

**PENGEMBANGAN *E-MODUL* DENGAN PENDEKATAN
I-SETS (*ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY*) MATERI
GELOMBANG CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Disusun Oleh:

Fauziah Kusumaningrum

NIM. 2108066024

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
KOTA SEMARANG**

2025

**PENGEMBANGAN *E-MODUL* DENGAN PENDEKATAN
I-SETS (*ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY*) MATERI
GELOMBANG CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN
KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Disusun Oleh:

Fauziah Kusumaningrum

NIM. 2108066024

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
KOTA SEMARANG**

2025

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh Pembimbing untuk dilaksanakan sidang munaqosyah.

Disetujui pada :

Hari : Selasa

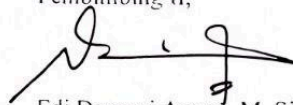
Tanggal: 14 Juni 2025

Pembimbing I,



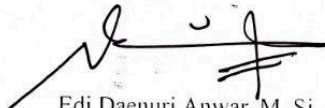
Arsini, M. Sc.
NIP. 198408122011012011

Pembimbing II,



Edi Daenuri Anwar, M. Si.
NIP. 197907262009121002

Mengetahui
Ketua Jurusan Pendidikan Fisika



Edi Daenuri Anwar, M. Si.
NIP. 197907262009121002

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Fauziah Kusumaningrum

NIM : 2108066024

Jurusan : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

**PENGEMBANGAN E-MODUL DENGAN PENDEKATAN
I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG
CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Juni 2025
Pembuat Pernyataan,



Fauziah Kusumaningrum
NIM. 2108066024



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang Telp. 024-776433366
Email: fst@walisongo.ac.id. Web: <https://fst.walisongo.ac.id/>

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA

Penulis : Fauziah Kusumaningrum

NIM : 2108066024

Jurusan : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang munaqosah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

Semarang, 30 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang/Penguji,

Edi Daenuri Anwar, M.Si.
NIP. 197907262009121002

Sekretaris Sidang/Penguji,

Affa Ardhi Saputri, M.Pd.
NIP. 199004102019032018

Penguji Utama I,

Dr. Andi Fadllan, M.Sc.
NIP. 198009152005011006

Penguji Utama II,

Qisthi Fariyani, M.Pd.
NIP. 198912162019032017

Pembimbing I,

Arsini, M.Sc.
NIP. 198408122011012011

Pembimbing II,

Edi Daenuri Anwar, M.Si.
NIP. 197907262009121002



NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2024

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arah, dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan I-SETS
(Islamic, Science, Environment, Technology, Society)
Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan
Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA

Nama : Fauziah Kusumaningrum

NIM : 2108066024

Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang munaqosyah.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I,



Arsini, M. Sc.

NIP. 198408122011012011

NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2024

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arah, dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan I-SETS
(Islamic, Science, Environment, Technology, Society)
Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA

Nama : Fauziah Kusumaningrum

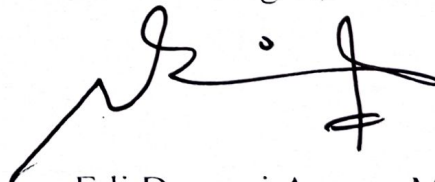
NIM : 2108066024

Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang munaqosyah.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing II,



Edi Daenuri Anwar, M. Si.
NIP. 197907262009121002

ABSTRAK

Penelitian ini didasari oleh rendahnya keterampilan berpikir kritis siswa khususnya pada materi gelombang cahaya. Hal ini karena bahan ajar yang digunakan oleh siswa dan guru masih terbatas pada konsep fisika dan belum mengintegrasikan aspek islami, sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat (I-SETS). Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan e-modul fisika dengan pendekatan I-SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah R&D dengan model ADDIE sampai tahap development. Hasil akhir penelitian ini yaitu berupa produk e-modul fisika yang sudah diuji kelayakan dan kepraktisannya. Hasil validasi produk menurut ahli materi dan ahli media memperoleh kategori sangat layak dengan nilai rata-rata sebesar 95%. Hasil uji *Wilcoxon Match Pairs* memperoleh nilai Z hitung 3,779 dan nilai p sebesar $<.001$ yang berarti terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara kelas eksperimen dan kontrol. Hasil respons siswa memperoleh nilai 63,84% dengan kategori baik.

Kata Kunci : E-Modul, I-SETS, Keterampilan Berpikir Kritis, Gelombang Cahaya.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'aalamiin. Puji syukur kepada Allah SWT. yang atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA” sebagai langkah akhir untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) Program Studi Pendidikan Fisika di UIN Walisongo Semarang. Sholawat dan salam juga senantiasa dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penyusunan skripsi ini melewati perjalanan yang cukup panjang, namun penulis mendapatkan bimbingan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak hingga bisa selesai dengan baik. Terutama, penulis haturkan terima kasih yang tulus kepada kedua orangtua, **Bapak Fachurozi dan Ibu Ikoh Parikoh** yang telah mengizinkan, merestui, dan memberikan dukungan baik doa maupun materi selama penulis menjalani proses perkuliahan hingga selesai. Tak lupa juga *elder brother* Mas **Dede Abdurrahman** dan *twins* **Nabila Kusumaningsih**, yang sudah menjadi supporter bagi penulis. Selanjutnya, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Nizar, M. Ag., selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Musahadi, M. Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Edi Daenuri Anwar, M. Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang sekaligus dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta evaluasi dalam proses penyusunan skripsi oleh penulis.

4. Susilawati, M. Pd., selaku Sekretaris Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memotivasi dan membantu penulis dan mahasiswa pendidikan Fisika untuk menyelesaikan skripsi.
5. Arsini, M. Sc., selaku dosen pembimbing I yang arahan, bimbingan, serta evaluasi dalam proses penyusunan skripsi oleh penulis.
6. Dr. Joko Budi Poernomo, M. Pd., dan Bapak Irman Said Prastyo, M. Sc., selaku ahli validator yang telah memberikan evaluasi, kritik, dan saran terhadap instrumen dan e-modul yang dikembangkan.
7. Ellya Nur Chasanah, S.Pd, M. Sc., selaku guru Fisika MAN 1 Kota Semarang, yang telah memberikan dukungan dan membantu keterlaksanaan penelitian serta membimbing penulis selama menempuh pendidikan di MAN 1 Kota Semarang.
8. Bapak dan Ibu Dosen Fisika dan Pendidikan Fisika yang telah memberikan ilmu, kesempatan, bimbingan, dan pengalaman yang berharga bagi penulis selama menempuh perkuliahan.
9. Staf Pegawai Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah melayani dan membantu keperluan untuk kepentingan mahasiswa.
10. Siswa-Siswi MAN 1 Kota Semarang kelas XI.6, XI.7, dan XI.8 yang telah membantu dan bekerja sama selama pelaksanaan penelitian.
11. Semua pihak yang telah terlibat dan membantu penulis dalam penyusunan skripsi

Ucapan terima kasih dan doa mungkin hanya sebagian kecil yang mampu penulis berikan, semoga Allah SWT. senantiasa memberikan perlindungan dan kasih sayang-Nya untuk membalas kebaikan semua pihak yang penulis sebutkan di atas. Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan keterbatasan

baik dari penulis maupun skripsi yang telah disusun. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap segala bentuk evaluasi dan perbaikan terkait penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga penelitian dan skripsi ini membawa manfaat bagi berbagai pihak yang berkepentingan.

Semarang, 23 Juni 2025

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fauziah', written in a cursive style.

Fauziah Kusumaningrum

NIM. 2108066024

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	2
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	3
PERNYATAAN KEASLIAN.....	4
PENGESAHAN.....	5
NOTA DINAS.....	7
ABSTRAK.....	9
KATA PENGANTAR.....	10
DAFTAR ISI.....	13
DAFTAR TABEL.....	1
DAFTAR GAMBAR.....	2
DAFTAR LAMPIRAN.....	3
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	8
C. Batasan Masalah.....	8
D. Rumusan Masalah.....	9
E. Tujuan.....	9
F. Manfaat Penelitian.....	9
G. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
A. Landasan Teori.....	11
1. Konsep Keterampilan Berpikir Kritis.....	11
2. Konsep Pembelajaran I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, Society</i>).....	16
3. E-Modul.....	20
4. Materi Gelombang Cahaya.....	23
B. Kajian Pustaka.....	39
C. Kerangka Berpikir.....	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	43
A. Desain Pengembangan.....	43
B. Prosedur Pengembangan.....	44

C. Uji Coba Produk.....	47
D. Teknik Analisis Data.....	52
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	62
A. Hasil Pengembangan Produk Awal.....	62
B. Revisi Produk.....	74
C. Hasil Uji Coba Produk.....	77
D. Pembahasan.....	89
E. Keterbatasan Penelitian.....	99
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	101
A. Simpulan.....	101
B. Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA.....	103
LAMPIRAN.....	117
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	206

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aspek dan Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	13
Tabel 3.1 Kategori Validitas Isi	51
Tabel 3.2 Kriteria Koefisien Korelasi Product Moment	52
Tabel 3.3 Kategori Indeks Kesukaran Soal	54
Tabel 3.4 Kategori Daya Beda Soal	55
Tabel 3.5 Skala Likert	55
Tabel 3.6 Interpretasi Data Validitas Produk	56
Tabel 3.7 Kriteria Uji Keterbacaan	56
Tabel 3.8 Kategori Hasil Angket	57
Tabel 4.1 Indikator Soal	80
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Validitas Soal	81
Tabel 4.3 Indikator Soal	82
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Reliabilitas Soal	82
Tabel 4.5 Hasil Analisis Tingkat Kesukaran	83
Tabel 4.6 Hasil Analisis Daya Beda Soal	84
Tabel 4.7 Hasil Angket Keterbacaan E-modul	85
Tabel 4.8 Hasil Uji Normalitas Pre-Test	86
Tabel 4.9 Hasil Uji Normalitas Post Test	86
Tabel 4.10 Hasil Uji Homogenitas	86
Tabel 4.11 Hasil Uji Wilcoxon Match Pairs	87
Tabel 4.12 Hasil Angket Respons Siswa	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peristiwa Pembiasan Cahaya	25
Gambar 2.2 Peristiwa Pembiasan Cahaya	25
Gambar 2.3 Peristiwa Interferensi Cahaya	27
Gambar 2.4 Interferensi lapisan tipis minyak di permukaan air	29
Gambar 2.5 Peristiwa Dispersi Cahaya Oleh Prisma	30
Gambar 2.6 Spektrum Cahaya Tampak	31
Gambar 2.7 Pola Difraksi Cahaya	31
Gambar 2.8 Analisis pola difraksi celah sempit	32
Gambar 2.9 Grafik intensitas pola difraksi celah tunggal	34
Gambar 2.10 Fenomena Difraksi Kisi	35
Gambar 2.11 Kriteria untuk Pola Maksimum Terang	35
Gambar 2.12 Kerangka Berpikir Penelitian	43
Gambar 3.1 Tahapan pengembangan dengan model ADDIE	47
Gambar 4.1 Sampul depan E-modul	64
Gambar 4.2 Kata Pengantar E-modul	65
Gambar 4.3 Daftar Isi	65
Gambar 4.5 Peta Konsep	67
Gambar 4.6 Materi	68
Gambar 4.7 Konten “Tahukah Kamu?”	68
Gambar 4.8 Konten “Ayo Berpikir Kritis”	69
Gambar 4.9 Aktivitas Percobaan	69
Gambar 4.10 Ayo Berdiskusi	70
Gambar 4.11 Rangkuman	70
Gambar 4.12 Lembar Refleksi	71
Gambar 4.13 Tes Formatif	72
Gambar 4.14 Kunci Jawaban dan Pembahasan	72
Gambar 4.15 Daftar Pustaka	73
Gambar 4.16 Glosarium	73
Gambar 4.17 Biodata Penulis	74
Gambar 4.18 Revisi Penambahan Penerapan Teknologi Terbaru	75
Gambar 4.19 Revisi Kelengkapan Kalimat	76
Gambar 4.20 Revisi Kerapian Tata Letak	77
Gambar 4.21 Revisi Penomoran Halaman	77
Gambar 4.22 Grafik Hasil Penilaian Validitas Materi	78
Gambar 4.23 Grafik Hasil Validitas Media	79
Gambar 4.24 Hasil Analisis Peningkatan Kelas Eksperimen	88
Gambar 4.25 Hasil Analisis Peningkatan Kelas Kontrol	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Penunjukkan Pembimbing	117
Lampiran 2 Surat Penunjukkan Validator	118
Lampiran 3 Surat Izin Penelitian	119
Lampiran 4 Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	120
Lampiran 5 Modul Ajar	121
Lampiran 6 Kisi-Kisi Soal	137
Lampiran 7 Soal Pre-test	146
Lampiran 8 Soal Post Test	149
Lampiran 9 Tampilan E-modul	152
Lampiran 10 Rubrik Penilaian Ahli Materi	157
Lampiran 11 Hasil Validasi Ahli Materi	160
Lampiran 12 Tabel Hasil Analisis Validasi Ahli Materi	169
Lampiran 13 Rubrik Penilaian Ahli Media	170
Lampiran 14 Hasil Validasi Ahli Media	171
Lampiran 15 Tabel Hasil Analisis Validasi Ahli Media	177
Lampiran 16 Rubrik Penilaian Validasi Instrumen	178
Lampiran 17 Hasil Validasi Ahli Instrumen	181
Lampiran 18 Hasil Analisis Validasi Ahli Instrumen	189
Lampiran 19 Hasil Analisis Uji Validitas Soal	189
Lampiran 20 Hasil Analisis Uji Reliabilitas Soal	190
Lampiran 21 Hasil Analisis Tingkat Kesukaran Soal	190
Lampiran 22 Hasil Analisis Daya Beda Soal	190
Lampiran 23 Hasil Angket Keterbacaan E-modul	191
Lampiran 24 Hasil Analisis Angket Keterbacaan E-modul	193
Lampiran 25 Hasil Pre-test Siswa	195
Lampiran 26 Hasil Post-test Siswa	197
Lampiran 27 Rekap Nilai Siswa	199
Lampiran 28 Hasil Analisis Normalitas	201
Lampiran 29 Hasil Analisis Homogenitas	202
Lampiran 31 Hasil Analisis <i>Wilcoxon Match Pairs</i>	203
Lampiran 32 Hasil Angket Respons Siswa	204
Lampiran 33 Hasil Analisis Angket Respons Siswa	206
Lampiran 34 Dokumentasi	208

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Periode abad 21 menjadi abad perkembangan pengetahuan, kemajuan teknologi, informasi, ekonomi global, dan abad revolusi industri 4.0 (Amin *et al.*, 2022). Revolusi industri 4.0 dan kehidupan modern menuntut seseorang untuk memiliki berbagai macam keterampilan. Pendidikan berperan penting dalam membentuk siswa menguasai keterampilan tersebut untuk mencapai kesuksesan.

Keterampilan yang perlu dikembangkan dalam proses pembelajaran abad 21 meliputi 4C yang terdiri dari *critical thinking* (berpikir kritis), *communication* (komunikasi), *creativity* (kreativitas), dan *collaboration* (kolaborasi) (Roey, Derom, Bosscher, & Martelaer, 2020; Estuhono *et al.*, 2019). Di antara empat keterampilan tersebut, berpikir kritis menjadi salah satu aspek fundamental dalam menghadapi tantangan dan memecahkan masalah di abad ke-21 (Lubis & Molliq, 2020). Berpikir kritis melibatkan pengaturan diri dalam proses pengambilan keputusan yang mencakup interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi. Proses ini melibatkan konsep, kriteria, paparan bukti, teknik, dan faktor kontekstual sebagai landasan untuk menarik kesimpulan (Facione, 1991).

Keterampilan berpikir kritis sangat esensial dalam dunia pendidikan modern karena memungkinkan siswa untuk

mengembangkan kemampuan analitis, evaluatif, dan reflektif secara mendalam. Kemampuan ini juga menjadi landasan penting untuk memahami konsep-konsep kompleks dan aplikatif, terutama dalam pembelajaran fisika. Pembelajaran fisika menuntut siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu mengaplikasikan konsep dalam fenomena nyata yang terjadi di sekitar. Oleh karena itu, kemampuan berpikir kritis penting untuk diajarkan kepada siswa guna mengembangkan kemandirian belajar, analisis informasi, integrasi pengetahuan, dan pemecahan masalah agar dapat bersaing secara global (Hasnan *et al.*, 2020).

Hasil *Programme for International Student Assessment* (PISA) tahun 2022 menunjukkan skor kemampuan peserta didik Indonesia dalam literasi, numerasi, dan sains mengalami penurunan dibandingkan tahun 2018. Skor literasi membaca turun 12 poin dari 371 menjadi 359, skor matematika turun 13 poin dari 379 menjadi 366 dan skor sains turun 13 poin dari 396 menjadi 383 (PISA, 2023). Literasi sains menunjukkan kemampuan siswa dalam menggunakan pengetahuan ilmiah untuk mengidentifikasi pertanyaan dan menarik kesimpulan berbasis bukti dalam rangka memahami dan membantu membuat keputusan tentang dunia alam dan perubahan yang terjadi melalui aktivitas manusia (OECD, 2023). Penurunan skor literasi sains mencerminkan kelemahan siswa untuk memberikan penjelasan sederhana, membangun keterampilan dasar seperti mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi ilmiah, menyimpulkan dan

memberikan penjelasan lebih lanjut mengenai fenomena ilmiah, dan mengatur strategi dan taktik dalam penyelidikan ilmiah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tingkat berpikir kritis siswa masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan pembelajaran di sekolah belum berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa. Selain itu, penggunaan bahan ajar yang masih berfokus pada penyampaian teori tanpa memberikan kesempatan untuk mengeksplorasi dan mengembangkan kemampuan analitis siswa (Kencanawaty *et al.*, 2024).

Pembelajaran fisika mencakup konsep, fakta, hukum, prinsip, kemampuan bernalar, penggunaan teknologi, pengumpulan data, hingga kegiatan ilmiah di laboratorium (Hadhiedae *et al.*, 2021). Mata pelajaran fisika masih dianggap rumit oleh siswa karena banyaknya rumus yang perlu dihafal dan perhitungan yang rumit (Sevtia *et al.*, 2022). Penelitian oleh Listiantomo (2023) menunjukkan bahwa kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang cahaya masih relatif rendah. Materi yang kompleks dan abstrak menjadi tantangan bagi siswa dalam memahami konsepnya (Sari & Prasetyo, 2022). Pemahaman terhadap materi ini memerlukan keterampilan berpikir kritis melalui pengamatan, pengukuran, dan analisis data (Setiawan *et al.*, 2018).

Realitas yang serupa juga terjadi pada siswa di MAN 1 Kota Semarang. Hasil angket pra-riset siswa mengonfirmasi bahwa materi ini tergolong sulit karena sifatnya yang abstrak.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru fisika, diketahui bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi dan menganalisis inti dari pertanyaan fisika. Siswa cenderung hanya mampu menyelesaikan persoalan yang mirip dengan contoh soal yang diajarkan guru, ini mengindikasikan adanya keterbatasan siswa dalam menyusun deduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi dalam konteks yang lebih luas.

Bahan ajar yang digunakan masih terbatas pada LKS (Lembar Kerja Siswa) dan materi dari guru yang tidak sepenuhnya mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis. Bahan ajar LKS menyajikan materi secara ringkas dan belum memfasilitasi dan menstimulasi siswa untuk berpikir kritis. Selain itu, LKS belum optimal dalam mendukung siswa mempelajari materi secara kontekstual, khususnya yang berkaitan dengan aspek keislaman, sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Aspek-aspek tersebut umumnya hanya disampaikan secara sekilas melalui penjelasan lisan dari guru dalam proses pembelajaran dan belum terintegrasi dalam materi ajar. Hal ini menunjukkan kurangnya stimulasi terhadap kemampuan siswa dalam mengidentifikasi asumsi, merumuskan strategi dan tindakan, serta mempertimbangkan beragam informasi dalam memahami konsep fisika yang abstrak (wawancara, 9 Oktober 2024).

Penelitian Zulhelmi (2021) menyatakan bahwa sekolah belum mendapatkan bahan ajar yang bisa melatih siswa untuk

berpikir kritis. Rata-rata siswa di Indonesia juga masih kesulitan memahami dan mengerjakan soal-soal dengan indikator kemampuan berpikir kritis (Rosmalinda *et al.*, 2021). Berdasarkan hal itu, dibutuhkan bahan ajar yang dapat meningkatkan motivasi dan fokus siswa dalam memahami materi sehingga mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa (Anjarsari *et al.*, 2022). Salah satu upaya dalam memfasilitasi siswa untuk belajar secara mandiri yaitu mengembangkan sebuah bahan ajar berupa modul elektronik (e-modul) (Putri *et al.*, 2023).

