serta berharap modul dapat diakses baik secara offline maupun online agar lebih fleksibel digunakan.

Terkait topik praktikum yang dibutuhkan, difraksi cahaya termasuk dalam lima topik dengan tingkat kebutuhan tertinggi (rata-rata 4,18) bersama interferensi cahaya, kecepatan bunyi di udara, optoelektronika, dan resonansi bunyi, yang menunjukkan bahwa materi gelombang cahaya dan bunyi merupakan bagian penting dalam praktikum Optika Gelombang yang memerlukan dukungan media pembelajaran tambahan. Mahasiswa juga mengharapkan modul dilengkapi dengan petunjuk langkah-langkah percobaan dan skema alat yang jelas, lembar kerja untuk pencatatan data, serta penjelasan teori dan persamaan matematis pada setiap tahap pengamatan agar keterkaitan antara konsep dan eksperimen menjadi lebih jelas.

Sejalan dengan kebutuhan tersebut, dan mengingat keterbatasan alat laboratorium tidak hanya terjadi di kampus tetapi juga sering ditemui di sekolah-sekolah tempat mahasiswa melaksanakan praktik mengajar (penerjunan), maka pengembangan alat praktikum mandiri kisi difraksi cahaya beserta modul praktikum menjadi sangat relevan. Untuk menggali respon mahasiswa secara lebih spesifik terhadap rencana pengembangan tersebut, dilakukan angket lanjutan yang seluruh indikatornya memperoleh rata-rata skor 4 (kategori setuju). Hasil ini menunjukkan bahwa mahasiswa memberikan respon positif terhadap pengembangan alat praktikum mandiri kisi difraksi cahaya beserta modul praktikum. Mahasiswa menilai bahwa alat praktikum yang sederhana dan mudah dibuat memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif media pembelajaran, terutama ketika melaksanakan kegiatan pembelajaran di sekolah yang memiliki keterbatasan sarana laboratorium.

Menurut peneliti, hasil ini menunjukkan adanya kebutuhan akan perangkat praktikum yang tidak hanya berfungsi sebagai alat eksperimen di perguruan tinggi, tetapi juga dapat diterapkan dalam konteks pembelajaran di sekolah. Meskipun laboratorium di Program Studi Pendidikan Fisika telah memiliki peralatan praktikum yang memadai, mahasiswa sebagai calon guru perlu dibekali kemampuan untuk merancang dan memanfaatkan alat praktikum sederhana yang dapat dibuat secara mandiri menggunakan bahan yang mudah diperoleh. Kemampuan tersebut penting untuk mendukung pelaksanaan pembelajaran fisika yang tetap bermakna meskipun fasilitas laboratorium sekolah terbatas.

Hasil angket juga menunjukkan bahwa mahasiswa setuju bahwa alat praktikum mandiri yang dikembangkan mampu membantu memvisualisasikan fenomena difraksi cahaya secara lebih nyata. Visualisasi pola difraksi yang dihasilkan memudahkan mahasiswa dalam memahami hubungan antara konsep teoritis dan hasil pengamatan eksperimen. Tingginya minat mahasiswa terhadap penggunaan alat dan modul praktikum menunjukkan bahwa pengembangan perangkat ini memiliki potensi untuk mendukung pembelajaran fisika yang lebih fleksibel dan kontekstual. Alat praktikum mandiri kisi difraksi cahaya yang dikembangkan tidak dimaksudkan untuk menggantikan peralatan laboratorium standar, tetapi sebagai alternatif yang dapat digunakan oleh guru dan mahasiswa ketika menghadapi keterbatasan fasilitas praktikum di sekolah. Dengan demikian, alat dan modul ini diharapkan dapat menjadi referensi sederhana yang murah, mudah dirakit, dan tetap mampu menunjukkan fenomena difraksi cahaya secara jelas, sehingga membantu calon guru fisika melaksanakan pembelajaran berbasis eksperimen secara lebih efektif serta meningkatkan pemahaman konsep optika gelombang melalui kegiatan praktikum yang sederhana, mudah diterapkan, dan dapat dilakukan secara mandiri..