Pemilihan e-modul untuk dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran pada abad 21 yang mengharuskan siswa maupun guru memiliki keterampilan dalam teknologi informasi (Wulansari *et al.*, 2018). Penggunaan e-modul dalam pembelajaran menjadi salah satu pendekatan yang relevan untuk mengintegrasikan teknologi dalam pendidikan guna meningkatkan efektivitas pembelajaran dan keterampilan berpikir kritis siswa. E-modul menawarkan penyajian konten pembelajaran yang interaktif dan menarik sehingga dapat membantu siswa memahami konsep-konsep fisika yang kompleks (Endaryati *et al.*, 2021). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa media berbasis teknologi dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran serta membantu siswa memahami materi dengan lebih baik (Rahmah *et al.*, 2023).

Pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) dapat membantu siswa mengaitkan aspek sains dengan

aspek teknologi, lingkungan, dan masyarakat pada proses pembelajaran IPA (Riwu *et al.*, 2018). Pembelajaran SETS membawa pesan bahwa jika konsep sains diaplikasikan dalam bentuk teknologi untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, perlu dipertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan, baik secara fisik maupun mental (Binadja, 2005). Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) merupakan pengembangan dari SETS dengan mengintegrasikan nilai-nilai Islam ke dalam pembelajaran. Pendekatan I-SETS mengharapkan pembelajaran sains tidak hanya mengaitkan materi pelajaran dengan fenomena sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat, tetapi juga menanamkan nilai-nilai religius untuk membentuk karakter siswa yang lebih holistik. Hal ini sesuai dengan citra Madrasah sebagai lembaga pendidikan berciri khas agama yang dituntut untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia baik peningkatan IMTAQ maupun IPTEK (Chairiyah, 2021).

Penelitian oleh Mulyadi & Santoso (2022) menunjukkan bahwa pendekatan I-SETS dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran sekaligus menumbuhkan keterampilan berpikir kritis yang relevan dengan konteks kehidupan nyata. Integrasi nilai Islami dengan pendekatan SETS mendorong siswa untuk berpikir secara terintegrasi sehingga dapat mengembangkan sikap ilmiah dan membentuk karakter religiusnya (Fazrina es al., 2023). Nilai-nilai Islami ini dapat membantu siswa memahami cara mengatasi masalah sehari-hari

berdasarkan prinsip-prinsip agama Islam (Khasanah & Izza, 2021).

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran yang kontekstual dapat meningkatkan motivasi dan kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil kajian literatur sebanyak 20 jurnal oleh Rahmawati *et al.* (2022) menemukan bahwa pendekatan SETS dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian lain oleh Sari *et al.* (2022) menemukan bahwa pembelajaran yang mengaitkan konsep fisika dengan masalah lingkungan dan teknologi meningkatkan keterlibatan dan kemampuan berpikir kritis siswa.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, diperlukan e-modul fisika berbasis I-SETS untuk mendukung pembelajaran yang lebih efektif. Penelitian ini berjudul "Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA", yang berfokus pada penyusunan e-modul guna meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dalam memahami konsep gelombang cahaya. Melalui penyajian yang interaktif, kontekstual, dan aplikatif, modul ini dapat memfasilitasi pemahaman konsep fisika yang lebih mendalam. Selain itu, hasil pengembangannya juga dapat menjadi referensi bagi guru dalam menyediakan bahan ajar inovatif yang sesuai dengan kebutuhan siswa.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, identifikasi masalah penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Kemampuan berpikir kritis siswa masih rendah dan pembelajaran di sekolah belum berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis
2. Berdasarkan hasil pra-riset, diperoleh bahwa kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang cahaya masih tergolong rendah.
3. Siswa cenderung hanya dapat menyelesaikan soal yang mirip dengan contoh dari guru, yang menunjukkan keterbatasan dalam merancang strategi penyelesaian masalah baru dan mengevaluasi solusi alternatif
4. Berdasarkan hasil pra-riset, bahan ajar fisika yang digunakan masih terbatas pada teori dan belum memiliki konten kontekstual yang mencakup aspek keIslaman, sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat.
5. Bahan ajar yang sudah ada belum berorientasi untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi masalah sebagai berikut.

1. Modul yang dikembangkan berfokus pada materi gelombang cahaya.
2. Implementasi modul digital berbasis pendekatan I-SETS hanya pada kelas XI MAN 1 Kota Semarang

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kelayakan e-modul dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA?
2. Bagaimana kepraktisan e-modul dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA?
3. Bagaimana peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan e-modul dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya?

E. Tujuan

1. Untuk menguji kelayakan e-modul dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA.
2. Untuk menguji kepraktisan e-modul dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA.
3. Untuk menganalisis peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah menggunakan e-modul dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya.

F. Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti
Penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam pengembangan e-modul berbasis I-SETS dan meningkatkan keterampilan serta pengetahuan dalam bidang ini.

2. Bagi Siswa

Penelitian ini memperkenalkan pembelajaran baru yang lebih kontekstual dan relevan dengan kehidupan sehari-hari, sehingga memudahkan siswa dalam mempelajari fisika.

3. Bagi Guru

Penelitian ini dapat menjadi media dan referensi bahan ajar yang menerapkan pembelajaran berbasis I-SETS untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa materi gelombang cahaya.

4. Bagi Penelitian berikutnya

Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk mengembangkan modul pembelajaran dan penelitian lainnya di bidang pendidikan, khususnya untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

G. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

1. E-modul berbasis I-SETS dirancang menggunakan canva kemudian dikonversi menjadi e-modul.
2. Komponen modul yang akan dikembangkan memuat pendahuluan, tujuan pembelajaran, capaian pembelajaran, materi pembelajaran, media gambar dan video, contoh soal, latihan soal, fakta menarik, dan ayo berpikir kritis.
3. Modul pembelajaran berfokus pada materi gelombang cahaya dengan integrasi *islam, science, environment, technology*, dan *society* (I-SETS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Konsep Keterampilan Berpikir Kritis

Menurut KBBI, berpikir merupakan suatu kegiatan menggunakan akal budi untuk mempertimbangkan dan memutuskan sesuatu. Berpikir adalah proses mengelola atau mentransformasi informasi untuk membentuk konsep, penalaran, menentukan keputusan, atau memecahkan masalah (Santrock, 2011, dalam Indrapangastuti, 2023). Berpikir setidaknya melibatkan tiga proses, yaitu merumuskan pengertian, mensintesis, dan menarik kesimpulan (Sardiman, 2003 dalam Indrapangastuti, 2023; Suryabrata, 2004). Tahapan atau proses kemampuan berpikir siswa dijabarkan dengan taksonomi bloom, yaitu 1) *knowledge* (pengetahuan); 2) *comprehension* (pemahaman atau persepsi); 3) *application* (penerapan); 4) *analysis* (penguraian atau penjabaran); 5) *synthesis* (pemaduan); dan 6) *evaluation* (penilaian) (Rahayu, 2018).

Berpikir kritis merupakan bentuk dari proses berpikir yang selalu dilakukan oleh otak dalam mengelola informasi untuk mencapai suatu tujuan. Kata Kritis diturunkan dari bahasa Yunani Kuno *krités* yang berarti “orang yang memberikan pendapat yang beralasan” atau “analisis”, “pertimbangan nilai”, “interpretasi”, atau “pengamatan”.

Berdasarkan definisi kata penyusunnya, berpikir kritis adalah proses mentransformasi informasi melalui sintesis atau interpretasi yang mendalam untuk suatu tujuan.

Menurut Ennis (1987), keterampilan berpikir kritis adalah kemampuan untuk mengidentifikasi asumsi, menguraikan argumen, dan mengevaluasi bukti secara rasional. Berpikir kritis merupakan keterampilan yang melibatkan proses berpikir reflektif dan logis untuk mengevaluasi informasi dan membuat keputusan yang tepat. Terdapat 6 indikator dasar dalam berpikir kritis (Ennis, 1996) yaitu *focus*, *reason*, *inference*, *situation*, *clarity* dan *overview*. *Focus* yaitu memfokuskan pertanyaan dalam soal untuk membuat keputusan tentang apa yang dianggap benar. *Reason* yaitu mengetahui alasan-alasan yang mendukung atau menentang keputusan yang dibuat berdasarkan fakta yang terkandung dalam soal. *Inference* adalah membuat kesimpulan yang rasional atau meyakinkan. *Situation* adalah memahami situasi dan mempertimbangkannya untuk membantu memperjelas masalah dan memahami maknanya sebagai pendukung keputusan yang diambil. *Clarity* adalah menjelaskan arti atau istilah yang digunakan, dan *Overview* adalah meninjau ulang dan menyelidiki secara menyeluruh keputusan yang dibuat.

Menurut Ennis (2015), berpikir kritis melibatkan analisis, sintesis, dan evaluasi informasi untuk menghasilkan

kesimpulan yang rasional. Indikator berpikir kritis yang akan digunakan pada penelitian ini hanya lima indikator seperti pada Tabel 2.1 karena sudah mencakup aspek yang diinginkan.

Tabel 2.1 Aspek dan Indikator Keterampilan Berpikir Kritis

Aspek Keterampilan	Indikator
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Menjawab pertanyaan tentang suatu penjelasan atau pernyataan.
Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	Mendeduksi dan mempertimbangkan hasil deduksi
Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	Mengidentifikasi asumsi
Mengatur strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	Menentukan tindakan

(Aini *et al.*, 2022)

Islam telah mendorong manusia untuk selalu berpikir dan memberikan apresiasi penuh kepada para pemikir. Al-Qur'an menyebutkan kata '*aql*' dan derivasinya sebanyak 49 kali dengan kata '*ya'qilun*' muncul sebanyak 22 kali dan '*ta'qilun*' muncul sebanyak 24 kali (Ismail *et al.*, 2023). Keduanya menggunakan fiil mudhari yang menyiratkan adanya kesinambungan dalam kegiatan memanfaatkan atau mengoptimalkan akal. Hal ini menunjukkan bahwa yang dituntut oleh Syariah adalah aktivitas berpikir (*ta'aqqul*),

bukan akal itu sendiri (pikiran yang pasif) (Ismail *et al.*, 2023). Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surah Ali Imran ayat 190-191 :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولَى الْأَلْبَابِ
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَى جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), ‘Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Maha Suci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka’.*” (Q.S. Āli ‘Imrān [3]:190-191)

Tafsir QS Ali Imran ayat 190–191 menunjukkan urgensi berpikir kritis sebagai ciri khas orang yang berakal dalam memahami tanda-tanda kebesaran Allah dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang. Ayat ini tidak hanya menekankan pentingnya dzikir dalam berbagai keadaan fisik (berdiri, duduk, maupun berbaring) tetapi juga menekankan dimensi *tafakur*, yaitu aktivitas intelektual yang mendalam terhadap fenomena alam. *Ulul albab* (orang yang berakal) adalah orang-orang yang tidak memandang realitas secara dangkal, melainkan menggunakan daya nalar secara kritis untuk menelaah tujuan dan makna di balik penciptaan semesta. Oleh karena itu, menurut perspektif

Islam, berpikir kritis tidak hanya tindakan rasional, tetapi juga sarana kontemplatif untuk menguatkan iman dan mengarahkan manusia tentang tanggung jawab spiritual dan moral mereka.

Perspektif QS. Ali Imran ayat 190–191 tentang berpikir kritis yaitu memaksimalkan fungsi otak untuk merenungkan penciptaan langit dan bumi serta menggunakan potensi akal untuk mempelajari tanda-tanda kebesaran Allah sehingga menghasilkan gagasan atau pengetahuan (Fikri & Munfarida, 2023). Konsep berpikir kritis dalam Islam tidak hanya bertumpu pada aktivitas akal semata, tetapi merupakan proses analisis (*tafqih*), pengkajian (*ta'qil*), perenungan (*tafakkur*), pemahaman (*tafahhum*), perumusan (*tadhakkur*), serta evaluasi (*tadabbur*) yang mendalam dan menyeluruh (Junoh & Mohamad, 2020).

Proses berpikir dalam al-Qur'an juga disebut dalam beberapa istilah lain, di antaranya *nadhara* (Qaf, 50:6-7; al-Tariq, 86:5-7; al-Ghasiyah, 88:17), *tadabbara* (Sad, 38:29; Muhammad, 47:24), *tafakkara* (al-Nahl, 16: 68-69; al-Jatsiyah, 45:12-13), *faqiha* (al-Isra', 17:44; al-An'am, 16:97-98; al-Taubah, 9:122), *tazakkara* (al-Nahl, 16:17; al-Zumar, 39:9 dan 27; al-Zariyat, 51:47-49), dan *fahima* (al-Anbiya', 21:78-79) (Fikri & Munfarida, 2023). Hal ini menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis sangat penting dan dianjurkan bagi umat manusia.

2. Pendekatan I-SETS (Islamic, Science, Environment, Technology, Society)

a. Pengertian Pendekatan SETS

SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) atau Salingtemas adalah akronim dari sains, lingkungan, teknologi dan masyarakat. Pendekatan SETS merupakan kesatuan dari konsep STL (*Science, Technology, Literacy*), STM (Sains, Teknologi, dan Masyarakat), Pendidikan Lingkungan (*Environmental Education/EE*) (Depdiknas 2002:5). Gagasan pendidikan SETS diperkenalkan oleh Binadja di RECSAM Malaysia mulai tahun 1996.

Menurut *NSTA Position Statement* 1990 (dalam Kuswati, 2004:11) SETS yaitu internalisasi konsep-konsep dan proses permasalahan sains dan teknologi berdasarkan sudut pandang siswa, kemudian siswa diminta untuk menginvestigasi, menganalisis, dan menerapkan konsep serta proses tersebut pada situasi dunia nyata. Pendekatan SETS mengintegrasikan aspek sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat untuk memberikan konteks yang lebih luas terhadap materi pelajaran (Astuti *et al.*, 2023). Pendekatan SETS memungkinkan siswa mempelajari konsep-konsep sains dan keterkaitannya dengan aspek teknologi serta peranannya di dalam masyarakat (Khasanah, 2015).

Pendekatan SETS merupakan metode pembelajaran yang menekankan keterkaitan antara ilmu pengetahuan (sains) dengan kehidupan sehari-hari yang melibatkan aspek lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Menurut Astuti *et al.* (2023), SETS merupakan pendekatan yang efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang bersifat abstrak, sebab siswa dilatih untuk mengaitkan konsep-konsep sains dengan fenomena nyata yang ada di sekitarnya. Pendekatan SETS mendorong siswa untuk *learning to know, learning to do, learning to be, learning to live together* yang memungkinkan siswa lebih aktif dan guru hanya sebagai fasilitator (Khasanah, 2015).

Binadja (2005) menyebutkan karakteristik pembelajaran yang bervisi SETS antara lain: (1) tetap menekankan sains sebagai subjek pembelajarannya, (2) memberikan situasi di mana siswa harus memanfaatkan konsep sains dalam bentuk teknologi untuk kepentingan masyarakat, (3) memberikan kesempatan kepada siswa untuk memikirkan berbagai kemungkinan akibat dalam proses peralihan konsep sains ke dalam bentuk teknologi, (4) siswa diminta untuk menganalisis keterkaitan antara konsep sains yang dipelajari dengan berbagai aspek dalam pendekatan SETS serta mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhinya, (5) siswa diarahkan untuk

mempertimbangkan manfaat dan efek negatif dari penerapan konsep sains tersebut apabila dikembangkan menjadi suatu teknologi yang relevan. Menurut Poedjiadi (2010) dalam Afrianis *et al* (2017), pembelajaran berbasis SETS memiliki beberapa tahapan, yaitu:

- 1) Invitasi, yaitu penyajian isu atau masalah agar siswa mampu menganalisis masalah.
- 2) Pembentukan konsep, pemberian materi agar siswa memiliki konsep untuk memecahkan masalah.
- 3) Aplikasi konsep, pemberian masalah untuk diselesaikan dengan menggunakan konsep yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya.
- 4) Pemantapan konsep, guru memberikan konfirmasi untuk menghindari adanya miskonsepsi.
- 5) Evaluasi, untuk mengukur keberhasilan pembelajaran.

Pendekatan SETS memungkinkan siswa supaya lebih aktif dalam memecahkan permasalahan lingkungan dengan menerapkan konsep-konsep sains yang telah dipelajari sebelumnya.

b. Pendekatan I-SETS

Pendekatan I-SETS menggabungkan nilai-nilai Islam dengan unsur-unsur SETS. Penggabungan unsur Islam ini tak lepas dari gagasan islamisasi sains atau integrasi sains dengan agama di kalangan umat Islam Modern yang telah berlangsung sejak lama. Al-Attas

menyebut gagasan awalnya sebagai "dewesternisasi sains", Isma'il Al-Faruqi menyebutnya Islamisasi Sains; sedangkan Sardar mengusulkan gagasan “sains Islam kontemporer” (Imaduddin, 2020). Proses reintegrasi sains ke dalam sains Islam akan lebih praktis dengan menambah aspek Islam sebagai *worldview* (Imaduddin, 2019; Imaduddin & Khafidin, 2018). Sebagaimana dinyatakan oleh Golshani (2004), sains Islam merupakan sains yang mengandung unsur-unsur Islam dari perspektif fundamentalnya.

Istilah I-SETS (menggabungkan aspek Islam dengan pembelajaran SETS) bertujuan untuk mengajarkan sains di sekolah-sekolah berbasis agama dengan memasukkan nilai-nilai Islam pada pembelajarannya. Alamsah (2013) menyatakan bahwa implementasi SETS yang diintegrasikan dengan nilai-nilai religius agama Islam dari Al Qur'an dan hadist akan memberikan dampak yang lebih signifikan. Dengan demikian, SETS yang dimasukkan nilai-nilai Islam menjadi I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, and Society*). Karakteristik pembelajaran I-SETS adalah sebagai berikut (Yadiannur & Rahmah, 2025):

- 1) Tahap pembelajaran IPA berbasis Islam.
- 2) Memberikan situasi memanfaatkan konsep IPA dalam bentuk teknologi untuk kepentingan masyarakat.

- 3) Memberikan kesempatan kepada siswa untuk mempertimbangkan berbagai akibat dari teknologi yang dihasilkan.
- 4) Mendorong siswa untuk mengaitkan unsur-unsur IPA dengan unsur-unsur lainnya dalam I-SETS.
- 5) Memfasilitasi siswa untuk memahami manfaat dan kerugian saat konsep IPA diterapkan dalam bentuk teknologi.

3. E-Modul

a. Pengertian E-Modul

Modul pembelajaran, disebut juga paket aktivitas belajar (*learning activity package*), modul individual (*individualized learning package*), atau paket belajar (*learning package*) (Kuswara, 2017), merupakan salah satu bentuk bahan ajar cetak yang dirancang untuk dipelajari secara mandiri oleh siswa (Laila dkk., 2019). Modul dinyatakan mandiri karena memuat instruksi yang dapat memandu siswa mengerjakan dan menggunakannya (Widiari dkk., 2023). Isi modul mencakup konsep, teori, batasan, dan langkah evaluasi yang tersusun sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi kurikulum (Magdalena, Sundari, dkk., 2020). Tujuan penyusunan modul adalah memungkinkan siswa belajar dengan menggunakan berbagai metode dan teknik yang sesuai, memperbaiki kesalahan dan mendapatkan perbaikan

melalui ulangan, serta sesuai dengan kemampuan dan waktu siswa (Hananingsih & Imran, 2020).

b. Karakteristik E-Modul

Pengembangan modul harus memperhatikan karakteristiknya. Menurut Kosasih (2020), modul harus memiliki karakteristik yaitu: a) *Self instructional*, b) *Self contained*, c) *Stand alone*, d) *Adaptive*, dan e) *User friendly*.

1) *Self instructional*

Modul yang dikembangkan harus memiliki karakteristik yang mampu membantu siswa untuk belajar secara mandiri, sebuah modul harus :

- a) Memiliki tujuan yang jelas dan terperinci.
- b) Berisi uraian materi yang lengkap, utuh, dan sesuai dengan kebutuhan siswa disertai rangkuman materi.
- c) Memuat contoh dan ilustrasi yang tepat.
- d) Menyediakan soal latihan, tugas dan sejenisnya yang dapat membantu mengembangkan pemahaman siswa.
- e) Menggunakan bahasa yang baku dan komunikatif.
- f) Menyediakan instrumen penilaian yang memungkinkan penilaian mandiri (*self-assessment*) dan umpan balik atas hasil penilaian.
- g) Memuat informasi rujukan, pengayaan, atau referensi yang mendukung materi.

2) *Self contained*

Modul harus menyajikan materi pembelajaran dari suatu unit kompetensi atau sub kompetensi secara utuh agar siswa dapat mempelajari secara tuntas. Pembagian atau pemisahan materi perlu memperhatikan sistematika yang jelas sesuai dengan hirarki keilmuan materi tersebut.

3) *Stand alone*

Modul dikatakan *stand alone* (berdiri sendiri) jika penggunaanya tidak bergantung pada sumber atau media lain. Perangkat ataupun media pendukung lain sudah termuat secara lengkap di dalam modul itu sendiri sehingga siswa tidak perlu menggunakan bahan ajar yang lain untuk mempelajarinya.

4) *Adaptive*

Isi modul tidak kaku dan tetap memberikan ruang untuk penambahan, penyesuaian, penggantian, atau peningkatan materi atau kegiatan pembelajaran lainnya sesuai dengan perkembangan teknologi, pengetahuan, dan informasi.

5) *User friendly*

Setiap tugas, instruksi, dan informasi dalam modul perlu disesuaikan dengan minat dan kebutuhan siswa. Penyajian materi mengakomodasi keragaman siswa baik dari segi tingkat pemahaman, kemampuan

intelektual, latar belakang sosial budaya, jenis kelamin, serta faktor-faktor lainnya. Tugas-tugas ataupun latihan harus memperhatikan gaya belajar siswa, baik yang visual, auditif, dan kinestetik. Pemilihan bahasa dalam modul disesuaikan dengan tingkat perkembangan kognitif siswa secara umum agar mudah dipahami.

4. Materi Gelombang Cahaya

Cahaya pada awalnya dianggap sebagai aliran partikel-partikel yang dipancarkan oleh suatu benda yang sedang diamati ataupun yang berasal dari mata pengamat. Gagasan teori cahaya sebagai partikel digunakan Newton untuk menjelaskan fenomena pembiasan dan pemantulan. Pada tahun 1678, Christian Huygens menunjukkan bahwa teori gelombang cahaya juga dapat menjelaskan pembiasan dan pemantulan. Hal ini diperkuat oleh eksperimen Thomas Young (1773-1829) yang menunjukkan bahwa dalam kondisi yang tepat, sinar-sinar cahaya dapat saling berinterferensi, yang ini tidak dapat dijelaskan dengan teori cahaya sebagai partikel (Serway & Jewett, 2019).

Perkembangan teori cahaya mengalami kemajuan signifikan pada abad ke-19, terutama dengan diterimanya teori gelombang cahaya secara luas. Salah satu tonggak penting dalam perkembangan tersebut adalah kontribusi James Clerk Maxwell pada tahun 1873, yang menyatakan bahwa cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang

elektromagnetik dengan frekuensi tinggi. Teori ini kemudian dibuktikan oleh Hertz dengan menciptakan dan mendeteksi gelombang elektromagnetik.

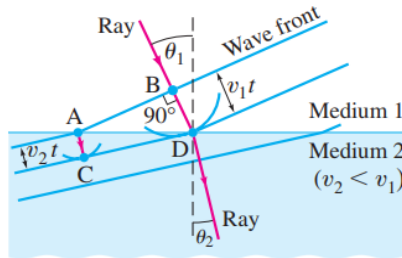
Berdasarkan perkembangan historis tersebut, cahaya dipandang sebagai sesuatu yang bersifat dualistik. Cahaya berkarakteristik sebagai gelombang pada kondisi tertentu dan berperilaku sebagai partikel pada kondisi yang lain (Serway & Jewett, 2019). Sifat-sifat cahaya sebagai gelombang di antaranya yaitu dapat mengalami pembiasan, interferensi, dispersi, difraksi, dan polarisasi (Giancoli, 2013).

a. Pembiasan Cahaya

Pembiasan merupakan suatu peristiwa perubahan kecepatan cahaya (baik nilai maupun arahnya) saat melewati medium yang berbeda kerapatannya (indeks biasnya). Hukum pembiasan Snellius diperoleh dari prinsip Huygens. Laju cahaya (v) pada medium mana pun berhubungan dengan laju di ruang hampa (c) dan indeks bias n yaitu $v = c/n$.

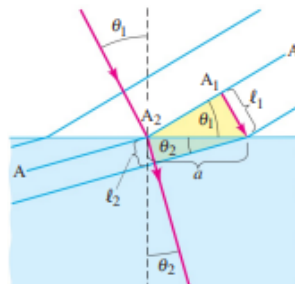
Gelombang yang menabrak batas sebagian energinya dipantulkan dan sebagian lagi ditransmisikan. Ketika gelombang dua atau tiga dimensi yang bergerak dalam satu medium melintasi batas ke medium yang kecepatannya berbeda, gelombang yang ditransmisikan dapat bergerak ke arah yang berbeda dari gelombang datang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Kecepatan gelombang dalam medium 2 lebih kecil daripada medium 1. Bagian depan gelombang membelok sehingga bergerak lebih hampir sejajar dengan batas (Giancoli, 2013).



Gambar 2.1 Peristiwa Pembiasan Cahaya (Giancoli, 2013)

Bagian depan gelombang (label A) yang mencapai batas lebih dulu akan diperlambat lebih dulu, sehingga berbelok seperti Gambar 2.2. Pada waktu t yang sama ketika A_1 bergerak sejauh $l_1 = v_1 t$, A_2 bergerak sejauh $l_2 = v_2 t$.



Gambar 2.2 Peristiwa Pembiasan Cahaya (Giancoli, 2013)

Dua segitiga siku-siku pada Gambar 2.2, yang diarsir kuning dan hijau, memiliki sisi berlabel a yang sama. Dengan demikian, berdasarkan Gambar 2.1 dapat

diperoleh Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2.

$$\sin \theta_1 = \frac{l_1}{a} = \frac{v_1 t}{a} \quad (2.1)$$

$$\sin \theta_2 = \frac{l_2}{a} = \frac{v_2 t}{a} \quad (2.2)$$

Dengan membagi kedua persamaan ini, kita akan mendapatkan hukum pembiasan seperti Persamaan 2.3 dan Persamaan 2.4:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \quad (2.3)$$

kemudian, karena $v_1 = c/n_1$ dan $v_2 = c/n_2$, maka

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (2.4)$$

Ketika gelombang cahaya melewati suatu medium ke medium yang lainnya, frekuensinya tidak berubah, tetapi panjang gelombangnya berubah (Giancoli, 2013) sehingga diperoleh Persamaan 2.5.

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_2 t}{v_1 t} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.5)$$

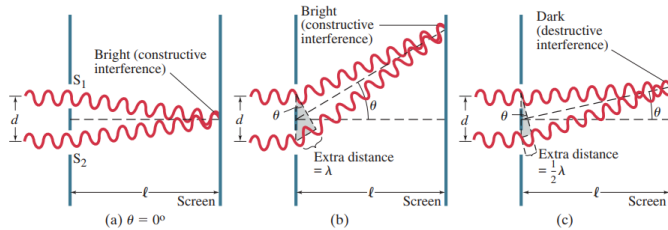
Jika medium 1 merupakan udara, sehingga $n = 1$, $v_1 = c$, dan panjang gelombang $\lambda_1 = \lambda$, panjang gelombang pada medium yang lain dengan indeks bias n_2 akan seperti Persamaan 2.6.

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n} \quad (2.6)$$

b. Interferensi Cahaya

Percobaan interferensi cahaya pertama kali

dilakukan oleh ilmuwan bernama Thomas Young (1773 -1829). Cahaya dari suatu sumber jatuh pada layar di mana terdapat dua celah berdekatan S_1 dan S_2 (Lebar celah dan jarak pisahnya sangat kecil, tidak jauh berbeda dengan nilai panjang gelombang cahaya yang digunakan). Hasilnya menunjukkan pola gelap terang yang dijelaskan sebagai fenomena interferensi gelombang (Giancoli, 2013).



Gambar 2.3 Peristiwa Interferensi Cahaya (Giancoli, 2013)

Peristiwa interferensi ditunjukkan pada Gambar 2.3. Gelombang-gelombang dengan panjang λ digambarkan memasuki celah S_1 dan S_2 yang terpisah sejauh d . Jarak dari celah ke layar sejauh l (diasumsikan $l \gg d$).

- 1) Interferensi konstruktif (saling menguatkan/membuat terang) terjadi ketika :
 - Gelombang dari kedua celah menempuh jarak yang sama atau disebut juga berada dalam satu fase. Artinya puncak kedua gelombang tiba pada saat yang sama sehingga amplitudo kedua gelombang

bergabung membentuk amplitudo yang lebih besar (Serway & Jewett, 2019).

- Lintasan kedua gelombang berbeda, dengan selisih sebanyak satu panjang gelombang atau kelipatan bilangan bulat seperti pada Persamaan 2.7.

$$d \sin \theta = n\lambda \quad (2.7)$$

- 2) Interferensi destruktif (saling melemahkan/membuat gelap) terjadi jika salah satu gelombang menempuh jarak ekstra sebesar setengah panjang gelombang (atau $\frac{3}{2}\lambda$, $\frac{5}{2}\lambda$, dan seterusnya). Kedua gelombang tepat berlawanan fase ketika mencapai layar, puncak gelombang yang satu tiba pada saat yang sama dengan lembah dari gelombang yang lainnya sehingga gabungan keduanya menghasilkan amplitudo nol. Hal ini ditunjukkan dengan serangkaian garis gelap (semacam rumbai/fringes) pada layar yang diamati (Serway & Jewett, 2019).

$$d \sin \theta = (n + \frac{1}{2})\lambda \quad (2.8)$$

Keterangan :

θ = sudut simpangan antara sinar dan layar (derajat)

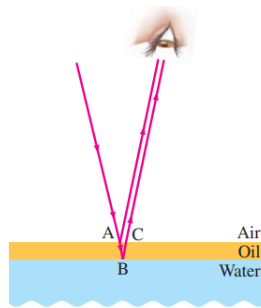
λ = panjang gelombang (m)

d = jarak antar celah (m)

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$ (n adalah orde terang/gelap ke-n).

Interferensi juga dapat terjadi pada lapisan tipis, seperti pada gelembung sabun dan lapisan tipis minyak di permukaan air. Interferensi konstruktif terjadi antara

cahaya yang dipantulkan dari kedua permukaan lapisan tipis sehingga menimbulkan efek warna seperti pelangi. Efek ini dapat teramati jika ketebalan lapisan berada dalam orde panjang gelombang cahaya. Jika ketebalan lapisan jauh lebih besar dari panjang gelombang, efek ini tidak muncul (Giancoli, 2013).



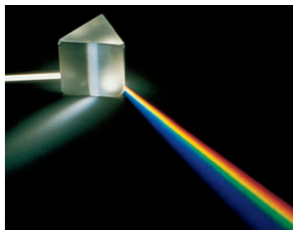
Gambar 2.4 Interferensi lapisan tipis minyak di permukaan air (Giancoli, 2013)

Berdasarkan Gambar 2.4, sebagian sinar yang datang dipantulkan di A pada permukaan teratas dan sebagian lainnya diteruskan dipantulkan di B pada permukaan terbawah. Jika perbedaan lintasan ABC sama dengan salah satu atau seluruh besar panjang gelombang, kedua gelombang akan mengalami interferensi konstruktif sehingga area AC pada permukaan lapisan akan terlihat semakin terang (Giancoli, 2013). Jika ABC sama dengan $\frac{1}{2}\lambda$, $\frac{3}{2}\lambda$, dan seterusnya, kedua gelombang akan berbeda fase sehingga mengalami interferensi destruktif. Berkas pantulan mengalami perubahan fase

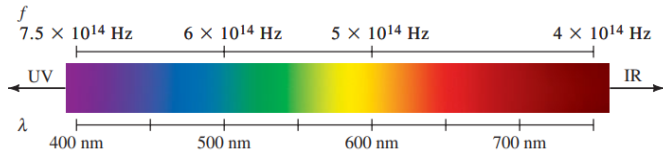
180° atau $\frac{1}{2}\lambda$ jika $n_2 > n_1$, namun jika $n_2 < n_1$ maka tidak ada perubahan fase.

c. Dispersi Cahaya

Sebuah prisma dapat memisahkan cahaya putih menjadi pelangi warna sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.5. Hal ini dapat terjadi sebab indeks bias zat bergantung pada panjang gelombang. Cahaya putih terdiri dari campuran semua panjang gelombang cahaya tampak. Panjang-panjang gelombang yang berbeda tersebut dibelokkan dengan sudut yang berbeda-beda saat melewati prisma. Indeks bias lebih besar untuk panjang gelombang yang lebih pendek, sehingga cahaya ungu dibelokkan paling besar dan merah paling kecil (spektrum interval panjang gelombang cahaya tampak ditunjukkan pada Gambar 2.6). Penguraian cahaya putih menjadi spektrum warna inilah yang disebut fenomena dispersi (Giancoli, 2013).



Gambar 2.5 Peristiwa Dispersi Cahaya Oleh Prisma

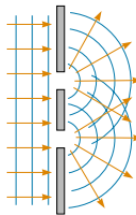


Gambar 2.6 Spektrum Cahaya Tampak

Spektrum cahaya tampak tidak memperlihatkan semua warna yang terdapat di alam, seperti warna coklat. Hal ini karena banyak warna yang kita lihat merupakan campuran dari beberapa panjang gelombang.

d. Difraksi Cahaya

Difraksi merupakan suatu peristiwa penyebaran gelombang saat melalui celah sempit. Jika sebuah gelombang (gelombang cahaya atau gelombang lainnya) membentur suatu pembatas yang memiliki sebuah celah dengan ukuran mendekati panjang gelombang tersebut, bagian gelombang yang melintas akan menyebar keluar (berdifraksi) melewati batasan tersebut seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.7 (Halliday, 2005).

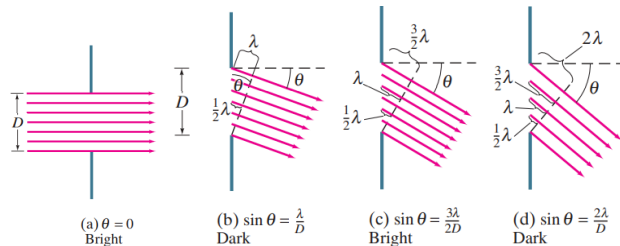


Gambar 2.7 Gelombang cahaya dari kedua celah saling tumpang-tindih saat menyebar (Halliday, 2010)

Fenomena difraksi secara umum dibagi menjadi difraksi celah tunggal dan difraksi pada kisi.

1) Difraksi Celah Tunggal

Suatu berkas sejajar dari cahaya monokromatik melewati celah sempit, dengan lebar celah D berada pada orde panjang gelombang cahaya dan panjang celah lebih besar dari θ . Berkas-berkas cahaya yang melewati celah sempit tunggal akan mengalami penyebaran dengan sudut θ seperti pada Gambar 2.8 (Giancoli, 2013).



Gambar 2.8 Analisis pola difraksi yang dibentuk oleh cahaya yang melewati celah sempit selebar D (Giancoli, 2013)

Gambar 2.8a ($\theta = 0$) menunjukkan berkas-berkas cahaya yang berfase sama, sehingga menghasilkan titik terang di layar. Gambar 2.8b menunjukkan berkas-berkas cahaya yang menyebar dengan sudut θ sedemikian sehingga berkas dari bagian atas celah menempuh satu λ lebih jauh dari berkas bagian bawah untuk sampai di layar. Kedua berkas ini akan memiliki fase yang saling berlawanan sehingga berinterferensi destruktif (Giancoli, 2013). Sudut θ ini terjadi ketika $\lambda = D \sin \theta$, sehingga

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{D} \quad (2.9)$$

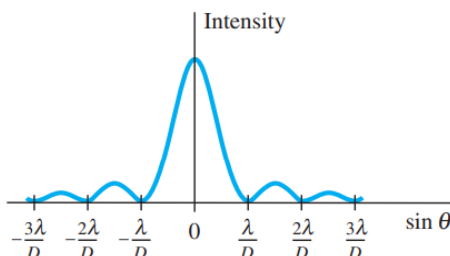
Intensitas cahaya mencapai maksimum pada $\theta = 0^\circ$ dan semakin berkurang sampai minimum (nol) pada sudut θ sesuai Persamaan 2.9. Selanjutnya pada Gambar 2.8c di mana berkas cahaya menyebar dengan sudut θ sedemikian sehingga berkas paling atas menempuh lintasan $\frac{3}{2}\lambda$ lebih jauh daripada berkas paling bawah. Sepertiga bagian bawah celah akan saling meniadakan dengan sepertiga bagian tengah karena berbeda fase sebesar $\frac{1}{2}\lambda$, tetapi bagian teratas ketiga dari celah tersebut tetap akan mencapai layar sehingga akan muncul bintik terang di dekat pusat $\sin \theta \approx 3\lambda/2D$ meskipun tidak seterang pada saat $\theta = 0^\circ$ (Giancoli, 2013).

Pada sudut θ yang lebih lebar lagi, berkas atas menempuh 2λ lebih jauh dari berkas bawahnya, sehingga seperempat berkas terbawah celah akan saling meniadakan dengan berkas di atasnya karena perbedaan lintasan sebesar $\frac{\lambda}{2}$. Bagian seperempat teratas juga akan saling meniadakan dengan seperempat tepat di bawahnya, sehingga pada sudut ini akan terjadi intensitas nol pada pola difraksi

(Giancoli, 2013). Intensitas nol (minimum) pada pola difraksi celah tunggal terjadi pada,

$$D \sin \theta = m\lambda, \quad m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots, \quad (2.10)$$

Tetapi tidak pada $m = 0$ yaitu terdapat maksimum terkuat seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Grafik intensitas pola difraksi celah tunggal fungsi $\sin \theta$ (Giancoli, 2013)

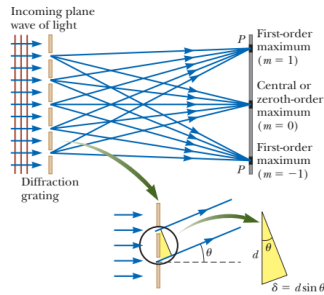
2) Difraksi Kisi

Kisi difraksi terdiri atas celah-celah sejajar yang jumlahnya sangat banyak dan berjarak satu sama lain seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. Berkas cahaya yang melalui setiap celah tanpa pembelokan ($\theta = 0^\circ$) berinterferensi konstruktif sehingga menghasilkan garis terang di tengah layar. Interferensi konstruktif juga dapat terjadi pada sudut θ sedemikian rupa sehingga berkas dari celah yang bersisian menempuh jarak lebih jauh sebesar $\Delta l = m\lambda$, dengan m merupakan bilangan bulat (Giancoli, 2013).

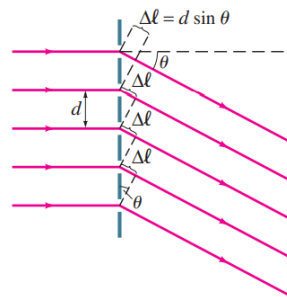
Berdasarkan Gambar 2.11, kriteria untuk mendapatkan maksimum terang adalah $\Delta l = d \sin \theta$,

dengan d adalah jarak antarcelah. Persamaan 2.11 adalah kriteria untuk mendapatkan maksimum terang

$$\sin \theta = \frac{m\lambda}{d} \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (2.11)$$



Gambar 2.10 Fenomena Difraksi Kisi



Gambar 2.11 Kriteria untuk Pola Maksimum Terang

e. Polarisasi

Polarisasi adalah peristiwa perubahan arah bidang getar dari suatu gelombang. Polarisasi hanya berlaku pada gelombang transversal saja karena arah getarnya tegak lurus dengan arah rambatnya. Arah polarisasi pada gelombang elektromagnetik yang terpolarisasi bidang diambil sebagai arah vektor medan listrik $\mathbf{E}$ (Giancoli, 2013). Pada cahaya tak terpolarisasi, vektor medan listrik bergetar ke semua sudut. Jika vektor listrik hanya bergetar pada satu bidang, cahaya dikatakan terpolarisasi bidang.

Polarisasi dapat terjadi akibat penyerapan dan karena pantulan. Polarisasi akibat penyerapan dapat terjadi melalui lembar polaroid. Material polaroid

ditemukan oleh Edwin Land pada tahun 1929. Lembar polaroid terdiri atas molekul-molekul panjang yang rumit yang tersusun sejajar. Polaroid seperti ini berfungsi seperti serangkaian celah sejajar yang memungkinkan satu orientasi polarisasi lewat tanpa berkurang, disebut sebagai sumbu transmisi dari polaroid. Sementara polarisasi yang tegak lurus terhadap sumbu ini hampir terserap sepenuhnya oleh polaroid (Serway & Jewett, 2019). Intensitas cahaya yang diamati pengamat akan tereduksi yang besarnya dapat dihitung dengan Persamaan 2.12.