Hasil angket ini semakin menegaskan pentingnya pengembangan alat praktikum mandiri kisi difraksi cahaya beserta modul praktikum yang

menyertainya. Temuan tersebut sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa alat praktikum sederhana dan berbiaya rendah dapat digunakan secara efektif untuk mempelajari fenomena difraksi cahaya. Supliyadi, Khumaedi, dan Sutikno, (2010) menunjukkan bahwa keping DVD dan CD dapat dimanfaatkan sebagai kisi difraksi alternatif untuk kegiatan praktikum fisika di sekolah. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa DVD dan CD mampu menghasilkan pola difraksi yang jelas dengan tingkat kesalahan relatif yang rendah, sehingga dapat menjadi solusi atas keterbatasan ketersediaan kisi difraksi komersial.

Penelitian yang lebih baru dilakukan oleh Ellyana & Santoso (2024) yang memanfaatkan keping *Compact Disc* (CD) sebagai kisi difraksi untuk menentukan indeks bias zat cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CD dapat berfungsi sebagai kisi difraksi yang baik dan mampu menghasilkan data pengukuran yang mendekati nilai teoritis. Temuan ini membuktikan bahwa bahan sederhana yang mudah diperoleh dapat digunakan sebagai komponen utama dalam praktikum optika gelombang. Selain itu, Naufal & Rodhiyah (2025) berhasil memanfaatkan permukaan CD sebagai kisi difraksi untuk mengukur jarak antar pit data pada CD menggunakan laser. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pola difraksi yang dihasilkan cukup jelas untuk digunakan sebagai media pembelajaran konsep difraksi dan interferensi cahaya dengan biaya yang sangat rendah.

Pengembangan alat optik sederhana juga ditunjukkan oleh Vernando & Uranus, (2015) melalui pembuatan spektrometer sederhana menggunakan grating refleksi dari keping DVD-R dan sensor webcam. Alat yang dikembangkan mampu mengamati spektrum berbagai sumber cahaya dengan baik dan menunjukkan bahwa bahan-bahan yang mudah ditemukan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan alat praktikum optika yang fungsional. Penelitian lain oleh Kholifudin (2017) menunjukkan bahwa laser mainan dapat digunakan sebagai sumber cahaya monokromatik alternatif dalam praktikum kisi difraksi. Penggunaan komponen sederhana tersebut tidak hanya mampu menghasilkan hasil pengamatan yang baik,

tetapi juga meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam proses eksperimen.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa alat praktikum optika berbasis bahan sederhana dan murah, seperti CD, DVD, dan laser, efektif mendukung pembelajaran gelombang cahaya. Namun, belum banyak penelitian yang mengembangkan alat praktikum mandiri kisi difraksi yang terintegrasi dengan modul berbasis keterampilan proses sains untuk mahasiswa Pendidikan Fisika. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan alat praktikum sederhana beserta modul praktikum yang sistematis untuk membantu mahasiswa memahami fenomena difraksi cahaya, terutama dalam kondisi keterbatasan fasilitas laboratorium. Pengembangan ini didukung oleh tingginya minat mahasiswa terhadap praktikum mandiri serta temuan penelitian sebelumnya. Modul yang dikembangkan memuat teori, langkah kerja, visualisasi fenomena, dan analisis data yang mudah dipahami dengan memanfaatkan alat rumah tangga yang murah dan mudah diperoleh.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, identifikasi masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Pada pelaksanaan praktikum Optika Gelombang memegang peran penting dalam memahami konsep difraksi cahaya melalui pengalaman eksperimen langsung oleh mahasiswa.
2. Pelaksanaan praktikum Optika Gelombang menghadapi kendala keterbatasan jumlah alat yang sudah usang, serta keterbatasan kesempatan mahasiswa dalam melakukan eksperimen secara mandiri.
3. Mahasiswa membutuhkan media pembelajaran praktikum berupa alat praktikum yang sederhana, mudah digunakan, dan dapat diterapkan secara mandiri di luar laboratorium.

4. Mahasiswa sebagai calon guru memerlukan pengalaman merancang dan menggunakan alat praktikum sederhana yang dapat diterapkan di sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pengembangan alat ini dibatasi pada materi Kisi Difraksi Cahaya dalam mata kuliah praktikum Optika Gelombang.
2. Produk yang dikembangkan berupa alat praktikum kisi difraksi cahaya menggunakan bahan yang sederhana dan mudah diperoleh .
3. Pengembangan dilengkapi modul praktikum yang dirancang untuk praktikum mandiri untuk mahasiswa menggunakan alat-alat rumah tangga (barang bekas), serta berbasis keterampilan proses sains (KPS).
4. Aspek yang dikaji meliputi validitas, kepraktisan, dan potensi produk dalam meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa.