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (2.12)$$

Dengan,

I_0 = intensitas gelombang datang (Watt/m²)

I = intensitas setelah melewati polarisator (Watt/m²)

θ = sudut antara sumbu polarisator dan bidang polarisasi gelombang datang (derajat)

Cahaya juga dapat terpolarisasi sebagian atau seluruhnya, oleh pantulan. Besarnya polarisasi pada berkas pantulan bergantung pada sudut. Mulai dari tidak terpolarisasi hingga terpolarisasi 100% pada sudut tertentu (sudut polarisasi, θ_p). Sudut ini berkaitan dengan indeks bias kedua materi di tiap sisi bidang batas dengan persamaan seperti Persamaan 2.13 (Giancoli, 2013).

$$\tan \theta_p = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.13)$$

Jika cahaya yang berjalan di udara dipantulkan dari medium dengan indeks bias n , berkas pantulan seluruhnya akan terpolarisasi bidang jika sudut datang θ_p dinyatakan dengan Persamaan 2.14.

$$\tan \theta_p = n \quad (2.14)$$

f. Penerapan Gelombang Cahaya

Cahaya memegang peran penting dalam berbagai aspek kehidupan. Selain berfungsi sebagai sumber penerangan, cahaya juga dimanfaatkan dalam berbagai bidang teknologi. Pemanfaatan teknologi berbasis cahaya dapat ditemukan dalam penggunaan laser pada bidang kesehatan dan industri manufaktur, perangkat fotografi, serta instrumen optik seperti teleskop. Contoh penerapan prinsip gelombang cahaya dalam kehidupan sehari-hari antara lain sebagai berikut:

1) Lensa

Pelapisan lensa menggunakan prinsip interferensi cahaya pada lapisan tipis. Kamera berkualitas baik, mikroskop, dan peralatan optik lainnya bisa terdiri dari enam sampai sepuluh lensa tipis untuk mengurangi pantulan. Ketebalan lapisan ditentukan sedemikian rupa sehingga cahaya (paling tidak satu panjang gelombang) yang terpantul dari permukaan

depan dan belakang lapisan tersebut akan berinterferensi secara destruktif.

2) Kacamata Polaroid

Kacamata polaroid memanfaatkan prinsip polarisasi cahaya. Kacamata hitam polaroid biasa dipakai para nelayan untuk menghilangkan silau pantulan dari permukaan danau atau sungai sehingga dapat melihat ke bawah air dengan lebih jelas. Kebanyakan permukaan di alam terbuka berbentuk horizontal. Kacamata polaroid dibuat dengan sumbu transmisi vertikal untuk menghilangkan komponen horizontal yang terpantul lebih kuat sehingga mengurangi silau.

3) Layar LCD (*Liquid Crystal Display*)

Salah satu aplikasi penting dari prinsip polarisasi yaitu LCD, yang banyak digunakan pada layar ponsel, gadget, monitor komputer, TV, dan peralatan elektronik lainnya. LCD terdiri atas banyak kotak kecil (piksel) atau "*picture element*" (elemen gambar) yang menentukan tampilan gambar berdasarkan terang-gelap dan warnanya. Layar berkualitas baik terdiri dari jutaan piksel. Di belakang piksel terdapat sumber cahaya yang seringkali berupa tabung fluoresen tipis atau lampu LED. Cahaya ini melewati

sub piksel kristal cair, tergantung pada tegangan yang diberikan pada setiap sub piksel.

4) Hamburan Cahaya oleh Atmosfer

Cahaya matahari yang sampai ke bumi akan terpolarisasi oleh molekul-molekul yang ada di atmosfer. Hamburan cahaya oleh atmosfer bumi bergantung pada panjang gelombang λ , yang keadaan sebenarnya berkurang menurut faktor $1/\lambda^4$. Cahaya merah dan jingga dihamburkan lebih sedikit daripada cahaya biru dan ungu, sehingga kita melihat langit tampak berwarna biru. Pada saat matahari terbenam, berkas cahaya matahari melewati panjang atmosfer maksimum sehingga cahaya biru banyak tereliminasi karena hamburan. Itulah mengapa matahari terbenam tampak kemerahan.

5) Spektrometer dan Spektroskopi

Spektrometer atau spektroskop adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang secara akurat menggunakan kisi difraksi atau prisma untuk memisahkan panjang gelombang cahaya yang berbeda. Aplikasi penting dari spektrometer yaitu untuk mengidentifikasi atom atau molekul. Spektroskopi sangat berguna untuk menentukan ada tidaknya jenis-jenis molekul tertentu pada spesimen yang sulit dilakukan dengan analisis kimia. Contohnya

untuk menentukan unsur yang ada pada matahari, DNA biologis, dan materi lainnya.

B. Kajian Pustaka

Kajian pustaka dari penelitian sebelumnya yang mendukung penelitian ini yaitu sebagai berikut.

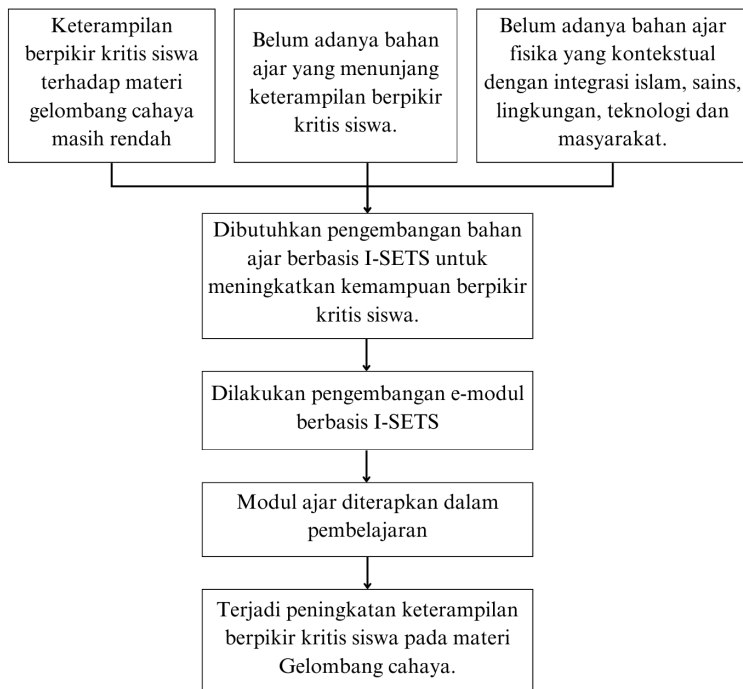
1. Penelitian oleh Cahyanto *et al.* (2022) tentang pengembangan E-modul interaktif berbasis *Articulate Storyline 3* memperoleh hasil bahwa modul tersebut terkategori sangat valid dengan persentase 85,78% dan efektif untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa dengan skor sebesar 68%. Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini terletak pada materi yang digunakan. Penelitian tersebut berfokus pada materi gelombang bunyi, sedangkan penelitian mengambil materi gelombang cahaya.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Putri & Rusmini (2021) tentang pengembangan modul yang menggunakan pendekatan SETS untuk melatih keterampilan berpikir kritis siswa pada materi hidrokarbon dan minyak bumi memperoleh skor validasi rata-rata sebesar 87% yaitu kategori sangat valid dan skor kepraktisan modul sebesar 94% kategori sangat praktis. Nilai N-gain yang diperoleh rata-rata 0,8 dengan kategori tinggi yang menunjukkan bahwa keterampilan berpikir kritis siswa telah meningkat. Perbedaan dengan penelitian ini adalah integrasi SETS dengan nilai-nilai Islam dan materi yang digunakan yaitu gelombang cahaya.

3. Penelitian oleh Nadhifah *et al.* (2024) tentang model pembelajaran PjBL-STEM yang terintegrasi Islam memperoleh hasil bahwa terjadi peningkatan keterampilan berpikir kreatif yang cukup signifikan pada kelas eksperimen sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Uji N gain untuk kelas eksperimen sesudah dan sebelum diberi perlakuan sebesar 58,98% kategori cukup efektif dengan nilai minimal 33% dan maksimal 90%. Nilai efektivitas N gain sebesar 1,15 dimana nilai tersebut >1 yang artinya model pembelajaran PBL dengan pendekatan STEM yang terintegrasi Islam lebih efektif. Penelitian ini berupa pengembangan e-modul dengan pendekatan SETS yang terintegrasi Islam (I-SETS) untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis.
4. Penelitian oleh Ristanto (2024) tentang E-Modul berbasis I-SETS pada materi keanekaragaman hayati mendapatkan hasil bahwa E-modul Edu-Kehati berbasis I-SETS layak untuk digunakan dalam pembelajaran materi keanekaragaman hayati dan berpotensi meningkatkan literasi keanekaragaman hayati siswa. Perbedaan penelitian yaitu materi yang digunakan adalah gelombang cahaya.
5. Penelitian oleh Wahyuni *et al.* (2024) memperoleh hasil bahwa bahan ajar berbasis I-SETS yang dikembangkan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dengan nilai N-Gain rata-rata sebesar 0,56 dengan kategori sedang. Bahan ajar yang dikembangkan yaitu materi fluida statis dan

dinamis dengan subjek siswa kelas XI IPA 4 MAN Jeneponto. Perbedaan dengan penelitian ini yaitu materi yang digunakan adalah gelombang cahaya serta subjek penelitian adalah siswa kelas XI MAN 1 Kota Semarang.

C. Kerangka Berpikir

Berdasarkan latar belakang penelitian, kerangka berpikir pada penelitian Pengembangan e-modul dengan pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA dapat diilustrasikan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Kerangka Berpikir Penelitian

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Desain Pengembangan

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pengembangan atau *Research and Development (R&D)*, yaitu penelitian yang digunakan untuk membuat suatu produk dan menguji efektivitas produk tersebut (Sugiyono, 2017). Richey dan Kelin (2010), dalam Sugiyono (2022), mendefinisikan penelitian perancangan dan pengembangan sebagai kajian sistematis tentang proses perancangan suatu produk, pengembangan/produksi rancangan tersebut, dan evaluasi kinerja produk tersebut. Tujuannya yaitu untuk memperoleh data empiris yang digunakan sebagai dasar pembuatan produk, model, dan instrumen yang dapat digunakan dalam pembelajaran atau non-pembelajaran. Penelitian R&D dilakukan untuk menghasilkan produk sehingga dapat difungsikan dengan baik dan dipertanggungjawabkan. Produk dari penelitian ini yaitu berupa e-modul dengan pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology and Society*) materi gelombang cahaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA.

2. Model Pengembangan

Penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and*

Evaluation). Model penelitian pengembangan umum ini dapat digunakan sebagai pedoman yang cukup baik untuk pengembangan desain pembelajaran, teknisi software, dan media pembelajaran (Dwi Joko *et al.*, 2023).

Model ADDIE memberikan kerangka sistematis dan teruji melalui lima tahap yaitu Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi sehingga pengembangan e-modul dapat dilakukan secara efisien dan tepat guna. Model ADDIE berfokus pada analisis kebutuhan, fleksibilitas desain, implementasi nyata di lapangan, serta evaluasi berkesinambungan, sehingga memastikan produk yang dikembangkan relevan, efektif, dan sesuai dengan tujuan penelitian (Cholily *et al.*, 2024).

B. Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan mengaplikasikan model ADDIE yang terdiri dari lima tahap, yaitu *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Penelitian ini dilakukan hingga tahapan *development* (uji coba skala kecil dan skala besar) untuk mengetahui respon siswa dan efektivitas e-modul dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis.

1. *Analysis* (Analisis)

Analisis sebagai tahap pertama, memiliki fokus utama untuk mengetahui keadaan aktual di bidang terkait dan menentukan atribut yang diperlukan untuk e-modul yang akan dibuat. Analisis dilakukan melalui pelaksanaan pra-riset

untuk mengumpulkan informasi tentang kondisi lapangan dan untuk memastikan bahwa modul yang akan dibuat akan memenuhi kebutuhan belajar siswa (Sugiyono, 2022). Tahap ini melibatkan identifikasi kebutuhan pembelajaran melalui wawancara dengan guru dan angket pra-riset kepada siswa kelas XI di MAN 1 Kota Semarang. Informasi yang dikumpulkan mencakup kesulitan siswa dalam memahami konsep gelombang cahaya, efektivitas bahan ajar yang tersedia, serta kebutuhan integrasi I-SETS dalam pembelajaran fisika.

2. *Design* (Perancangan)

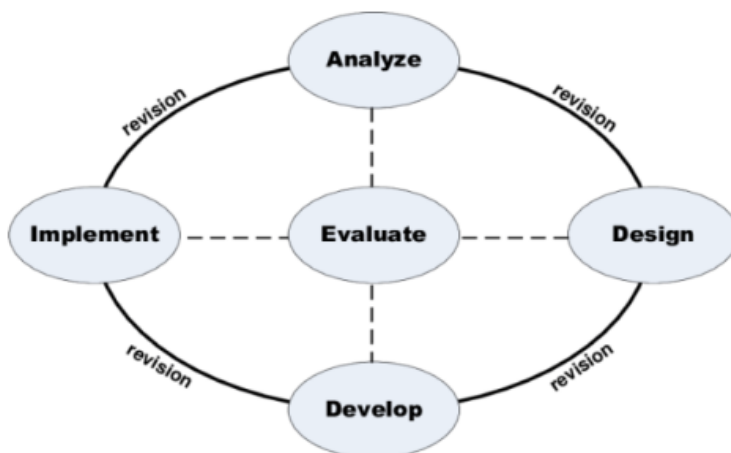
Konsep dan isi produk dirancang terlebih dahulu. Rancangan produk masih konseptual sebagai panduan untuk proses pengembangan di tahap selanjutnya. Proses desain menyusun prototipe e-modul melibatkan pemilihan format penulisan dan format desain (Cholily *et al.*, 2024). E-modul dirancang dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan disajikan. Selain itu, di tahap ini juga dilakukan penyusunan instrumen untuk menguji kelayakan produk melalui penilaian ahli media, ahli materi, dan ahli pembelajaran.

3. *Development* (Pengembangan)

Tahap pengembangan yaitu e-modul yang sudah disusun selanjutnya dilakukan validasi oleh ahli media dan materi, kemudian direvisi hingga layak untuk digunakan. E-modul

yang sudah direvisi kemudian diujicobakan untuk mengetahui respon siswa dan peningkatan keterampilan berpikir kritis.

Berikut tahapan pengembangan dengan pendekatan ADDIE.



Gambar 3.1 Tahapan pengembangan dengan model ADDIE
(Judijanto *et al.*, 2024)

C. Uji Coba Produk

1. Subjek Uji Coba

a. Populasi

Populasi didefinisikan sebagai area generalisasi yang terdiri atas subjek atau objek dengan karakteristik dan kuantitas tertentu yang dipilih oleh peneliti sebagai fokus kajian untuk diambil kesimpulannya (Sugiyono, 2022). Populasi yang dikaji dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI MAN 1 Kota Semarang yang mengikuti mata pelajaran Fisika.

b. Sampel

Sampel merupakan bagian dari populasi yang memiliki kuantitas dan karakteristik tertentu (Sugiyono, 2022). Sampel penelitian ini yaitu kelas XI-8 untuk uji coba skala kecil, kelas XI-7 sebagai kelas eksperimen, dan kelas XI-6 sebagai kelas kontrol.

c. Teknik Sampling

Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling*, yaitu teknik menentukan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2022). Pemilihan sampel dilakukan dengan mempertimbangkan kelas XI yang terdapat mata pelajaran fisika, mempelajari materi gelombang cahaya, dan nilai belajarnya masih relatif rendah.

2. Desain Uji Coba

a. Uji Coba Skala Kecil

Uji coba skala kecil dilakukan untuk mengevaluasi produk yang telah dibuat. Uji coba skala kecil dilakukan pada siswa MAN 1 Kota Semarang yang telah mempelajari materi gelombang cahaya dengan mengisi angket keterbacaan.

b. Uji Coba Skala Besar

Pengujian produk pengembangan e-modul ini dilakukan dengan mengimplementasikan produk dalam

pembelajaran. Uji coba skala besar dilaksanakan untuk mendapatkan hasil peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa setelah penggunaan e-modul dan respon siswa terhadap produk yang dikembangkan. Uji coba skala besar dilaksanakan pada siswa kelas eksperimen.

3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yaitu cara-cara yang dapat dilakukan peneliti dalam mengumpulkan data penelitian (Arikunto, 2019). Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan teknik tes dan kuesioner (angket).

a. Tes

Pre-test dan *post-test* digunakan untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa pada materi gelombang cahaya setelah menggunakan e-modul yang dikembangkan.

b. Angket atau Kuesioner

Angket adalah metode pengumpulan data yang dilakukan dengan menggunakan seperangkat pertanyaan atau pernyataan tertulis untuk dijawab oleh responden (Sugiyono, 2022). Angket yang digunakan dalam penelitian ini yaitu angket validasi media, validasi materi, angket keterbacaan, serta angket respon siswa.

4. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen merupakan alat bantu untuk memudahkan peneliti dalam mengumpulkan data secara sistematis

(Arikunto, 2019). Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa lembar soal (tes) dan lembar angket (kuesioner).

a. Lembar Tes

Instrumen tes dalam penelitian ini yaitu berupa soal tertulis yang telah disusun sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis untuk mengukur efek dari kegiatan pembelajaran yang telah dilaksanakan. Tes dilaksanakan dua kali, yaitu di awal (*pre-test*) untuk mengukur kemampuan awal siswa sebelum diberi perlakuan dan di akhir pembelajaran (*post-test*) untuk mengukur peningkatan kemampuan siswa setelah implementasi e-modul berbasis I-SETS.

b. Lembar Angket

Angket yang akan digunakan pada penelitian ini di antaranya angket validasi materi, angket validasi media, angket validasi instrumen, angket keterbacaan e-modul, dan angket respon siswa terhadap produk yang sudah dikembangkan.

D. Teknik Analisis Data

1. Analisis Instrumen Tes

a. Uji Validitas Isi

Menurut Arikunto (2019), suatu tes dinyatakan valid jika mampu mengukur apa yang hendak diukur. Instrumen tes tersebut dikatakan valid jika hasil ukur yang diperoleh

merepresentasikan secara tepat tentang fakta atau keadaan yang diukur (Sudaryono, 2011). Validasi isi instrumen dilakukan terlebih oleh validator ahli menggunakan angket validasi. Data dari angket validator ini kemudian dianalisis menggunakan validitas Aiken's V sesuai Persamaan 3.2 (Aiken, 1980).

$$V = \frac{\sum S}{n(C-1)} \quad (3.2)$$

Keterangan :

V = Indeks validitas butir soal

S = Selisih skor yang ditentukan oleh masing-masing ahli dengan skor terendah $S = (r - Io)$

Io = skor penilaian terendah

C = skor penilaian tertinggi

r = skor yang diberikan penilai

n = jumlah penilai

Nilai V yang diperoleh kemudian dikonversikan dalam Tabel kriteria. Valid atau tidaknya suatu item didasarkan pada kategori validitas isi dengan kategori seperti Tabel 3.1.

Indeks Validitas	Interpretasi Validitas
$0,8 \leq V \leq 1,0$	Tinggi
$0,6 \leq V < 0,8$	Cukup Tinggi
$0,4 \leq V < 0,6$	Cukup
$V < 0,4$	Buruk

(Aiken, 1980)

Instrumen yang sudah divalidasi oleh ahli kemudian diujicobakan kepada siswa untuk menguji validitas konstruksinya. Hasil uji coba dianalisis menggunakan korelasi *product moment* dengan rumus seperti Persamaan 3.1 (Prasetia, 2022).

$$r_{xy} = \frac{(N.\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\sqrt{[(N.\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2] \cdot [(N.\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2]}} \quad (3.1)$$

Keterangan :

r_{xy} = koefisien korelasi skor butir soal dan skor total

N = banyak responden

ΣXY = jumlah perkalian skor butir soal dengan skor total

ΣX = jumlah skor butir soal

ΣY = jumlah skor total

ΣX^2 = jumlah kuadrat skor butir soal

ΣY^2 = jumlah kuadrat skor total

$(\Sigma X)^2$ = jumlah skor butir soal dikuadratkan

$(\Sigma Y)^2$ = jumlah skor total dikuadratkan

Analisis validitas dilakukan menggunakan *software* SPSS. Kriteria validitas butir soal dapat diinterpretasikan dengan kategori seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kriteria Koefisien Korelasi *Product Moment*

Nilai Koefisien r_{xy}	Kategori
$0,80 \leq r_{xy} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 \leq r_{xy} < 0,80$	Tinggi
$0,40 \leq r_{xy} < 0,60$	Cukup
$0,20 \leq r_{xy} < 0,40$	Rendah
$0,00 \leq r_{xy} < 0,20$	Sangat Rendah

(Son, 2019)

b. Uji Reliabilitas

Suatu instrumen dianggap reliabel jika hasilnya sama saat diujikan pada waktu yang berbeda (Asrul *et al.*, 2015). Konsistensi suatu alat ukur terhadap hasil pengukuran suatu objek dapat diukur menggunakan uji reliabilitas (Sugiyono, 2017). Metode yang digunakan dalam uji reliabilitas adalah rumus *Alpha Cronbach* seperti pada Persamaan 3.5.

$$r = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\Sigma \sigma_b^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (3.5)$$

$$\text{dengan } \sigma^2 = \frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N}$$

Keterangan :

r = koefisien reliabilitas instrumen

k = banyaknya butir soal

σ_t^2 = varian total

$\Sigma \sigma_b^2$ = jumlah varian skor tiap butir soal

N = jumlah responden

Interpretasi hasil r hitung reliabilitas yaitu apabila perhitungan r hitung $>$ r tabel 5%, maka data tersebut dikategorikan reliabel atau dapat dipercaya dan konsisten (Janna & Herianto, 2021).

c. Uji Tingkat Kesukaran

Tingkat kesulitan soal menunjukkan seberapa sulit soal tersebut. Soal dikatakan baik jika level kesukarannya tidak terlalu sukar ataupun terlalu mudah. Uji tingkat

kesukaran butir soal dapat ditentukan menggunakan Persamaan 3.3 (Johari, 2011).

$$\text{Indeks Kesukaran (DI)} = \frac{\text{Skor Rata-Rata}}{\text{Skor Maksimum}} \quad (3.3)$$

Kategori indeks kesukaran dapat diinterpretasikan berdasarkan kategori pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kategori Indeks Kesukaran Soal	
Proporsi	Kategori
$0,00 \leq DI < 0,30$	Sukar
$0,30 \leq DI < 0,80$	Sedang
$0,80 \leq DI \leq 1,00$	Mudah

(Johari, 2011)

d. Uji Daya Beda

Daya beda adalah ukuran yang digunakan untuk membandingkan siswa yang telah menguasai kemampuan tertentu yang ditunjukkan dalam indeks diskriminasi (D). Semakin tinggi daya pembeda butir soal, maka akan semakin dapat membandingkan kemampuan siswa. Indeks diskriminasi butir soal uraian dapat dihitung dengan perbandingan antara selisih rata-rata kelompok atas dan rata-rata kelompok bawah dengan skor maksimal tiap butir soal (Boopathiraj & Chellamani, 2013) atau seperti Persamaan 3.4.

$$D = \frac{\text{mean kelompok atas} - \text{mean kelompok bawah}}{\text{Skor maksimum}} \quad (3.4)$$

Kriteria interpretasi daya beda yaitu seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kategori Daya Beda Soal

Indeks Diskriminasi	Interpretasi
$0,70 \leq D \leq 1,00$	Baik Sekali
$0,40 \leq D < 0,70$	Baik
$0,20 \leq D < 0,40$	Cukup
$0,00 \leq D < 0,20$	Lemah
Negatif (-)	Tidak ada daya pembeda

(Son, 2019)

2. Analisis Data Validasi Ahli

Kelayakan produk diuji melalui validasi ahli, dengan aspek penilaian mencakup kelayakan materi dan media. Penilaian dilakukan menggunakan lembar angket yang dirancang untuk menilai validitas produk yang telah dikembangkan (Rachmawati & Kurniawati, 2020). Hasil penilaian oleh validator ahli akan diukur menggunakan skala Likert dengan kriteria seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Skala *Likert*

Kriteria	Skor
Sangat Tidak Setuju	1
Tidak Setuju	2
Setuju	3
Sangat Setuju	4

(Sugiyono, 2017)

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis dengan tahapan berikut:

- Nilai rata-rata dari setiap indikator pada aspek yang dinilai dihitung menggunakan Persamaan 3.6.

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3.6)$$

- b. Hasil nilai rerata dari setiap aspek ditentukan persentasenya menggunakan Persamaan 3.7.

$$P(\%) = \frac{\text{jumlah skor penilaian}}{\text{jumlah skor maksimal}} \times 100\% \quad (3.7)$$

Hasil persentase uji kelayakan produk kemudian diinterpretasikan dengan kriteria validitas pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Interpretasi Data Validitas Produk	
Persentase (%)	Kriteria
$80 < X \leq 100$	Sangat Layak
$60 < X \leq 80$	Layak
$40 < X \leq 60$	Cukup Layak
$20 < X \leq 40$	Kurang Layak
$X \leq 20$	Tidak Layak

(Aditya *et al.*, 2019)

3. Analisis Uji Keterbacaan

Data uji keterbacaan e-modul diperoleh dari lembar angket. Hasil angket kemudian dianalisis menggunakan skala likert sesuai pada Tabel 3.4 dan dihitung persentasenya menggunakan Persamaan 3.7. Hasil persentase yang diperoleh ditafsirkan dalam bentuk kriteria analisis acuan yang dapat ditinjau pada Tabel 3.8.

Tabel 3.7 Kriteria Uji Keterbacaan	
Persentase Skor (%)	Kriteria
$75 < X \leq 100$	Terbaca
$50 < X \leq 75$	Cukup Terbaca
$25 < X \leq 50$	Kurang Terbaca
$X \leq 25$	Tidak Terbaca

(Aditya *et al.*, 2019)

4. Analisis Angket Respons Siswa

Angket respons siswa dibuat untuk menilai kepraktisan modul dan mengumpulkan umpan balik yang akan meningkatkan kualitasnya. Kepraktisan merujuk pada sejauh mana modul disukai atau tidak oleh penggunaanya dalam kondisi normal (Utami, 2024). Data dari angket respons dikonversikan menjadi data kuantitatif dan disesuaikan dengan skala likert yang dapat dilihat pada Tabel 3.4. Skor yang paling tinggi adalah 4 dan paling rendah adalah 1 (Sugiyono, 2017). Skor perhitungan angket yang dihasilkan berupa persentase (Sugiyono, 2017) kemudian dihitung menggunakan Persamaan 3.8.

$$P = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (3.8)$$

Keterangan :

P = nilai akhir

A = jumlah siswa yang menjawab pilihan (setuju/tidak setuju)

B = jumlah siswa

Hasil perhitungan skor persentase kemudian disesuaikan dengan kategori sesuai Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Kategori Hasil Angket	
Persentase Skor (%)	Kriteria
$80 < X \leq 100$	Sangat Baik
$60 < X \leq 80$	Baik
$40 < X \leq 60$	Cukup Baik
$25 \leq X \leq 40$	Kurang Baik

(Putri *et al.*, 2023)

5. Analisis Data Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis

Analisis hasil belajar dilakukan untuk mengevaluasi peningkatan hasil belajar setelah implementasi produk yang dikembangkan. Analisis peningkatan kemampuan berpikir kritis dapat ditentukan dengan menggunakan uji sebagai berikut:

a. Uji Homogenitas

Uji homogenitas digunakan untuk mengetahui varian data sampel yang akan diambil dari populasi homogen atau tidak. Uji homogenitas dapat diketahui dengan uji F pada persamaan 3.10.

$$F = \frac{\text{varian terbesar}}{\text{varian terkecil}} \quad (3.10)$$

Apabila diperoleh nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka data tersebut bersifat homogen dengan taraf signifikan 5%, *dk* pembilang $n-1$ dan *dk* penyebut $n-1$ (Sugiyono, 2022).

b. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk menguji bahwa data yang akan diteliti sudah berdistribusi normal (Sugiyono, 2014). Pengujian normalitas pada penelitian ini menggunakan Chi Kuadrat (χ^2) dengan rumus pada Persamaan 3.9.

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_o - f_h)^2}{f_h} \quad (3.9)$$

Keterangan :

χ^2 = Chi Kuadrat

f_o = frekuensi yang diobservasi

f_o = frekuensi yang diharapkan

Apabila nilai $(\chi_{hitung}^2) \leq (\chi_{tabel}^2)$ maka distribusi data dinyatakan normal dengan ketentuan taraf kesalahan 5% dan $dk = n - 1$ (Sugiyono, 2014).

c. Uji *Wilcoxon Match Pairs*

Uji *Wilcoxon Match Pair* adalah uji non parametris untuk menganalisis signifikansi perbedaan antara dua data berkorelasi namun tidak berdistribusi secara normal (Sugiyono, 2014). Apabila nilai Z_{hitung} (2,02) lebih besar daripada nilai Z_{tabel} (1,96), maka media yang dikembangkan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan yang diukur.

d. Analisis Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis

Hasil *pre-test* dan *post-test* dianalisis untuk mengukur perubahan relatif dalam pemahaman siswa sebelum dan setelah mengikuti suatu pembelajaran menggunakan modul (Indratno *et al.*, 2024). Metode ini membandingkan skor *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur sejauh mana pembelajaran meningkatkan pemahaman siswa (Fasna *et al.*, 2024).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengembangan Produk Awal

Produk hasil akhir pada penelitian dan pengembangan yang dilakukan adalah e-modul fisika dengan pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) materi gelombang cahaya untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. E-modul disusun berdasarkan pendekatan I-SETS yang berorientasi pada pengembangan keterampilan berpikir kritis siswa. Perangkat yang digunakan untuk menyusun e-modul adalah *canva* dan ditransformasikan ke dalam *heyzine flip book*.

Pengembangan e-modul ini menerapkan prosedur pengembangan model ADDIE (*analysis, design, development, implementation, and evaluation*). Prosedur penelitian dan pengembangan model ADDIE yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. *Analysis*

Tahapan analisis dilakukan sebagai tahap awal pengembangan produk. Analisis yang dilakukan pada tahap ini yaitu untuk menganalisis kebutuhan dan materi.

a. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan dengan wawancara guru fisika MAN 1 Kota Semarang mengenai bahan ajar yang telah digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Hasil wawancara menyatakan bahwa bahan ajar yang digunakan

pada kegiatan pembelajaran hanya berupa LKS dan mengandalkan materi dari guru. Hal tersebut masih kurang memfasilitasi siswa untuk mengembangkan pemahamannya.

Hasil wawancara juga menyatakan kurangnya pemahaman siswa terhadap aspek kontekstual dari materi fisika. Siswa masih kesulitan menerapkan keterampilan dasar fisika, mendeduksi, mengidentifikasi asumsi, dan mengatur strategi dalam penyelesaian masalah fisika. Konten islami, sains, teknologi, lingkungan dan masyarakat (I-SETS) hanya disampaikan secara lisan oleh guru dalam pembelajaran, namun belum terintegrasi dalam bahan ajar, sehingga peneliti berinisiatif mengembangkan e-modul fisika berbasis I-SETS untuk mengatasi kesenjangan tersebut.

b. Analisis Materi

Analisis materi dilaksanakan dengan wawancara guru fisika MAN 1 Kota Semarang dan angket pra-riset siswa. Wawancara guru menyebutkan bahwa hampir semua materi fisika dianggap sulit oleh siswa, terutama terkait penggunaan rumus dalam penghitungan. Hasil angket pra riset siswa mengkonfirmasi materi gelombang cahaya sebagai materi tersulit karena sifatnya yang abstrak dan banyaknya rumus sehingga penelitian ini mengambil materi gelombang cahaya.

2. *Design*

Tahap kedua dalam pengembangan dengan model ADDIE adalah tahap desain. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

a. Menyusun kerangka e-modul

Kerangka e-modul disusun sebagai rancangan awal dan pedoman penyusunan e-modul yang akan dikembangkan berdasarkan analisis kebutuhan dan materi. Rancangan kerangka e-modul yang disusun yaitu sebagai berikut.

- 1) Cover e-modul
- 2) Kata pengantar
- 3) Daftar isi
- 4) Pendahuluan
- 5) Peta konsep
- 6) Capaian pembelajaran
- 7) Uraian materi (mencakup aspek sains, islami, dan lingkungan)
- 8) Konten “Tahukah Kamu” (memuat aspek islami, sains, teknologi, dan lingkungan)
- 9) Konten “Ayo berpikir kritis” (memuat aspek teknologi, lingkungan, dan masyarakat)
- 10) Aktivitas percobaan (memuat aspek teknologi)
- 11) Konten “Ayo berdiskusi” (memuat aspek teknologi, lingkungan, dan masyarakat)
- 12) Rangkuman
- 13) Lembar refleksi

- 14) Tes Formatif
- 15) Glossarium
- 16) Kunci Jawaban
- 17) Daftar pustaka
- 18) Biodata penulis

b. Menyusun rancangan instrumen

Rancangan instrumen yang disusun terdiri dari instrumen tes dan angket. Instrumen tes yang digunakan yaitu berupa soal uraian untuk pre-test dan post-test. Angket yang digunakan dalam penelitian ini adalah angket kelayakan, angket keterbacaan, angket respons siswa, dan angket validasi instrumen soal.

c. Menyusun komponen e-modul

Komponen e-modul dirancang sesuai dengan kerangka yang telah disusun. E-modul dikembangkan dengan menambahkan aspek islami, sains, teknologi, lingkungan dan masyarakat dalam kontennya.

3. *Development*

Tahap pengembangan dilakukan dengan menyusun komponen E-modul dengan pendekatan I-SETS yaitu mencakup unsur islami, sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat. Langkah-langkah penyusunan e-modul menggunakan *software canva* kemudian dikonversi menjadi e-modul interaktif menggunakan *heyzine flipbook*. Berikut hasil pengembangan produk yang telah disusun :

a. Sampul E-modul

Sampul depan e-modul memuat judul e-modul, nama penulis, nama pembimbing, keterangan kelas dan semester, logo kurikulum merdeka, serta elemen pendukung lainnya. Sampul depan e-modul dapat ditinjau pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Sampul depan E-modul

b. Kata Pengantar

Kata pengantar menjelaskan ungkapan rasa syukur kepada Allah dan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah ikut berperan dalam penyusunan e-modul fisika dengan pendekatan I-SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA. Penulis juga terbuka terhadap adanya kritik dan saran yang konstruktif dari pengguna agar e-modul dapat dikembangkan dengan lebih baik. Kata pengantar dapat ditinjau pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kata Pengantar E-modul

c. Daftar Isi

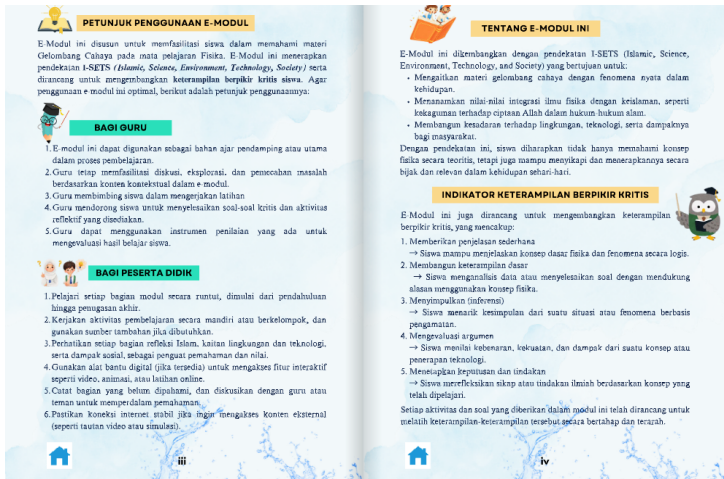
Daftar isi berisi urutan konten pada e-modul dan nomor halaman. Daftar isi e-modul ini yaitu pada Gambar 4.3.

DAFTAR ISI	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	iii
TENTANG E-MODUL	iv
PETA KONSEP	v
CAPAIAN PEMBELAJARAN	vi
URAIAN MATERI	1
MATERI 1 : PEMBIASAN.....	2
MATERI 2 : DISPERSI.....	6
MATERI 3 : INTERFERENSI.....	7
MATERI 4 : DIFRAKSI.....	11
MATERI 5 : POLARISASI.....	16
MATERI 6 : APLIKASI GELOMBANG CAHAYA.....	21
AYO BERPIKIR KRITIS	24
AKTIVITAS SERU : PERCOBAAN	25
AYO BERDISKUSI	26
RANGKUMAN	27
REFLEKSI DIRI	28
AYO BERLATIH	29
GLOSSARIUM	30
KUNCI JAWABAN	31
REFERENSI	34
PROFIL PENULIS	35

Gambar 4.3 Daftar Isi

d. Pendahuluan

Pendahuluan pada e-modul berupa penjelasan tentang e-modul, petunjuk penggunaan e-modul, dan indikator keterampilan berpikir kritis. Pendahuluan e-modul dapat ditinjau pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pendahuluan

e. Peta Konsep

Peta konsep e-modul menunjukkan urutan materi yang disajikan dalam e-modul. E-modul ini menyajikan materi gelombang cahaya yang meliputi pembiasan, dispersi, interferensi, difraksi dan polarisasi cahaya, serta penerapannya dalam teknologi. Peta konsep e-modul ini dapat yaitu pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Peta Konsep

f. Uraian Materi

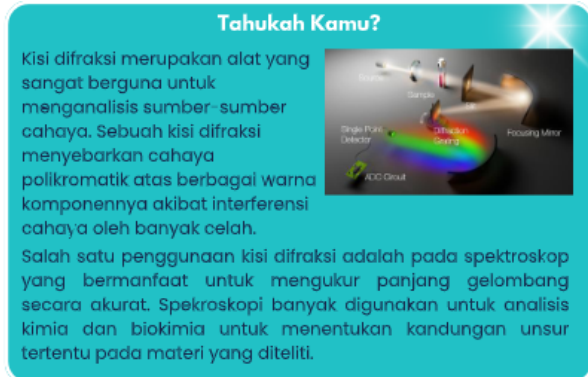
Uraian materi berisi konsep-konsep gelombang cahaya yang disajikan dengan ilustrasi gambar dan video. Contoh bagian uraian materi e-modul ini yaitu pada gambar 4.6.

- 1) Unsur Islami pada e-modul ini berupa keterkaitan fenomena cahaya dengan ayat al-Qur'an.
- 2) Konten sains disajikan dalam bentuk materi gelombang cahaya.



Gambar 4.6 Materi

3) Konten “Tahukah Kamu” (memuat aspek sains, teknologi, dan lingkungan)



Gambar 4.7 Konten “Tahukah Kamu?”

4) Konten “Ayo berpikir kritis” (memuat aspek teknologi, lingkungan, dan masyarakat)


Ayo Berpikir Kritis

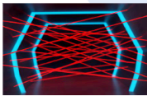

(Keterampilan Berpikir kritis: Mendeskripsi dan mempertimbangkan hasil deduksi, Mengidentifikasi asumsi.)

Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik, biasanya berupa cahaya yang menghasilkan sinar dengan panjang gelombang yang sangat spesifik dan koheren. Laser memancarkan cahaya yang seragam (monokromatis) dengan sangat fokus dan searah. Teknologi ini bekerja berdasarkan prinsip fisika kuantum dan sifat gelombang cahaya.

Pemanfaatan teknologi laser sudah sangat luas, baik dari segi industri, medis, keamanan, otomotif, telekomunikasi, bahkan kecantikan. Penggunaan teknologi laser membuat berbagai pekerjaan menjadi lebih efisien dan akurat. Namun, penggunaan laser juga perlu memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan dan keselamatan manusia. Misalnya, paparan sinar laser berkekuatan tinggi dapat berbahaya bagi penglihatan. Dalam Islam, penggunaan ilmu dan teknologi seperti laser harus dilakukan untuk kemaslahatan umat dan tidak menimbulkan mudarat.

Coba evaluasi :

1. Bagaimana sifat cahaya laser berbeda dengan cahaya biasa, dan apa hubungannya dengan konsep gelombang cahaya yang sudah kamu pelajari?
2. Menurutmu, apa manfaat dan potensi risiko penggunaan laser dalam kehidupan sehari-hari?



Gambar 4.8 Konten “Ayo Berpikir Kritis”

5) Aktivitas percobaan (memuat aspek teknologi)


Aktivitas Seru: Percobaan Difraksi Cahaya


(Keterampilan Berpikir kritis: Mengobservasi dan mempertimbangkan hasil observasi, Mendeskripsi dan mempertimbangkan hasil deduksi.)

Tujuan:
Mengamati pola difraksi cahaya saat melewati celah sempit dengan simulasi PHET.

Langkah-langkah:

- Buka website phet: https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_all.html lalu pilih bagian **diffraction**, gunakan pola satu lingkaran.
- Tentukan panjang gelombang yang akan digunakan : 380 nm, 480 nm, 580 nm, 680 nm, dan 780 nm.
- Klik tombol pada laser agar sinar dapat memancar
- Amati perubahan pada pola yang muncul.
- Selanjutnya pilih satu panjang gelombang untuk kalian tetapkan. Ubah bagian diameter mulai dari 0,04 hingga 0,40. Amati juga perubahan pola yang terjadi.

Pertanyaan :

1. Bagaimana pengaruh panjang gelombang cahaya yang digunakan terhadap pola difraksi celah lingkaran yang terjadi? Jelaskan berdasarkan hasil pengamatan yang kamu peroleh.
2. Bagaimana hubungan antara pola difraksi celah lingkaran dengan diameter celah lingkaran yang digunakan? Jelaskan berdasarkan hasil pengamatan yang kamu peroleh.
3. Carilah contoh penerapan konsep difraksi celah ini dalam teknologi dan lingkungan sehari-hari!



Gambar 4.9 Aktivitas Percobaan

6) Konten “Ayo berdiskusi” (memuat aspek teknologi, lingkungan, dan masyarakat)

Ayo Berdiskusi

Cahaya memiliki banyak manfaat bagi manusia, tetapi juga ada dampak negatif dari pemanfaatan energi cahaya yang berlebihan.

Coba buatlah analisis tentang manfaat cahaya yang sudah kamu rasakan serta carilah dampak negatif yang ditimbulkan. Kemudian, apa yang bisa kamu lakukan untuk mengatasi dampak negatif tersebut? Tuliskan dalam bentuk tabel di buku tugasmu!

Manfaat Cahaya	Dampak Negatif	Solusi

Gambar 4.10 Ayo Berdiskusi

g. Rangkuman

Rangkuman berisi ringkasan singkat dari materi yang disajikan dalam e-modul. Rangkuman e-modul ini dapat ditinjau pada Gambar 4.11.