D. Rumusan Masalah

Bersumber pada latar belakang yang sudah direncanakan, peneliti merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses merancang dan membuat alat praktikum kisi difraksi cahaya?
2. Bagaimana kualitas alat praktikum dalam proses pelaksanaan pembelajaran?
3. Bagaimana penggunaan alat dan modul praktikum tersebut dapat meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa Pendidikan Fisika?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses merancang dan membuat alat praktikum kisi difraksi cahaya.
2. Mengetahui kualitas alat praktikum sederhana dalam proses pelaksanaan pembelajaran.
3. Mengetahui peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa setelah menggunakan alat dan modul praktikum yang dikembangkan.

F. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Spesifikasi produk yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Modul praktikum disajikan dalam bentuk dokumen digital (PDF) yang mudah diakses secara *offline* maupun *online*.
2. Alat yang dirancang untuk praktikum mandiri mahasiswa, baik di rumah maupun di lingkungan non-laboratorium, dengan memanfaatkan alat sederhana dan mudah diperoleh, seperti bahan optika sederhana (CD).
3. Struktur modul disusun secara sistematis, meliputi:
 - a. Tujuan praktikum
 - b. Pendahuluan
 - c. Dasar teori
 - d. Alat dan bahan
 - e. Prosedur kerja yang jelas dan bertahap
 - f. Metode analisis data dan penyajian grafik
 - g. Pertanyaan diskusi
 - h. Refleksi praktikum
 - i. Kesimpulan
4. Modul dirancang untuk melatih dan meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa, khususnya kemampuan observasi, pengukuran, analisis data, interpretasi grafik, dan penarikan kesimpulan.

G. Manfaat Penelitian

Penelitian pengembangan ini diharapkan memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis:

- 1) Memberikan kontribusi terhadap pengembangan teori pembelajaran fisika, khususnya pada pembelajaran praktikum berbasis praktikum sederhana dan mandiri.
- 2) Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan alat dan modul praktikum fisika dan peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa.

2. Manfaat Praktis:

a. Bagi Mahasiswa:

Alat dan modul praktikum ini membantu mahasiswa memahami konsep kisi difraksi cahaya secara lebih jelas, menarik, dan kontekstual, serta melatih keterampilan praktikum dan keterampilan proses sains melalui kegiatan eksperimen mandiri.

b. Bagi Dosen:

Alat dan modul praktikum yang dikembangkan dapat digunakan sebagai alternatif bahan ajar praktikum Optika Gelombang yang inovatif, fleksibel, dan berpusat pada mahasiswa.

c. Bagi Lembaga Pendidikan:

Penelitian ini memberikan inovasi dalam pemanfaatan alat sederhana dan alat berbiaya rendah untuk membantu pelaksanaan praktikum pada sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium.

H. Keterbatasan Pengembangan

Pengembangan modul praktikum dalam penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain:

1. Alat dan modul praktikum hanya dikembangkan dan diuji pada materi Kisi Difraksi Cahaya dalam mata kuliah Optika Gelombang.

2. Kisi difraksi yang digunakan berasal dari CD sehingga tingkat ketelitian masih berada dibawah kisi difraksi laboratorium yang standar.
3. Penelitian hanya mengukur potensi peningkatan keterampilan proses sains pada aspek tertentu sesuai indikator yang digunakan.
4. Uji coba modul dilakukan pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika di satu perguruan tinggi, sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasikan secara luas.
5. Modul belum sepenuhnya membandingkan efektivitasnya dengan modul praktikum komersial atau praktikum laboratorium konvensional.

I. Definisi Istilah

Untuk menghindari perbedaan penafsiran terhadap istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini, maka diberikan definisi operasional sebagai berikut:

1. Modul Praktikum

Modul praktikum adalah bahan ajar yang disusun secara sistematis sebagai panduan pelaksanaan kegiatan praktikum, yang memuat tujuan, teori, prosedur kerja, analisis data, serta refleksi hasil percobaan.

2. Alat Praktikum

Alat praktikum kisi difraksi adalah media pembelajaran fisika yang dikembangkan untuk membantu mahasiswa mengamati dan mempelajari fenomena difraksi cahaya secara langsung melalui kegiatan eksperimen.

3. Kisi Difraksi Cahaya

Kisi Difraksi cahaya adalah permukaan yang terdiri dari banyak garis sejajar, sangat acak dan terstruktur..

4. Keterampilan Proses Sains

Keterampilan proses sains adalah kemampuan yang meliputi observasi, pengukuran, pengumpulan data, analisis, interpretasi, dan penarikan kesimpulan dalam kegiatan ilmiah.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

1. Proses perancangan dan pembuatan alat praktikum mandiri kisi difraksi cahaya dilakukan melalui tiga tahapan pengembangan, yaitu *Define*, *Design*, dan *Develop*. Pada tahap *Define* dilakukan analisis kebutuhan melalui observasi dan angket untuk mengidentifikasi permasalahan praktikum serta kebutuhan mahasiswa terhadap alat praktikum yang sederhana, ekonomis, dan mudah direplikasi. Tahap *Design* menghasilkan rancangan alat yang terdiri atas laser pointer sebagai sumber cahaya, CD bekas yang diproses menjadi kisi difraksi, rel optik sebagai landasan, tripod base sebagai penyangga, layar pengamatan, penggaris, meteran jahit, serta modul praktikum sebagai panduan pelaksanaan praktikum. Selanjutnya, proses pembuatan dilakukan dengan menyiapkan dan mengelupas lapisan reflektif CD hingga menjadi transparan, memotong CD sesuai ukuran, memasang meteran pada rel optik dan layar pengamatan, kemudian merangkai seluruh komponen sehingga posisi laser, CD, dan layar sejajar serta stabil. Hasil perancangan dan pembuatan tersebut menghasilkan alat praktikum mandiri yang sederhana, mudah digunakan, ekonomis, dan dapat direplikasi sebagai media praktikum pada materi kisi difraksi cahaya.
2. Kualitas alat praktikum serta modul praktikum yang dikembangkan termasuk dalam kategori sangat baik dan layak dalam pembelajaran. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penilaian ahli materi yang memperoleh rata-rata skor sebesar 3,75 dengan kategori “sangat baik” dan hasil penilaian ahli media yang memperoleh rata-rata skor sebesar 3,58 dengan kategori “sangat baik”. Selain itu, alat praktikum mampu menghasilkan data pengukuran yang akurat dan konsisten dengan rata-rata sebesar 94,1% pada praktikum mandiri dan 83,3% pada praktikum laboratorium, serta rata-rata ketelitian sebesar 94,7% dan 77,6%.

3. Penggunaan alat praktikum kisi difraksi cahaya serta modul praktikum yang dikembangkan mampu meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa Pendidikan fisika. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji N-Gain sebesar 0,92 yang berada pada kategori “Tinggi”, serta hasil angket *self assessment* yang memperoleh presentase sebesar 77% dengan kategori “tinggi”. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alat praktikum dan modul praktikum yang dikembangkan dapat membantu mahasiswa dalam mengembangkan keterampilan proses sains melalui kegiatan praktikum secara langsung.

B. Saran

Saran yang didapatkan dalam penelitian penembangan media pembelajaran Alat Praktikum Kisi Difraksi untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa sebagai berikut: Penelitian ini diharapkan dapat dilanjutkan hingga tahap *Disseminate* (penyebaran) untuk mengetahui efektivitas produk pada cangkupan penggunaan yang lebih luas. Perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut terhadap ketepatan dan ketelitian alat praktikum. Pengembangan alat praktikum dan modul praktikum berbasis keterampilan proses sains dapat diterapkan pada materi fisika lainnya sehingga dapat menjadi alternatif media praktikum yang sederhana, ekonomis, dan mudah di replikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2017). *Fisika dasar 2*. Institut Teknologi Bandung Press.
- Abrahams, I., & Reiss, M. J. (2018). *Practical work : Its effectiveness in primary and secondary schools in England*. (January). <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
- Adam, M. I., Ariana, S. P., & Kurniawan, B. R. (2022). *Keterampilan Proses Sains pada Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang pada Materi Kalor*. 2(4), 248–256. <https://doi.org/10.17977/um067v2i3p248-256>
- Aditias, S.E; Kuswanto, H. (2024). *Analisis Implementasi Keterampilan Proses Sains di Indonesia Pada Pembelajaran Fisika : Literatur Review*. 15(2), 153–166. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v15i2.15912>
- Afriyanto, E. (2015). Pengembangan Media Pembelajaran Alat Peraga pada Materi Hukum Biot Savart di SMA Negeri 1 Prambanan Klaten. *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika*, 2(1), 20. <https://doi.org/10.12928/jrkpf.v2i1.3131>
- Aiken, L. R. (1985). Three Coefficients for Analyzing the Reliability and Validity of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142.
- Aini, L. N., Putri, F. A., & Setiaji, B. (2023). *Pemetaan Pemahaman Konsep Analisis Pengukuran Fisika dan Mekanika Analitik Pada Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Tahun Pertama*. (1), 1–9.
- Al-fraihat, D., Joy, M., & Sinclair, J. (2020). Computers in Human Behavior Evaluating E-learning systems success : An empirical study. *Computers in Human Behavior*, 102(March 2019), 67–86. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.004>
- Alice, V., & Easton, K. (2025). *Effect of laboratory manual layout : does experiential learning benefit from authentic context ?* 1–8. <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000955.v4>
- Arsyad, A. (2014). *Media Pembelajaran*. PT Raja Grafindo Persada.
- Arsyad, M. (2022). ANALISIS KETERAMPILAN MELAKUKAN PENGUKURAN BERBASIS MEDIA VIDEO TUTORIAL PADA PESERTA DIDIK. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 18(1), 77–89.
- Basri, D. A., Amin, B. D., & Yani, A. (2019). *IMPLEMENTASI SIMULASI PhET (PHYSICS EDUCATION TECHNOLOGY) DAN KIT IPA TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK SMA NEGERI 6 PINRANG*. (2014), 31–42.
- Chairunnussa, A. (2019). *PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM KONTEKSTUAL PADA MATERI ALAT-ALAT OPTIK FISIKA SMA KELAS XI*. Universitas PGRI Semarang.
- Chasanah, R. N. M. W. S. W. Y. I. (2019). *Kasuari : Physics Education Journal (KPEJ) Universitas Papua Influence Of The Use Of Interactive Learning Media On Students ' Higher Order Thinking Skills Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Peser*. 2(1), 26–35.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications.
- Crompton, H. (2019). *A historical overview of mobile learning : Toward learner-*