Rangkuman

- Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat mengalami berbagai fenomena ketika merambat melalui media berbeda.
- Pembiasan adalah perubahan arah rambat cahaya ketika melewati batas dua medium yang berbeda kerapatan optiknya.
- Hukum Snell menjelaskan hubungan sudut datang dan sudut bias berdasarkan perbandingan indeks bias dua medium.
- Dispersi cahaya adalah pemisahan cahaya putih menjadi warna-warna spektrum karena perbedaan indeks bias setiap warna.
- Interferensi cahaya terjadi saat dua gelombang cahaya bertemu dan menghasilkan pola penguatan (terang) dan pelemahan (gelap).
- Difraksi cahaya adalah pelenturan gelombang cahaya saat melewati celah sempit atau ujung penghalang, menghasilkan pola gelap-terang.
- Polarisasi cahaya adalah peristiwa penyaringan arah getar gelombang cahaya sehingga hanya satu arah tertentu yang diteruskan.
- Cahaya terpolarisasi dapat terjadi akibat pantulan, pembiasan, atau melalui alat polarisator seperti kacamata polarisasi.
- Indeks bias suatu bahan adalah ukuran seberapa besar cahaya diperlambat saat melewati bahan tersebut dibandingkan di ruang hampa.
- Fenomena gelombang cahaya banyak dimanfaatkan dalam teknologi, seperti serat optik, lensa, instrumen optik, hingga teknologi laser.

Gambar 4.11 Rangkuman

h. Lembar Refleksi

Lembar refleksi disusun untuk menjadi refleksi siswa terhadap pembelajaran yang dilakukan, apa yang belum dipahami dan sudah dipahami oleh siswa. Lembar refleksi dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Refleksi Diri

1. Apa yang telah Anda pahami dari materi ini?
Jawab:
2. Apa saja tantangan atau kesulitan yang Anda hadapi?
Jawab:
3. Bagaimana cara Anda mengatasi tantangan tersebut?
Jawab:
4. Apa yang bisa dilakukan agar pembelajaran berikutnya lebih efektif?
Jawab:
5. Apa saja materi yang masih kurang dipahami?
Jawab:
6. Apa yang akan Anda lakukan untuk meningkatkan pemahaman Anda pada materi ini?
Jawab:

Gambar 4.12 Lembar Refleksi

i. Tes Formatif

Tes formatif digunakan untuk mengevaluasi tingkat pemahaman siswa setelah mempelajari materi pada e-modul. Tes formatif dapat ditinjau pada Gambar 4.13.



Ayo Berlatih!

Kerjakan soal-soal berikut ini di buku latihan Anda!

1. Saat menjelang adzan maghrib, biasanya mushola mengumandangkan tarhim. Jika kita berada di luar ruangan, kita akan melihat warna langit menjelang matahari terbenam yang tampak berwarna merah jingga. Padahal, saat siang hari warna langit tampak biru. Menurutmu, mengapa warna langit berubah merah jingga saat matahari terbenam? Fenomena apa yang menyebabkan warna langit tampak berbeda dibandingkan saat siang hari? Jelaskan menurut pemahamanmu sendiri.
2. Sebuah pensil tampak bengkok saat dimasukkan ke dalam gelas bening berisi air dengan sudut tertentu. Jika diketahui sudut datangnya dari udara ke air adalah 36° , berapakah sudut biasnya? (Indeks bias udara = 1,00 dan indeks bias air = 1,33)
3. Celah tunggal selebar 0,25 mm disinari berkas cahaya sejajar dengan $\lambda = 680 \text{ nm}$. Pola difraksi yang terjadi ditangkap oleh layar pada jarak 50 cm dari celah. Hitunglah jarak pita terang pertama ke terang pusat!
4. Spektrum warna untuk cahaya tampak memiliki panjang gelombang antara 380 nm pada ujung ungu dan 750 nm pada ujung merah.
 - a. Berapakah frekuensi kedua ujung spektrum ini di ruang hampa?
 - b. Ketika cahaya melewati kaca, kecepatannya berkurang menjadi $v = \frac{c}{n}$, dengan n adalah indeks bias bahan medium. Jika indeks bias suatu kaca $n = 1,5$, berapakah perkiraan kecepatan cahaya saat melewati kaca?

Gambar 4.13 Tes Formatif

j. Kunci Jawaban dan Pembahasan

Kunci jawaban pada e-modul dibuat agar siswa dapat melakukan evaluasi secara mandiri untuk mengetahui sejauh mana kemampuannya dan memahami jawaban yang benar. Kunci jawaban pada e-modul dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Kunci Jawaban dan Pembahasan

1. Warna langit yang berubah menjadi merah jingga saat matahari terbenam disebabkan oleh fenomena hamburan cahaya. Khususnya hamburan Rayleigh. Cahaya matahari terdiri dari berbagai warna, masing-masing dengan panjang gelombang yang berbeda. Cahaya biru dan hijau memiliki panjang gelombang lebih pendek dan mudah tersebar oleh partikel kecil di atmosfer. Saat matahari terbenam, cahaya harus menembus lapisan atmosfer yang lebih tebal. Cahaya biru dan hijau tersebar jauh sebelum mencapai mata kita, sementara cahaya merah dan jingga tetap melewati atmosfer dan mencapai mata kita.
2. Diketahui:
 $\theta_i = 36^\circ$
 $n_u = 1,00$
 $n_a = 1,33$
 Jawab :
 $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$
 $1, \sin (36) = 1,33. \sin \theta_r$
 $0,6 = 1,33. \sin \theta_r$
 $\sin \theta_r = \frac{0,6}{1,33} = 0,45$
 $\arcsin (0,45) = 27^\circ$
 Jadi, besarnya sudut bias yang terjadi adalah 27° .
3. Diketahui:
 $d = 0,25 \text{ mm} = 0,25 \times 10^{-3} \text{ m}$
 $\lambda = 680 \text{ nm} = 680 \times 10^{-9} \text{ m}$
 $l = 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}$
 Ditanya : $y = ?$

Gambar 4.14 Kunci Jawaban dan Pembahasan

k. Daftar Pustaka

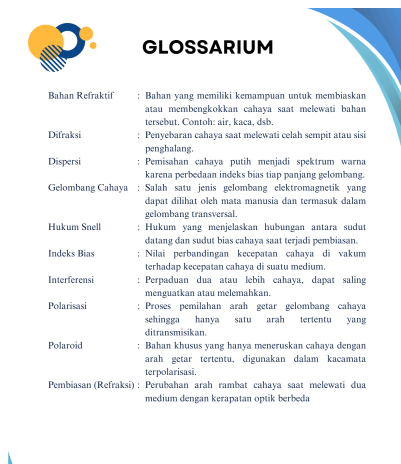
Daftar pustaka berisi referensi yang digunakan dalam penyusunan e-modul ini. Daftar pustaka dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Daftar Pustaka

l. Glosarium

Glosarium mencakup istilah-istilah dalam e-modul yang memerlukan penjelasan. Glosarium e-modul ini dapat ditinjau pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Glosarium

m. Biodata Penulis

Biodata penulis berisi profil singkat dan identitas penulis e-modul. Biodata penulis dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Biodata Penulis

B. Revisi Produk

E-modul fisika dengan pendekatan I-SETS yang sudah divalidasi kemudian direvisi berdasarkan saran dari validator ahli. Revisi produk dilakukan agar produk yang dikembangkan layak untuk digunakan di lapangan.

1. Revisi Aspek Materi

- a. Bagian penerapan gelombang cahaya dalam teknologi, disarankan untuk ditambahi contoh-contoh pemanfaatan pada teknologi terbaru dan sosial.

Materi 6 Aplikasi Gelombang Cahaya

Alah SWT menciptakan cahaya yang memiliki banyak manfaat untuk manusia. Banyak teknologi telah dikembangkan dengan menggunakan sifat-sifat gelombang cahaya dan dapat digunakan dalam berbagai bidang seperti kesehatan, ilmu pengetahuan, manufaktur, dan sebagainya. Berikut contoh-contoh aplikasi dari konsep gelombang cahaya yang telah kita pelajari.

1. Pelapisan Lensa

Pelapisan lensa menggunakan prinsip interferensi cahaya pada lapisan tipis. Untuk mengurangi pantulan, kamera, mikroskop, dan peralatan optik lainnya dapat terdiri dari enam hingga sepuluh lensa tipis. Ketebalan lapisan dibuat sedemikian rupa sehingga cahaya (poling tidak satu panjang gelombang) yang terpantul dari permukaan depan dan belakang lapisan akan berinterferensi secara destruktif.



2. Sunglasses

Kacamata hitam (sunglass) yang biasa kita gunakan untuk mengurangi silau matahari menggunakan prinsip polarisasi. Kebanyakan permukaan di alam terbuka berbentuk horizontal. Kacamata polaroid dibuat dengan sumbu transmisi vertikal untuk menghilangkan komponen horizontal yang terpantul lebih kuat sehingga mengurangi silau.



3. Spektroskopi



Spektrometer atau spektroskop adalah alat yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang secara akurat menggunakan kisi difraksi atau prisma untuk memisahkan panjang gelombang cahaya yang berbeda.

Aplikasi penting dari spektrometer yaitu untuk mengidentifikasi atom atau molekul. Spektroskopi sangat berguna untuk menentukan ada tidaknya jenis-jenis molekul tertentu pada spesimen yang sulit dilakukan dengan analisis kimia. Contohnya untuk menentukan unsur yang ada pada matahari, DNA biologis, dan materi lainnya.

4. Layar LCD (Liquid Crystal Display)

Salah satu penerapan polarisasi adalah pada layar LCD, yang digunakan dalam telepon seluler, monitor, TV, dan perangkat elektronik lainnya. LCD terdiri dari jutaan piksel kecil, dan gambar yang ditampilkan bergantung pada warna serta terang-gelap piksel tersebut. Di belakang layar, terdapat sumber cahaya (seperti lampu LED) yang cahayanya melewati kristal cair. Kristal cair ini mengatur polarisasi cahaya berdasarkan voltase yang diterima, sehingga membentuk gambar yang dapat kita lihat.



Sebelum Revisi

5. Inovasi dalam Teknologi Terkini

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi yang mengaplikasikan konsep gelombang cahaya mengalami perkembangan signifikan dengan berbagai inovasi baru di bidang komunikasi, kesehatan, industri, hingga arsitektur. Di antaranya :

- **Li-Fi (Light Fidelity):** Teknologi ini menggunakan cahaya tampak untuk mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi. Ini menjadi alternatif yang lebih aman dan cepat daripada Wi-Fi, terutama di lingkungan seperti pabrik dan rumah sakit.
- **Kacamata AR untuk Aksesibilitas:** Membantu individu dengan gangguan penglihatan atau disabilitas lain dengan menyediakan informasi visual tambahan secara real-time.
- **Layar Mini-LED dan OLED:** Menawarkan kualitas visual tinggi dan efisiensi energi yang semakin baik pada perangkat digital seperti TV, laptop, dan ponsel.
- **Fiber Optik** digunakan untuk mentransmisikan sinyal cahaya dengan kecepatan tinggi, terutama dalam industri telekomunikasi, jaringan internet, dan kesehatan. Fiber optik juga digunakan untuk transmisi data, pemantauan industri, dan di bidang kesehatan, seperti pencitraan optik dan endoskopi, serta pemantauan kesehatan dari jarak jauh.
- **LASER (Light Amplification Stimulated Emission and Radiation):** digunakan untuk berbagai fungsi seperti pematangan, pengelasan, pengukiran, dan pembedahan. Dalam tindakan medis, yaitu memotong, membakar, atau menghancurkan jaringan tertentu, seperti batu ginjal, batu empedu, atau tumor. Teknologi laser juga digunakan dalam pemindai kode batang, printer, dan drive disk optik.
- **Sensor dan detektor:** Sensor ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti deteksi gerakan, pemantauan lingkungan, dan otomatisasi industri. Sensor optik mendeteksi dan mengukur intensitas cahaya, panjang gelombang, atau fase untuk mengumpulkan informasi tentang lingkungan. Sensor ini digunakan dalam berbagai industri seperti teknologi otomatis, kedirgantaraan, pemantauan lingkungan, dan otomatisasi industri.

Dan masih banyak lagi teknologi berbasis cahaya yang dapat kamu eksplorasi.



Sesudah Revisi

Gambar 4.18 Revisi Penambahan Penerapan Teknologi Terbaru

- b. Perbaiki kalimat pada e-modul yang kurang lengkap karena kurang keterangan angka.

Indeks bias

Kecepatan cahaya di ruang hampa udara adalah $c = 3 \times 10^8$ m/s. Di udara, kecepatannya menjadi sedikit lebih rendah. Pada bahan transparan lainnya, seperti kaca dan air, kecepatannya selalu lebih rendah daripada di ruang hampa udara. Contohnya, di dalam air, cahaya merambat dengan kecepatan sekitar . Rasio kecepatan cahaya dalam ruang hampa udara terhadap kecepatan dalam bahan tertentu disebut indeks bias bahan (n):

Sebelum Revisi

Indeks bias

Kecepatan cahaya di ruang hampa udara adalah $c = 3 \times 10^8$ m/s. Di udara, kecepatannya menjadi sedikit lebih rendah. Pada bahan transparan lainnya, seperti kaca dan air, kecepatannya selalu lebih rendah daripada di ruang hampa udara. Contohnya, di dalam air, cahaya merambat dengan kecepatan sekitar $\frac{3}{4}c$. Rasio kecepatan cahaya dalam ruang hampa udara terhadap kecepatan dalam bahan tertentu disebut indeks bias bahan (n):

Sesudah Revisi

Gambar 4.19 Revisi Kelengkapan Kalimat

2. Revisi Aspek Media

- a. Tata letak tulisan pada beberapa bagian yang kurang rapi.

1. Memberikan penjelasan sederhana
Siswa mampu menjelaskan konsep dasar fisika dan fenomena secara logis.
2. Membangun keterampilan dasar
Siswa menganalisis data atau menyelesaikan soal dengan mendukung alasan menggunakan konsep fisika.
3. Menyimpulkan (inferensi)
Siswa menarik kesimpulan dari suatu situasi atau fenomena berbasis pengamatan.
4. Mengevaluasi argumen
Siswa menilai kebenaran, kekuatan, dan dampak dari suatu konsep atau penerapan teknologi.
5. Menetapkan keputusan dan tindakan
Siswa merefleksikan sikap atau tindakan ilmiah berdasarkan konsep yang telah dipelajari.

Sebelum Revisi

1. Memberikan penjelasan sederhana
→ Siswa mampu menjelaskan konsep dasar fisika dan fenomena secara logis.
2. Membangun keterampilan dasar
→ Siswa menganalisis data atau menyelesaikan soal dengan mendukung alasan menggunakan konsep fisika.
3. Menyimpulkan (inferensi)
→ Siswa menarik kesimpulan dari suatu situasi atau fenomena berbasis pengamatan.
4. Mengevaluasi argumen
→ Siswa menilai kebenaran, kekuatan, dan dampak dari suatu konsep atau penerapan teknologi.
5. Menetapkan keputusan dan tindakan
→ Siswa merefleksikan sikap atau tindakan ilmiah berdasarkan konsep yang telah dipelajari.

Setelah Revisi

Gambar 4.20 Revisi Kerapian Tata Letak

b. Nomor halaman pada bagian awal belum ada.



Sebelum revisi



Setelah revisi

Gambar 4.21 Revisi Penomoran Halaman

C. Hasil Uji Coba Produk

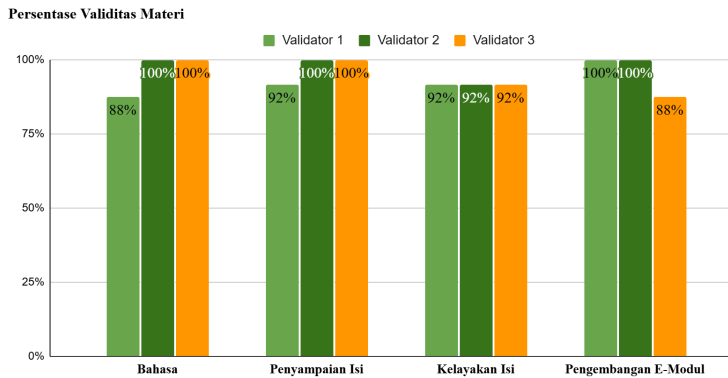
Produk yang divalidasi terlebih dahulu sebelum diujicobakan. Validasi produk dilakukan oleh dua Dosen Fisika UIN Walisongo dan satu Guru Mata Pelajaran Fisika. Uji coba produk yang dilakukan yaitu uji coba skala kecil dan skala besar.

1. Validasi Produk

Validator produk dari ahli materi dan ahli media dilakukan oleh Bapak Irman Said Prastyo, M.Sc. dan Bapak Joko Budi Poernomo, M. Pd. selaku Dosen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo serta Bu Elya Nur Chasanah, M. Pd. selaku Guru Fisika MAN 1 Kota Semarang.

a. Validasi Aspek Materi

Validasi aspek materi dilakukan untuk mengetahui kelayakan materi dalam e-modul menggunakan angket validasi. Hasil validasi ahli materi terhadap pengembangan e-modul dengan Pendekatan I-SETS Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA dapat dilihat pada Gambar 4.22.

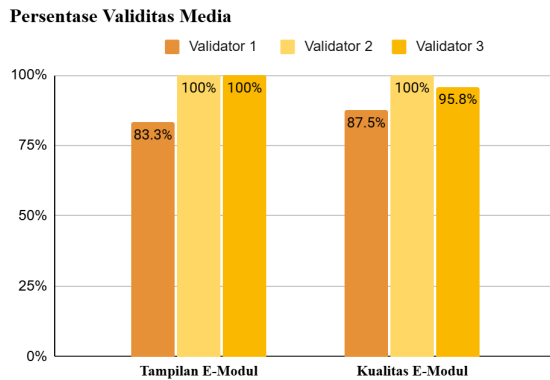


Gambar 4.22 Grafik Hasil Penilaian Validitas Materi

Hasil nilai rata-rata dari keseluruhan validator yang diperoleh yaitu 95% dengan kategori sangat layak. Pengisian Lembar angket validasi oleh ahli media dapat dilihat pada Lampiran 12.

b. Validasi Aspek Media

Validasi aspek media dilakukan untuk mengetahui kelayakan e-modul ditinjau dari tampilan dan kualitasnya sebelum digunakan. Hasil validasi aspek media oleh validator pada terhadap pengembangan e-modul dengan Pendekatan I-SETS Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Grafik Hasil Validitas Media

Hasil nilai rata-rata dari keseluruhan validator yang diperoleh yaitu 95% dengan kategori sangat layak. Pengisian Lembar angket validasi oleh ahli media dapat dilihat pada Lampiran 15.

2. Uji Coba Produk

Uji coba produk dilakukan dengan dua tahap, yaitu uji coba skala kecil dan uji coba skala besar. Uji coba dilakukan kepada siswa kelas XI 8 MAN 1 Kota Semarang.

a. Uji Coba Skala Kecil

Produk yang sudah divalidasi dan direvisi kemudian diujicobakan skala kecil pada siswa kelas XI-8 MAN 1 Kota Semarang yang berjumlah 31 siswa. Uji coba skala kecil dilakukan dengan memberikan soal uraian sejumlah enam soal untuk mengetahui validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda soal. Siswa juga dibagikan link e-modul serta angket keterbacaan untuk mengetahui adakah masukan lebih lanjut terhadap e-modul yang dikembangkan sebelum diujicobakan skala besar.

1) Uji Coba Instrumen Tes

Uji coba instrumen tes dilakukan untuk mengetahui validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya beda soal yang telah dibuat berdasarkan kemampuan siswa. Aspek berpikir kritis yang tercantum dalam soal uji coba yaitu seperti Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Indikator Soal

Aspek Berpikir Kritis	Nomor Soal
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	1a, 1b, 2a
Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	2b, 3a, 3b
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	4a, 4b
Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	5a, 5b
Mengatur strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	6

a) Uji Validitas

Hasil uji coba soal dianalisis menggunakan uji korelasi *product moment* menggunakan *software* SPSS. Hasil analisis menggunakan SPSS yaitu seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Validitas Soal

Nomor Soal	r_{hitung}	Kategori	Keterangan
1a	-0.361	Negatif/tidak valid	Direvisi/dihapus
1b	-0.181	Negatif/tidak valid	Direvisi/dihapus
2a	0.451	Cukup	Valid
2b	0.534	Cukup	Valid
3a	0.240	Sangat Rendah	Direvisi/dihapus
3b	0.038	Sangat Rendah	Direvisi/dihapus
4a	0.733	Tinggi	Valid
4b	0.736	Tinggi	Valid
5a	0.422	Cukup	Valid
5b	0.624	Tinggi	Valid
6	0.457	Cukup	Valid

Berdasarkan Tabel 4.2, dari sebelas item soal yang diuji, tujuh di antaranya dinyatakan valid dan empat lainnya tidak valid. Item soal 1a dan 1b memiliki korelasi negatif dan tidak valid, sementara item 3a dan 3b menunjukkan korelasi yang sangat rendah dan juga tidak valid, sehingga keempat item tersebut disarankan untuk direvisi atau dihapus. Item 2a, 2b, 4a, 4b, 5a, 5b, dan 6 menunjukkan tingkat korelasi yang bervariasi dari "Cukup" hingga

"Tinggi" sehingga dinyatakan valid bahwa item-item ini efektif mengukur konstruk yang dimaksud. Aspek berpikir kritis dapat diukur menggunakan soal yang tersisa dengan indikator soal seperti pada tabel 4.3. Analisis validitas soal lebih lanjut dapat ditinjau pada Lampiran 19.