- centered education. (August 2013).
- Darmaji, D., Kurniawan, D. A., & Irdianti, I. (2019). *Physics education students ' science process skills*. 8(2), 293–298. <https://doi.org/10.11591/ijere.v8i2.28646>
- Defianti, A., Putri, D. H., Rohayati, S., Herawati, A., & Chen, L. Y. (2022). *Development of E-Module Guideline on Basic Physics Practicum for Science Process Skills in a Pandemic Period*. 5(1), 45–56. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v5i1.15595>
- Deni, H. (2020). *PADA MATERI GERAK MELINGKAR BERATURAN Hari Deni Saputro , Madlazim Hari Deni , Madlazim*. 09(03), 394–399.
- Dewi, L., Hasanah, M., Adi, N. P., & Fisika, P. (2021). *Spektrum Cahaya Sebagai Alternatif Media Pembelajaran Praktikum Fisika*. 7(2), 141–146.
- Dwi, F., Leying, S., Muftih, I., Nurhadi, M., & Afdal, M. (2024). *PEMAHAMAN MATERI KIMIA MELALUI PELATIHAN PRAKTIKUM DI SMAN 3 LUWU TIMUR*. 1(1), 8–16.
- Ellyana, R. L., & Santoso, S. (2024). Penggunaan Keping Compact Disc (CD) sebagai Kisi Difraksi untuk Menentukan Indeks Bias Zat Cair. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 12(02). <https://doi.org/10.23960/jtaf.v12i02.395>
- Eralita, N. (2023). Analisis Keterampilan Proses Sains dalam Praktikum Kimia Fisika. *ORBITAL : JURNAL PENDIDIKAN KIMIA*, 7, 187–196.
- Fajri Basam. (2025). *ANALISIS HASIL PRAKTIKUM IPA MAHASISWA PGMI SEBAGAI REFLEKSI PEMBELAJARAN BERBASIS PENGALAMAN*. 08(2), 338–348.
- Fathimah, F. (2018). *PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN BERBASIS CONTEXTUAL TEACHING LEARNING (CTL) PADA KONSEP SISTEM GERAK SEBAGAI BAHAN AJAR SISWA KELAS XI DI SMA*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Fernández-Dorado, J., Hernández-Andrés, J., Valero, E. M., Nieves, J. L., & Romero, J. (2008). A simple experiment to distinguish between replicated and duplicated compact discs using Fraunhofer diffraction. *American Journal of Physics*, 76(12), 1137–1140. <https://doi.org/10.1119/1.2980581>
- Finne, L. T., Gammelgaard, B., & Christiansen, F. V. (2022). *When the Lab Work Disappears: Students ' Perception of Laboratory Teaching for Quality Learning*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01113>
- Giancoli, D. C. (2014). *Fisika: Prinsip dan Aplikasi, Jilid 2 "Physics: Principles with Application (7th ed.)"*. Erlangga.
- Gkioka, O. (2020). *Fizik Öğretiminde Deneyler : Laboratuvar Becerilerinin Gelişimine İlişkin Bir Yaklaşım*. 14(1), 1–29. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.560416>
- Hadiya, I. (2018). *ANALISIS KETERAMPILAN PROSES SAINS MAHASISWA PENDIDIKAN FISIKA DALAM MERANGKAI RANGKAIAN ELEKTRONIKA SEDERHANA*. *Relativitas*, 1(1), 9–22.
- Hake, R. R. (1999). Analyzing Change/Gain Scores. *American Educational Research Association*, 1(1), 1–10.
- Halliday, D., Resnick, R. and Walker, J. (2014). *Fundamental of Physics. 10th Edition*. Wiley and Sons.

- Hana, S., Nissa, F., Rahmah, M., Aini, A. Q., & Febriyani, N. (2024). *Pengaruh Permainan Ular Tangga terhadap Hasil Belajar Bahasa Indonesia pada Siswa Kelas III SDN 1 Pamalayan- Ciamis*. 2(2), 191–209.
- Hasanudin, N., Faradiba, F., Masta, N., Sianturi, M., & Handayani, I. S. (2024). *Pengembangan Modul Praktikum Virtual Berbasis Multirepresentasi untuk Meningkatkan Minat Siswa*. 7(1), 37–44.
- Hastiani, Y., & Toifur, M. (2017). Pengukuran indeks bias air melalui eksperimen kisi difraksi keping Compact Disc (CD). *Jurnal Materi Dan Pembelajaran Fisika*, 4(1), 1–6.
- Indah Permata Sari, Erna Sulistiani, Aldi Prayoga Syaifullah, Rama Amelia Putri, Delma Baruku, Andi Anwar, & Nurul Fitriyah Sulaeman. (2023). Analisis Ketersediaan Fasilitas dan Alat Praktikum Laboratorium Fisika Untuk SMA di Kota Samarinda. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika (JLPF)*, 4(2), 88–95. <https://doi.org/10.30872/jlpf.v4i2.1646>
- Iskandar, R. B. (2021). *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS CANVA PADA MATA KULIAH TATA HIDANG DI UNIVERSITAS NEGERI MEDAN*. Universitas Negeri Medan.
- Istiqomah, diah ayu. (2020). *Pengembangan modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis tracker*.
- Jarnawi, M., & Tadeko, N. (2022). *Pengembangan Instrumen Monitoring dan Evaluasi Layanan Praktikum di Laboratorium Fisika FKIP Universitas Tadulako*. 10(3), 99–105.
- Junita, O., & Mahdi, N. H. (2024). Eksperimen dan Demonstrasi Alat Praktikum Fisika Sederhana. *Abdimas Mandalika*, 3(2), 50–54. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/mandalika>
- Kandamby, G. W. T. C. (2019). *Effectiveness of laboratory practical for Students ' Learning*. (3).
- Kholifudin, M. Y. (2017). Sinar Laser Mainan Sebagai Alternatif Sumber cahaya Monokromatik Praktikum Kisi Difraksi Cahaya. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(2), 129–134. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v8i2.1641>
- Laili, A. M. (2025). *PENGEMBANGAN PANDUAN PRAKTIKUM FISIKA DASAR BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK MAHASISWA S1 PENDIDIKAN IPA*. *Jurnal Pendidikan Dan Pemikiran*, 20(1), 1833–1841.
- Lathif, I., & Pratama, H. (2025). *Integrasi Praktikum Sederhana dalam Model Inkuiri Terbimbing : Dampaknya Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa*. 5(2), 276–285.
- Lestari, M. Y., & Diana, N. (2018). *KETERAMPILAN PROSES SAINS (KPS) PADA PELAKSANAAN*. 01(1), 49–54.
- Logo, N., Akbar, M., Boy, B. Y., Silaban, A., Hajar, S., Cenderawasih, U., & Sains, K. P. (2023). *ANALISIS KETERAMPILAN PROSES SAINS PESERTA DIDIK PADA ANALYSIS OF STUDENTS ' SCIENCE PROCESS SKILLS ON*. 6(1). <https://doi.org/10.31605/phy.v6i1.3121>
- Maharani, A., Falah, M. M., Pramesthi, N., Jati, A., Fisika, J. P., Matematika, F., & Alam, P. (2024). *PENGALAMAN ASISTENSI PRAKTIKUM TERMODINAMIKA*. 8(2), 334–346.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2nd

- edition). In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369>
- Mcgonigle, A. J. S., Id, T. C. W., Pering, T. D., Id, J. M. C., Iii, F. M. M., & Parisi, A. V. (2006). *Smartphone Spectrometers*. 1–15. <https://doi.org/10.3390/s18010223>
- Mega, K., Subhan, J., Sucahyo, I., Fisika, J., Surabaya, U. N., & Praktikum, A. (2020). *IPF : Inovasi Pendidikan Fisika ISSN : 2302-4496 Kurnia Mega Jannah Subhan , Imam Sucahyo IPF : Inovasi Pendidikan Fisika ISSN : 2302-4496 Kurnia Mega Jannah Subhan , Imam Sucahyo*. 09(02), 97–103.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook*. Sage Publications.
- Muhamad, H. (2024). Pengembangan Alat Peraga Difraksi Cahaya sebagai Media Pembelajaran untuk Menentukan Panjang Gelombang pada Materi Gelombang Cahaya. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 35183–35196.
- Murdani, E. (2020). *Hakikat Fisika dan Keterampilan Proses Sains*. 3(3), 72–80.
- Mustofa, A., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2021). *Pengembangan Modul Berbasis Proyek Berdasarkan Analisis Lintas Karakter Agronomi dan Morfologi Kedelai untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains*. 24–34.
- Mustofa Octafandiony. (2021). Pengembangan Alat Peraga Difraksi Cahaya untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Siswa SMA/MA. *Bachelor's Thesis, Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, 20–25.
- Naufal, M. R., & Rodhiyah, M. (2025). Measuring CD Pit Spacing with a Laser: Applying Fundamental Physics Principles and the Diffraction Grating Method. *Schrödinger: Journal of Physics Education*, 6(4), 260–268. <https://doi.org/10.37251/sjpe.v6i4.2281>
- Nguyen, T. L., Nguyen, V. B., & Tran, N. C. (2024). *Developing Experimental Competency in Pre-Service Physics Teachers with An Inquiry-Based Approach*. 20(June), 13–26. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v20i1.50208>
- Nikita, Z. J., Alam, M. T., Mahmud, Y., & Yasmin, R. (2025). *Developing a Cost-Effective Spectrometer : A Practical Approach*.
- Novebrini, Sintya; Salamah, Ummi; Agustin, Silvia; Azmi, N. (2021). Penggunaan LKPD Berbasis Model Discovery Learning Berbantuan Simulasi PhET untuk Meningkatkan Pengetahuan dan Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas VIII SMPN 14 Padang. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika (JPPF)*, vol 7, No 2. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jppf.v7i2.113213>
- Oktofika, E., Medriati, R., & Swistoro, E. (2018). Upaya Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Siswa melalui Penerapan Model Discovery Learning di Kelas X IPA 3. *Jurnal Kumparan Fisika*, 1(1 April SE-Articles), 62–69. <https://doi.org/10.33369/jkf.1.1.62-69>
- OpenStax. (2022). *College physics 2e (Section: Waves)*. OpenStax CNX.
- Panjaitan, E., & Haris, D. (2022). *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN LEARNING MANAGEMENT SYSTEM BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING PADA MATERI BALOK DAN KUBUS UNTUK SISWA SMP KELAS VIII*. 8(1), 36–53.
- Panuluh, A. H. (2017). IMPROVING THE SCIENCE PROCESS SKILLS OF PHYSICS. *Proceedings The 2017 International Conference on Research in*

- Education*, 129–136.
- Permana, I., Ikbal, M. S., Kadir, F., & Uswatun, A. (2023). *PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DASAR BERBASIS Abstract* : 6, 49–62.
- Purwanto, J., Hasanah, D., & Syafaat, F. Y. (2017). Efektivitas Starter Experiment Approach (SEA) Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik Pada Pelajaran Fisika Kelas XI. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 8(2), 74–80. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v8i2.1624>
- Raharja, E. P., Sutomo, E., Hidayat, F. A., Kasan, A., & Mangkasa, N. (2025). *Smartphone Sensor-Based Physics Module for Hands-On Learning in Waves and Optics*. 11(3), 580–590. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i3.10240>
- Ramadhani, H. N., Prima, P., Handayani, T., & Setiaji, B. (2022). *DESAIN PENGEMBANGAN KIT PRAKTIKUM SEDERHANA PEMBENTUKAN BAYANGAN PADA CERMIN CEKUNG*. 4(1), 59–67.
- Rohman, F. (2018). *KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN KETERAMPILAN SOSIAL*. 1(2), 47–56.
- Sa, H., Alfiah, H. Y., & Ar, Z. T. (2020). *MODEL RESEARCH AND DEVELOPMENT DALAM PEMBELAJARAN PENDIDIKAN AGAMA ISLAM*. 10.
- Safitri, L. (2022). *Komponen Keterampilan Proses Sains Dan Analisisnya Pada Buku Ajar Ilmu Pengetahuan Alam*. 1(4).
- Saputri, Eki Aprilia; Djumhana, N. (2020). *Keterampilan Proses Sains dan Sikap Ilmiah Mahasiswa PGSD dalam Belajar Ilmu Pengetahuan Alam (IPA)*. 4(1).
- Sari, P. M., Sudargo, F., & Priyandoko, D. (2017). *The Effect of the Practice-Based Learning Model on Science Process Skills and Concept Comprehension of Regulation System*. 6(2), 191–197. <https://doi.org/10.23887/jpi-undiksha.v6i2.9286>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2004). *Physics for Scientists and Engineers*. Thomson-Brooks/Cole.
- Shana, Z., & Abulibdeh, E. S. (2020). *SCIENCE PRACTICAL WORK AND ITS IMPACT ON STUDENTS ' SCIENCE ACHIEVEMENT*. 10(2), 199–215.
- Stari, C., Cabeza, C., & Marti, A. C. (2018). *A bottle of tea as a universal Helmholtz resonator*. c(c), 5–8.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Supliyadi; Khumaedi; Sutikno. (2010). *Percobaan kisi difraksi dengan menggunakan keping dvd dan vcd*. 6, 26–29.
- Tanzillal, M. I., Balqis, P., Qolbi, R. Z., & Bullaili, U. K. (2024). *Analisis Ketersediaan Peralatan , Bahan Ajar dan Keterlaksanaan Kegiatan Praktikum Pada Laboratorium Pendidikan Fisika Prodi Tadris Fisika , Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan , Universitas Islam Negeri Syarif*. 2(6), 729–735.
- Taylor, J. R., Semon, M. D., & Pribram, J. K. (2009). *POSTUSE REVIEW : An Introduction to Error Analysis : The Study of Uncertainties in Physical Measurements*. 191(1983). <https://doi.org/10.1119/1.13309>
- Thiagarajan, Sivasailam, & A. O. (1974). *Instructional Develoment for Traning Teacher of Exeptional Children: A Sourcebook*.

- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2008). *Physics for Scientists and Engineers (6th ed.)*. W. H. Freeman.
- Tze Kwang LEONG¹, Loo Kang WEE¹, F. J. G. & F. E. (2019). *Promoting the Joy of Learning by Turning a Smartphone into Scientific Equipment*. 1–5.
- Uranus, E. V. dan H. P. (2015). PENGEMBANGAN SPEKTROMETER SEDERHANA DENGAN GRATING REFLEKSI DARI KEPING DVD-R KOSONG DAN SENSOR DARI CCD WEBCAM. *Seminar Nasional : Sains, Rekayasa & Teknologi UPH*, (1), 6–7.
- Waldrip, B., & Rusdiana, D. (2012). *IMPACT OF REPRESENTATIONAL APPROACH ON THE IMPROVEMENT OF STUDENTS' UNDERSTANDING OF*. 8(22), 161–173.
- Wibowo, A. T. (2022). Pengembangan Kit Optik sebagai Media Praktikum Cahaya dan Optik untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Edutraind : Jurnal Pendidikan Dan Pelatihan*, 6(1), 18–28. <https://doi.org/10.37730/edutraind.v6i1.153>
- Wieman, C. (2015). *Measuring the impact of an instructional laboratory on the learning of introductory physics*. (August), 1–12.
- Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (n.d.). *Open-ended versus guided laboratory activities: Impact on students' beliefs about experimental physics*. 1–8.
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., & Shofiah, T. (2023). *Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar*. 05(02), 3928–3936.
- Wulandari, L., Sainuddin, S., & Suharli, A. J. (2025). *Penilaian Keterampilan Proses Sains Pada Praktikum Mahasiswa di Laboratorium Kimia*. 5(1), 45–53.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2016). *University Physics with Modern Physics (14th ed.)*. Pearson Education