Tabel 4.3 Indikator Soal

Aspek Berpikir Kritis	Nomor Soal
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	2a
Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	2b
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	4a, 4b
Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	5a, 5b
Mengatur strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	6

b) Uji Reliabilitas

Analisis reliabilitas dilakukan untuk menguji kekonsistenan soal sebelum digunakan pada uji skala besar. Hasil perhitungan uji reliabilitas soal menggunakan SPSS seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Reliabilitas Soal

Cronbach's Alpha	N of Items
0.777	7

Setelah melakukan uji validitas empiris, butir-butir soal yang tidak valid secara statistik (1a, 1b, 3a, dan 3b) dikeluarkan dari instrumen. Selanjutnya, reliabilitas instrumen diuji

menggunakan butir-butir yang tersisa (N=7). Berdasarkan Tabel 4.2, diperoleh nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.777 yang termasuk dalam kategori tinggi menurut Hinton (2004). Hal ini mengindikasikan bahwa instrumen penelitian telah memiliki konsistensi yang memadai untuk mengukur keterampilan berpikir kritis. Data lebih lanjut terkait analisis reliabilitas dapat dilihat pada Lampiran 20.

c) Tingkat Kesukaran

Analisis tingkat kesukaran dilakukan untuk mengetahui seberapa sulit soal untuk siswa. Hasil analisis tingkat kesukaran menggunakan SPSS seperti pada Tabel 4. 5.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Tingkat Kesukaran		
Nomor Soal	Indeks Kesukaran (DI)	Kategori
2a	0.4408	Sedang
2b	0.3125	Sedang
4a	0.5242	Sedang
4b	0.4032	Sedang
5a	0.2420	Sukar
5b	0.2096	Sukar
6	0.1774	Sukar

Berdasarkan Tabel 4.5, tingkat kesulitan soal bervariasi dari sedang hingga sukar. Hal ini menunjukkan bahwa soal mampu mengukur kemampuan siswa pada level menengah hingga tinggi. Perhitungan analisis tingkat kesukaran secara lengkap dapat ditinjau pada Lampiran 21.

d) Daya Pembeda

Daya pembeda digunakan untuk mengukur kemampuan soal dalam membedakan tingkat penguasaan siswa. Hasil analisis daya pembeda menggunakan SPSS dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Analisis Daya Beda Soal

Nomor Soal	Nilai D hitung	Interpretasi
2a	0.163	Lemah
2b	0.513	Baik
4a	0.624	Baik
4b	0.627	Baik
5a	0.456	Baik
5b	0.603	Baik
6	0.613	Baik

Berdasarkan Tabel 4.6, sebagian besar item soal memiliki daya beda yang baik, kecuali item 2a dengan nilai D hitung sebesar 0.163 (lemah). Hal ini mengindikasikan bahwa soal 2a kurang mampu membedakan antara siswa yang memiliki kemampuan tinggi dengan siswa yang memiliki kemampuan rendah. Namun, soal ini tetap dipertahankan karena urgensinya untuk mengukur aspek pertama berpikir kritis. Item 2b, 4a, 4b, 5a, 5b, dan 6 memiliki nilai D hitung yang mengindikasikan daya beda "Baik", menunjukkan item-item ini mampu membedakan level kemampuan siswa. Perhitungan analisis tingkat kesukaran secara lengkap dapat ditinjau pada Lampiran 22.

2) Uji Keterbacaan E-Modul

Uji keterbacaan dilakukan untuk mengetahui keterbacaan e-modul yang dikembangkan sebelum diuji coba skala besar. Uji keterbacaan dilakukan menggunakan lembar angket pada kelas XI-8 dengan jumlah responden 30 siswa. Link e-modul dibagikan untuk dipelajari oleh siswa kemudian mengisi lembar angket. Rekapitulasi hasil angket keterbacaan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Angket Keterbacaan E-modul

Aspek	Persentase (%)	Kriteria
Materi	63	Cukup Terbaca
Kebahasaan	62	Cukup Terbaca
Kegrafikaan	64	Cukup Terbaca
Total Skor Penilaian	63	Cukup Terbaca

Berdasarkan Tabel 4.7, keterbacaan e-modul memperoleh nilai rata-rata 63% dengan kategori cukup terbaca. Perhitungan analisis angket keterbacaan e-modul secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 23.

b. Uji Coba Skala Besar

Uji coba skala besar dilakukan pada dua kelas XI MAN 1 Kota Semarang, yaitu XI-6 sebagai kelas kontrol dan XI-7 sebagai kelas eksperimen dengan jumlah siswa masing-masing sebanyak 36 orang. Kelas eksperimen menggunakan e-modul dengan pendekatan I-SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis, sedangkan kelas kontrol hanya menggunakan LKS.

1) Analisis Uji Normalitas

Uji normalitas awal dilakukan menggunakan SPSS untuk menganalisis nilai pre-test siswa kelas kontrol dan eksperimen sebelum diberikan pembelajaran. Hasil uji normalitas awal ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Uji Normalitas Pre-Test

Kelas	Nilai Signifikansi	Keterangan
Eksperimen	0,571	Normal
Kontrol	0,078	Normal

Uji normalitas akhir dilakukan dengan menganalisis nilai post-test siswa yang dilakukan setelah pembelajaran. Hasil uji normalitas akhir ditunjukkan oleh Tabel 4.9. Analisis normalitas secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 27.

Tabel 4.9 Hasil Uji Normalitas Post Test

Kelas	Nilai Signifikansi	Keterangan
Eksperimen	0,001	Tidak Normal
Kontrol	0,009	Tidak Normal

2) Analisis Uji Homogenitas

Uji homogenitas awal dilakukan dengan menganalisis data pretest kelas kontrol dan eksperimen. Hasil uji homogenitas ditunjukkan pada Tabel 4. 10

Tabel 4.10 Hasil Uji Homogenitas

Kelas	Sig. (p-value)	Keterangan
Pretest	0.024	Tidak Homogen
Post Test	0,176	Homogen

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai Sig. (p-value) sebesar 0.024 (< 0.05). Perhitungan ini menunjukkan bahwa kelas XI-6 dan XI-7 memiliki data

yang tidak homogen. Uji homogenitas akhir dilakukan dengan menganalisis data posttest kelas kontrol dan eksperimen. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai Sig. (p-value) sebesar 0.176 (> 0.05) yang menunjukkan bahwa data post test kelas XI-6 dan XI-7 homogen. Hasil analisis homogenitas secara lengkap dapat ditinjau pada Lampiran 28.

3) Analisis Uji *Wilcoxon Match Pairs*

Uji *Wilcoxon Match Pairs* dilakukan dengan menganalisis hasil posttest siswa kelas kontrol dan eksperimen. Hasil pengujian data menggunakan aplikasi SPSS seperti pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Uji *Wilcoxon Match Pairs*

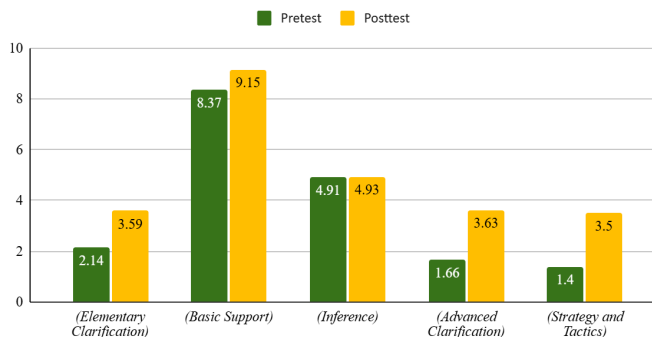
Z	3.779
Asymp. Sig. (2-tailed)	$< 0,001$

Berdasarkan Tabel 4.11, nilai kelas eksperimen cenderung lebih besar daripada kelas kontrol yang ditunjukkan oleh mayoritas perbedaan adalah positif (27 data). Rata-rata peringkat untuk perbedaan positif (21.24) juga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata peringkat untuk perbedaan negatif (10.28). Hal ini mengindikasikan adanya peningkatan atau perbedaan yang signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan kontrol. Hasil analisis uji *Wilcoxon Match Pairs* secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 31.

4) Analisis Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis

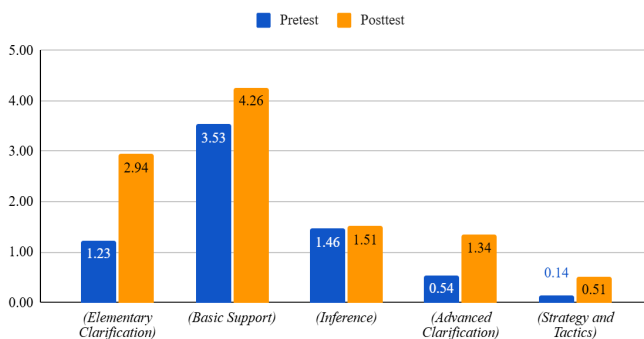
Analisis peningkatan dilakukan dengan membandingkan nilai pretest dan post test untuk melihat peningkatan yang terjadi. Hasil nilai per indikator untuk kelas eksperimen dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan kelas kontrol pada Gambar 4.25.

Analisis Peningkatan Pretest dan Posttest Kelas Eksperimen



Gambar 4.24 Hasil Analisis Peningkatan Kelas Eksperimen

Analisis Peningkatan Pretest dan Posttest Kelas Kontrol



Gambar 4.25 Hasil Analisis Peningkatan Kelas Kontrol

5) Analisis Angket Respons Siswa

Lembar angket respons siswa diberikan setelah pembelajaran menggunakan e-modul. Angket respons bertujuan untuk mengetahui tanggapan siswa terhadap e-modul yang dikembangkan dengan memberikan nilai pada aspek tampilan, isi, dan kepraktisan. Hasil analisis angket respons siswa dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Hasil Angket Respons Siswa

Aspek	Persentase	Kategori
Tampilan	66,11%	Baik
Isi	64,58%	Baik
Kepraktisan	62,33%	Baik
Total Skor	63,84%	Baik

Berdasarkan Tabel 4.9, diperoleh total skor sebesar 63,84% dengan kategori baik. Hasil perhitungan analisis respons siswa secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 32.

D. Pembahasan

1. Kelayakan E-Modul

Validasi e-modul yang telah dikembangkan berupa validasi materi dan media. Validasi ahli terhadap e-modul yang dikembangkan memperoleh skor rata-rata 95% untuk materi maupun media. Hasil ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, produk telah memenuhi standar kelayakan untuk digunakan sebagai bahan ajar. Aspek bahasa dengan rata-rata skor sebesar 7.67 (95.83%) menunjukkan bahwa media menggunakan bahasa yang sangat baik, jelas, lugas, mudah dipahami, dan sesuai kaidah kebahasaan serta karakteristik target

pengguna. Penggunaan istilah yang tepat dan tidak ambigu menjadi kekuatan utama pada aspek ini. Masukan pada aspek ini yaitu pada beberapa penulisan yang kurang lengkap seperti angka dan penataan tulisan.

Aspek penyampaian isi memperoleh rata-rata skor sebesar 11.67 (97.22%) yang mengindikasikan bahwa cara penyampaian materi dalam e-modul sangat efektif, runtut, dan logis. Alur penyajian, penggunaan ilustrasi/contoh, serta strategi komunikasi materi memudahkan pengguna dalam mencerna informasi dan mengikuti alur pembelajaran. Aspek kelayakan isi memperoleh rata-rata skor 11 (91.67%) yang menunjukkan bahwa konsep dan teori yang disajikan sudah sangat tepat untuk memastikan akurasi keilmuan, isi yang disajikan sudah sangat sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku sehingga relevansi materi jelas, serta konten yang disajikan sudah sangat relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini. Aspek kesesuaian dengan perkembangan teknologi dan pendekatan I-SETS masih memerlukan penyempurnaan. Hal ini sejalan dengan penelitian Yevira (2023) bahwa penerapan pendekatan I-SETS dalam media pembelajaran membutuhkan integrasi konten yang kontekstual dan relevan dengan isu-isu teknologi dan sosial terkini serta berfokus pada permasalahan dari dunia nyata yang ada di lingkungan sekitar.

Aspek pengembangan mendapatkan rata-rata skor sebesar 7.67 (95.83%) yang menunjukkan bahwa aspek pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, and Society*)

yang disajikan dalam modul sudah sesuai sebagai kekhasan modul, serta sudah sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis. Hal ini menandakan bahwa rancangan e-modul mendukung dan memfasilitasi pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa. Berdasarkan masukan dari validator, aspek-aspek yang kurang tersebut telah direvisi sebelum diujicobakan, antara lain dengan menambahkan contoh penerapan gelombang cahaya pada teknologi terbaru dan revisi penulisan pada e-modul. Revisi ini dilakukan untuk memastikan bahwa e-modul tidak hanya layak secara konten, tetapi juga mampu memfasilitasi proses belajar yang berorientasi pada keterampilan berpikir kritis.

Validasi ahli media pada aspek tampilan memperoleh rata-rata skor sebesar 11.33 (94.44%). Angka ini menunjukkan bahwa e-modul yang dikembangkan memiliki tampilan yang sangat menarik, desain yang tepat dan berfungsi, serta mudah digunakan. Penilaian tinggi ini mengindikasikan bahwa tata letak, penggunaan warna, tipografi, dan elemen visual lainnya telah dirancang dengan baik sehingga mendukung kenyamanan dan kemudahan penggunaan. Aspek kualitas media mendapatkan rata-rata skor sebesar 7.67 atau 95.83% yang mengindikasikan e-modul dapat digunakan secara efisien dan fitur yang berfungsi dengan baik.

Secara keseluruhan, media memperoleh rata-rata skor 19 atau 95.00% yang mengindikasikan bahwa e-modul yang telah dikembangkan sangat layak dan siap untuk diujicobakan atau diimplementasikan. Hasil validasi yang tinggi ini sejalan dengan

temuan dari bahwa nilai validasi ahli yang tinggi (misal, Aiken's $V > 0,9$ atau persentase $> 85\%$) menunjukkan bahwa e-modul dinilai sangat valid, layak, dan berkualitas oleh para ahli di bidangnya.

E-modul yang sudah divalidasi dan direvisi kemudian diuji coba skala kecil dengan jumlah responden 31 siswa kelas XI-8 MAN 1 Kota Semarang. Uji coba skala kecil dilakukan dengan memberikan angket keterbacaan dan instrumen soal yang akan digunakan sebagai soal pretest dan post test pada uji coba skala besar. Hasil angket keterbacaan secara keseluruhan memperoleh skor rata-rata 63% dengan kategori cukup terbaca.

Soal yang diujicobakan berupa enam soal uraian yang sudah disesuaikan dengan indikator keterampilan berpikir kritis. Soal yang diujicobakan sebelumnya sudah divalidasi terlebih dahulu oleh validator ahli. Aspek validasi meliputi aspek materi, konstruksi soal, dan kebahasaan. Hasil angket validasi oleh validator kemudian dianalisis menggunakan indeks Aiken's V . Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa seluruh soal valid dan layak diujicobakan dengan revisi minor.

Hasil uji coba soal kemudian dianalisis untuk mengetahui nilai validitas konstruk, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda soal. Hasil analisis validitas diperoleh bahwa soal nomor 1 dan 3 tidak valid, sehingga dihapus. Hasil uji reliabilitas menunjukkan instrumen soal yang digunakan sudah konsisten atau reliabel dengan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0.777. Tingkat kesukaran soal uji coba terdiri dari soal sedang hingga

sukar. Selanjutnya, daya pembeda soal yaitu kategori baik kecuali soal nomor 2b dengan kategori lemah. Namun soal ini tetap dipertahankan karena urgensinya untuk mengukur keterampilan berpikir kritis. Soal yang layak untuk digunakan pada uji coba skala besar adalah soal nomor 2b, 4a, 4b, 5a, 5b, dan 6.

2. Kepraktisan E-modul

Hasil angket respons siswa menunjukkan bahwa e-modul memperoleh persentase rata-rata keseluruhan sebesar 63,84% dengan kategori baik. Aspek tampilan memperoleh persentase rata-rata 66.11% yang menunjukkan bahwa siswa memberikan respons yang cukup positif terhadap aspek visual dan interaksi e-modul. Hal ini mengindikasikan bahwa desain e-modul dianggap cukup menarik dan mampu memotivasi siswa untuk belajar. Hal ini sejalan dengan penelitian Rachmavita (2020) bahwa pengembangan media interaktif yang menarik, baik dari segi tampilan maupun isi media, dapat meningkatkan motivasi belajar siswa.

Aspek isi memperoleh skor rata-rata sebesar 64.58% yang menunjukkan penyajian materi dalam e-modul sudah cukup jelas dan membantu siswa memahami konsep yang sulit dengan cara yang lebih sederhana. Selain itu, e-modul dinilai membantu siswa memahami hubungan antara konsep fisika dan aspek keislaman, sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat (I-SETS), yang tidak hanya kontekstual tetapi juga secara tidak langsung mendukung pengembangan berpikir kritis melalui koneksi lintas disiplin. Aktivitas yang ada dalam e-modul juga dirancang untuk

mendorong siswa untuk berpikir kritis dan mendalam. Namun, beberapa siswa juga menyampaikan masukan terkait kejelasan materi, seperti komentar "masih ada beberapa rumus yang perlu dijelaskan oleh guru." Pernyataan ini mengindikasikan bahwa meskipun materi sudah disajikan dengan jelas, terdapat bagian-bagian tertentu, khususnya rumus, yang masih memerlukan penjelasan lebih lanjut dari guru untuk mencapai pemahaman yang optimal bagi semua siswa.

Aspek kepraktisan e-modul memperoleh persentase rata-rata sebesar 62,33% yang menunjukkan persepsi siswa bahwa e-modul mudah digunakan. Namun demikian, kompleksitas materi tertentu masih memerlukan fasilitasi atau pendampingan dari guru agar pemahaman siswa dapat tercapai secara optimal. Dalam konteks ini, E-Modul berfungsi sebagai sarana pendukung yang memungkinkan siswa mengembangkan kemandirian dalam belajar. Hal ini sejalan dengan penelitian Kalimullina (2020) bahwa guru berperan penting dalam membimbing, memberikan klarifikasi, serta menyesuaikan pendekatan pembelajaran dengan kebutuhan individual siswa, meskipun pembelajaran dilakukan secara mandiri melalui media digital.

Hasil persentase angket respon siswa menunjukkan selisih yang signifikan terhadap hasil persentase kelayakan produk. Hasil angket respon siswa menunjukkan persentase rata-rata 63,84%, yang tergolong dalam kategori baik. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun modul telah dinyatakan layak oleh para validator dari segi materi, bahasa, dan tampilan, namun siswa

mengalami kesulitan dalam memahami isi modul secara mandiri. Kesenjangan ini juga ditemukan dalam penelitian Wedastuti *et al.* (2023) di mana e-modul memperoleh hasil respon siswa yang lebih rendah dari validasi ahli. Hal ini karena validasi tinggi dari para ahli tidak selalu sejalan dengan persepsi atau pemahaman siswa; beberapa faktor seperti keterbatasan interaksi, kurangnya penjelasan langsung, atau konten yang terlalu padat dapat menjadi penyebab kesenjangan ini. Hal ini menjadi keterbatasan penelitian dan dibutuhkan revisi lebih lanjut agar e-modul lebih sesuai dengan gaya belajar siswa.

3. Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis

Uji coba skala besar dilakukan untuk mengetahui keefektifan e-modul yang dikembangkan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa dan untuk mengetahui respons siswa terhadap e-modul. Menurut Pitorini (2024), siswa yang menggunakan e-modul menunjukkan peningkatan yang lebih baik dalam keterampilan berpikir kritis setelah proses pembelajaran, dibandingkan dengan siswa yang tidak menggunakan e-modul. Penelitian oleh Yulianti & Herpratiwi (2024) menunjukkan bahwa penggunaan e-modul atau bahan ajar berbasis I-SETS/SETS menghasilkan peningkatan signifikan pada skor berpikir kritis siswa, dengan rata-rata N-gain pada kategori sedang hingga tinggi. Pembelajaran pada kelas eksperimen menggunakan *powerpoint* dan e-modul yang dikembangkan, sedangkan kelas kontrol menggunakan *powerpoint* dan Lembar Kerja Siswa.

Peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa diukur melalui pretest dan posttest. Namun, pelaksanaan posttest pada kelas eksperimen mengalami kendala waktu sehingga dilakukan secara daring dan terbuka menggunakan Google Form. Awalnya, posttest dijadwalkan pada Jumat, 13 Juni 2025 pukul 11.00–12.00, namun hanya satu siswa yang mengumpulkan tepat waktu. Waktu kemudian diperpanjang hingga pukul 19.00, tetapi hanya lima siswa yang menyelesaikan. Mengingat kondisi ini tidak kondusif dan sulit dikendalikan, posttest kembali diperpanjang hingga Sabtu, 14 Juni 2025 pukul 12.00. Total siswa yang mengikuti posttest sebanyak 23 orang. Situasi ini perlu dicermati karena pelaksanaan secara daring membuka peluang siswa mengakses bantuan luar atau materi saat tes berlangsung, yang dapat mempengaruhi validitas dan reliabilitas data.

Hasil uji normalitas dan homogenitas awal (pretest) menunjukkan bahwa data siswa normal namun tidak homogen. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan awal siswa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selanjutnya setelah diberikan perlakuan, hasil post test menunjukkan data siswa homogen namun tidak normal. Kemampuan siswa menjadi homogen karena telah diberikan penjelasan materi.

Hasil post test selanjutnya dianalisis untuk mengetahui efek e-modul yang telah diberikan. Hasil uji *Wilcoxon Match Pairs* menunjukkan jumlah total peringkat untuk perbedaan positif lebih besar dari perbedaan negatif, yaitu terdapat 27 selisih positif dan 9 selisih negatif. Rata-rata peringkat untuk perbedaan positif

(21.24) juga jauh lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata peringkat untuk perbedaan negatif (10.28). Hal ini mengindikasikan adanya peningkatan atau perbedaan yang signifikan pada kelas eksperimen dibandingkan kontrol. Hasil statistik uji Z yang dihitung dari data memperoleh nilai 3,779 dan nilai p sebesar $<.001$ yang berarti terdapat perbedaan signifikan secara statistik antara kelas eksperimen dan kontrol. Nilai kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol yang didukung oleh fakta bahwa ada lebih banyak "*Positive Ranks*" (Eksperimen $>$ Kontrol) dan rata-rata peringkat untuk positif lebih tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa intervensi atau kondisi yang diterapkan pada kelas eksperimen memiliki efek yang signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol, yaitu penggunaan E-modul dengan pendekatan I-SETS.

Rata-rata nilai pretest kelas kontrol yaitu 9,58, kelas eksperimen 25,67, sedangkan nilai rata-rata post test kelas kontrol 14,68, kelas eksperimen 30,34. Ini menunjukkan bahwa e-modul berhasil meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. Hasil nilai pre-test dan post-test baik di kelas eksperimen maupun kelas kontrol masih di bawah kriteria ketuntasan minimum (75) meskipun terjadi peningkatan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya materi gelombang cahaya yang memang sulit dan waktu pembelajaran yang singkat. Pengembangan keterampilan berpikir kritis memerlukan proses latihan berkelanjutan, refleksi, dan paparan terhadap masalah kompleks secara konsisten. Keterbatasan penelitian ini yaitu

pembelajaran jangka pendek yang cenderung hanya menyentuh permukaan, sehingga tidak cukup untuk membangun keterampilan berpikir kritis secara mendalam. Hal ini sejalan dengan penelitian Nafik dan Efendi (2022) bahwa penekanan konten tanpa memberikan waktu cukup kepada peserta didik untuk menyerap materi yang disampaikan, menghubungkan pengetahuan sebelumnya, atau mengaplikasikan pada situasi kehidupan nyata dapat menjadi faktor rendahnya hasil belajar siswa. Diperlukan strategi pembelajaran yang terstruktur, berulang, dan berorientasi pada refleksi serta pemecahan masalah kompleks (Saripudin, 2023).

Analisis lebih lanjut meninjau peningkatan pada indikator berpikir kritis. Berdasarkan tinjauan nilai pretest dan post test kelima indikator, diperoleh bahwa peningkatan paling besar untuk kedua kelas yaitu pada indikator memberikan penjelasan sederhana (*elementary clarification*) yaitu sebesar 1,45 untuk kelas eksperimen dan 1,71 untuk kelas kontrol. Peningkatan pada aspek ini dapat terjadi karena materi pembelajaran yang sudah disampaikan sehingga siswa dapat menjelaskan konsep secara sederhana berdasarkan pemahamannya. Peningkatan untuk kelas eksperimen yang lebih kecil disebabkan rata-rata nilai pre-test yang sudah lebih tinggi sehingga peningkatannya kecil, namun skor nya lebih tinggi.

Analisis pada kelas eksperimen menunjukkan bahwa peningkatan terkecil pada indikator menyimpulkan (*inference*) dengan selisih 0,02. Hal ini disebabkan karena siswa masih

belum dapat mendeduksi berdasarkan konsep-konsep yang dipelajari. Pelaksanaan pembelajaran yang singkat juga kurang memberikan kesempatan kepada siswa untuk menghubungkan dan mengaplikasikan konsep pada kejadian nyata sehingga indikator ini kurang meningkat secara signifikan. Namun, peningkatan pada indikator memberikan penjelasan lebih lanjut (*advanced clarification*) dan mengatur strategi dan taktik menunjukkan peningkatan yang cukup yaitu 1,97 dan 2,1. Hal ini menunjukkan bahwa e-modul membantu siswa untuk memberikan penjelasan lebih mendalam dan menentukan strategi dalam suatu permasalahan.

Kondisi lapangan saat penelitian juga mempengaruhi hasil data yang diperoleh, baik dari faktor internal maupun faktor eksternal (Safian et al., 2023). Studi oleh Sumiati (2023) menyimpulkan bahwa minat belajar, motivasi belajar, dan kecerdasan emosional memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil belajar yang diukur. Faktor eksternal melibatkan lingkungan belajar siswa, sarana prasarana, guru, dan sekolah. Waktu penelitian bersamaan dengan periode ulangan harian yang padat sehingga menyebabkan siswa jenuh dan kurang antusias. Hal ini dikonfirmasi oleh Felaza (2020) bahwa tuntutan akademik yang tinggi, tugas yang sulit, dan disertai dengan tenggat waktu yang singkat dapat menyebabkan stres dan kelelahan di kalangan pelajar sehingga keterlibatan siswa dalam proses belajar berkurang, motivasi belajar menurun, dan kelelahan.

E. Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilaksanakan di MAN 1 Kota Semarang sehingga generalisasi hasil terbatas pada karakteristik sekolah tersebut dan belum tentu mewakili konteks sekolah lain.
2. Ruang lingkup penelitian terbatas pada materi gelombang cahaya, sehingga efektivitas e-modul belum dapat disimpulkan untuk materi fisika lainnya.
3. E-modul dapat diakses secara luring (*offline*), namun fitur video hanya dapat berfungsi jika perangkat terhubung ke jaringan internet, sehingga pemanfaatan secara penuh bergantung pada ketersediaan koneksi.
4. Salah satu sesi pelaksanaan penelitian berlangsung dalam kondisi kelas yang kurang kondusif akibat pemadaman listrik. Keadaan ini menyebabkan tertundanya tahapan penelitian dan berkurangnya waktu efektif dalam implementasi proses belajar mengajar.
5. Keterbatasan waktu pelaksanaan penelitian karena menyesuaikan dengan kalender akademik sekolah. Hal ini mengakibatkan alokasi waktu untuk setiap tahapan penelitian menjadi lebih singkat dari yang direncanakan.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian Pengembangan E-Modul dengan pendekatan I-SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA materi gelombang cahaya, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kelayakan e-modul dengan pendekatan I-SETS untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA materi gelombang cahaya menurut ahli materi secara keseluruhan diperoleh persentase kelayakan sebesar 95% dengan kategori sangat layak. Menurut ahli media diperoleh persentase kelayakan sebesar 95% dengan kategori sangat layak. Berdasarkan hasil penilaian tersebut, disimpulkan bahwa modul yang telah dikembangkan sangat layak untuk digunakan.
2. Uji keterbacaan e-modul secara keseluruhan memperoleh skor rata-rata sebesar 63% dengan kriteria cukup terbaca. Respon siswa pada uji coba skala besar secara keseluruhan memperoleh skor rata-rata sebesar 63,84% dengan kategori baik dan kepraktisan 62,33% dengan kategori praktis.
3. Berdasarkan hasil analisis menggunakan Wilcoxon Signed Ranks Test, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok Eksperimen dan Kontrol, dengan nilai statistik $Z = 3.779$ dan nilai signifikansi

$p < 0,001$. Hasil perbandingan peringkat menunjukkan bahwa mayoritas data berada pada kategori *Positive Ranks*, yang berarti nilai kelas eksperimen secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Rata-rata peringkat positif yang lebih besar (21,24) dibandingkan negatif (10,28). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa E-modul dengan pendekatan I-SETS materi gelombang cahaya yang digunakan pada kelas eksperimen memberikan dampak positif yang signifikan dibandingkan dengan kelas kontrol.

B. Saran

Berikut beberapa saran pengembangan tambahan berdasarkan temuan penelitian yang telah dilakukan, antara lain:

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan inovasi modul yang lebih interaktif untuk materi fisika yang lain.
2. Pelaksanaan penggunaan e-modul berbasis I-SETS sebaiknya dilakukan dengan alokasi waktu yang memadai agar seluruh materi dapat tersampaikan dengan optimal.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan siswa SMA secara langsung sebagai subjek, agar hasil penelitian lebih relevan dengan tujuan pengembangan e-modul.
4. Pengembangan lanjutan pada e-modul juga dapat dilakukan untuk memperkaya konten visual dan interaktif guna meningkatkan keterlibatan peserta didik selama pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianis, N., Binadja, A., & Susilaningsih, E. (2017). Peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa dengan menggunakan model inkuiri terbimbing bervisi SETS. *Konfigurasi*, 1(2), 203-210.
- Aini, M., Ridianingsih, D. S., & Yunitasari, I. (2022). Efektivitas Model Pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) Berbasis Stem Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Kiprah Pendidikan*, 1(4), 247-253.
- Alamsah, M. A., & Khanafiyah, S. (2013). Penerapan Pendekatan SETS Pada Pembelajaran Fisika untuk Meningkatkan Pengakuan Terhadap Keagungan Sang Pencipta. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 2(3).
- Amin, N. S., Rahmawati, A., Azmin, N., & Nasir, M. (2022). Pengembangan Pembelajaran Blended Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa SMAN 2 Kota Bima. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(12), 5563-5567.
- Anjarsari, M., Rochmiyati, R., & Distrik, I. W. (2022). Pengembangan bahan ajar berbasis kontekstual pada pembelajaran tematik untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis. *Bulletin of Counseling and Psychotherapy*, 4(2), 462-474.
- Arikunto, Suharsimi. (2019). *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.

- Arikunto, Suharsimi. (2020). *Prosedur Penelitian; Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Astuti, R., Wibowo, A., & Santoso, B. (2024). Developing Differentiated Teaching Modules to Enhance Critical Thinking in Electromagnetic Wave Material. *International Journal of Science Education*, 22(1), 45-60.
- Astuti, R., Wibowo, A., & Santoso, B. (2024). The Influence of Interactive Learning Strategies on Students' Understanding of Electromagnetic Waves. *Journal of Physics Education*, 22(1), 45-60.
- Astuti, N. D., Hapsan, A., Herianto, M., Warsyidah, A. A., Riskawati, N. M., Febriana, B. W., & Toron, V. B. (2024). *Prinsip-Prinsip Pengukuran dan Evaluasi Pendidikan: Disertai dengan Contoh Kasus*. CV. Ruang Tentor.
- Binadja, A (2005). Pedoman praktis pengembangan bahan pembelajaran bervisi SETS. Semarang: Laboratorium SETS UNNES.
- Boopathiraj, C., & Chellamani, K. (2013). Analysis of Test Items on Difficulty Level and Discrimination Index in The Test for Research in Education. *International Journal of Social Science & Interdisciplinary Research*, 2(2), 189-193.
- Cahyanto, A., Lesmono, A.D., & Handayani, R.D. (2022). Pengembangan E-Modul Interaktif Berbasis Articulate Storyline 3 untuk Melatihkan Kemampuan Berfikir Kritis

- pada Pokok Bahasan Gelombang Bunyi. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, 3 (1). pp. 154-164.
- Chairiyah, Y. (2021). Sejarah Perkembangan Sistem Pendidikan Madrasah Sebagai Lembaga Pendidikan Islam. *MA'ALIM: Jurnal Pendidikan Islam*, 2(01), 49-60.
- Cholily, Y. M., Effendi, M. M., Jakandar, L. I. E., Wahyuni, D. E. M. S., Fujiaturrahman, S., Muttaqin, Z., ... & Muhdar, S. (2024). *Metode Penelitian di Berbagai Masalah Pendidikan*. UMMPress.
- Endaryati, S. A., Atmojo, I. R. W., St Y, S., & Suryandari, K. C. (2021). Analisis E-Modul Flipbook Berbasis Problem Based Learning untuk Memberdayakan Keterampilan Berpikir Kritis Pembelajaran IPA Sekolah Dasar. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 5(2), 300-312.
- Ennis, R. H. (2011). *The Nature of Critical Thinking: An Outline of Critical Thinking Dispositions and Abilities*. Chicago: University of Illinois.
- Estuhono, Festiyed and A Bentri. (2019). Preliminary research of developing a research-based learning model integrated by scientific approach on physics learning in senior high school. *Journal of Physics: Conference Series, Volume 1185, The 2018 International Conference on Research and Learning of Physics 5–6 August 2018*. doi:10.1088/1742-6596/1185/1/012041.

- Facione, PA (1991). Using the California Critical Thinking Skills Test in Research, Evaluation, and Assessment. *ERIC ED337498*.
- Fazrina, H. N., Hidayat, O. S., & Hasanah, U. (2023). Pengaruh Pendekatan I-SETS (*Islamic-Science, Environment, Technology, Society*) terhadap Hasil Belajar IPA Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 7(2), 1348-1355.
- Felaza E, Findyartini A, Setyorini D, Mustika R. (2020). How motivation correlates with academic burnout: study conducted in undergraduate medical students. *Education in Medicine Journal*.12(1): 43–52.
- Fikri, Muslim., & Munfarida, Elya. (2023). Konstruksi Berpikir Kritis dalam Pendidikan Islam: Analisis Tafsir Maudhu'i Berdasarkan Al-Qur'an. *Jurnal Pendidikan Agama Islam Al-Thariqah*, 8(1), 108–120.
- Giancoli, Douglas C. (2013). *Physics Principles with Applications 7th Edition*. United States of America : Pearson Education, Inc.
- Golshani, M. (2004). Issues in Islam and Science. Institute for Humanities and Cultural Studies.
- Hadhiedae, E. H., Miriam, S., & Mahtari, S. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Basis Hands on Activies dan Minds on Activities Pada Materi Alat Optik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(3), 359.

- Hadi, M., & Nugroho, S. (2023). Science, Environment, Technology, Society (SETS) Approach in Physics Learning to Improve Critical Thinking Skills. *Journal of Science Learning*, 15(1), 115-129.
- Hasnan, S. M., Rusdinal, R., & Fitria, Y. (2020). Pengaruh penggunaan model discovery learning dan motivasi terhadap kemampuan berpikir kritis peserta didik sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 4(2), 239-249.
- Hidayat, N., & Rohman, A. (2023). Differentiated Instruction in Physics Learning to Improve Student Engagement and Critical Thinking. *International Journal of Physics and Education*, 19(2), 215-230.
- Hake, R. R.(1999). Analyzing Change/Gain Scores. *AREA-D American Education Research Association's Devision. D. Measurement and Reasearch Methodology*, 1(4), 48-56.
- Imaduddin, M. (2019). Infusing Islamic Values and Sustainable Development Into Chemistry for Pre-Service Islamic Elementary School Teachers. *Jurnal Pendidikan Sains (Jps)*, 7(1), 47.
- Imaduddin, M., & Khafidin, Z. (2018). Ayo Belajar IPA dari Ulama: Pembelajaran Berbasis Sosi-Scientific Issues di Abad ke-21. *Thabiea: Journal of Natural Science Teaching*, 01(02), 102–120.

- Imaduddin, M. (2020). A New Way to Promote Islamization of Science: I-SETS Design for Pre-Service Science Teachers. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(1), 1-12.
- Ismail, U., Firmansyah, M., Sutisna, & Al Ashriyyah, E. (2023). Keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran Al-Qur'an dan Hadis. *Edusifa: Jurnal Pendidikan Islam*, 9(3), 28-37. <https://doi.org/10.56146/edusifa.v9i3.154>
- Janna, N. M., & Herianto, H. (2021). Konsep uji validitas dan reliabilitas dengan menggunakan SPSS.
- Joko S, Dwi., Tegor, Tegor., Silitonga, Frangky. (2023). *Metode Penelitian Terapan*. Yogyakarta : Deepublish Digital.
- Judijanto, L., Muhammadiyah, M. U., Utami, R. N., Suhirman, L., Laka, L., Boari, Y., ... & Yunus, M. (2024). *Metodologi Research and Development: Teori dan Penerapan Metodologi RnD*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia. <https://books.google.com/books?hl=id&lr=&id=y3INEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Metodologi+Research+and+Development+Teori+dan+Penerapan+Metodologi+RnD>
- Junoh, N., & Mohamad, A. M. (2020). Pemikiran Kreatif Islam: Analisis Terhadap Istilah-Istilah Berkaitan dalam Al-Quran: Islamic Critical Thinking: An Analysis on the Related Quranic Terms. *Journal of Muwafaqat*, 3(1), 130-149.
- Kalimullina, O., Tarman, B., & Stepanova, I. (2021). Education in The Context of Digitalization and Culture. *Journal of Ethnic and Cultural Studies*, 8(1), 226-238.

- Kencanawaty, G., Aditya, D. Y., Juliaha, S., & Kamali, A. S. (2024). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Siswa Melalui Pengembangan LKPD Berbasis Directed Activities Related To Texts. *Jurnal Equation: Teori dan Penelitian Pendidikan Matematika*, 7(2), 55-65.
- Khasanah, N. (2015). SETS (*Science, Environmental, Technology and Society*) sebagai pendekatan pembelajaran IPA modern pada Kurikulum 2013. *In Seminar Nasional Konservasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam* (Vol. 1, No. 1, p. 13).
- Kosasih, E. (2020). *Pengembangan Bahan Ajar* (B. S. Fatmawati, Ed.; 1 ed.). Jakarta Timur : Bumi Aksara.
- Listiantomo, D. P. (2023). Implementasi model inkuiri terbimbing berbantuan virtual lab untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik kelas XI pada materi gelombang cahaya. *PENDIPA Journal of Science Education*, 7(2), 274-281.
- Lubis, W.I.Y., & Molliq, Y. (2020). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Self Efficacy Siswa dengan Menggunakan Model Problem Based Learning di SMA Sultan Iskandar Muda Tahun Pelajaran 2017/2018. *Paradikma : Jurnal Pendidikan Matematika*, 13(2), 54-60.
- Marsden, E., & Torgerson, C. J. (2012). Single group, pre- and post-test research designs: Some methodological concerns. *Oxford Review of Education*, 38(5), 583–616.

- Nadhifah, Z. L. L., Khoiri, A., & Fatiatun, F. (2024). Model Pembelajaran PjBL-STEM Terintegrasi Islam Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif dan Menanamkan Karakter Religius Siswa. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*, 4(1), 178-185.
- Nafik, I., & Efendi, N. (2022). The Effect of Project Based Learning Model on Science Learning Outcomes for Grade 4 Elementary School. *Academia Open*, 7, 10-21070.
- OECD. (2022). *PISA 2022 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OECD Publishing.
- Pitorini, D. E. (2024). Students' Critical Thinking Skills Using an E-Module Based on Problem-Based Learning Combined with Socratic Dialogue. *Journal of Learning for Development*, 11(1), 52-65.
- Poedjiadi, A. (2010). *Sains Teknologi Lingkungan*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Prasetia, Indra. (2022). *Metodologi Penelitian Pendekatan Teori dan Praktik*. Medan : Umsu Press.
- Putri, D. K., & Rusmini, R. (2021). Hydrocarbon and Petroleum with SETS Approach Module to Train Students' Critical Thinking Skills. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 12-24.
- Putri, H. S., Wahyuni, S., & Rusdianto, R. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) Berbantuan Flip Pdf Professional

- untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP pada Pembelajaran IPA. *Pendekar: Jurnal Pendidikan Berkarakter*, 6(2), 93-100.
- Rachmavita, F.P., (2020). Interactive Media-Based Video Animation and Student Learning Motivation in Mathematics. *Journal of Physics: Conference Series* 1663 012040.
- Rahmah, L., Setiono, S., & Ramdhan, B. (2023). Pengaruh Penerapan Bahan Ajar Berdiferensiasi Berbasis *Multiple Intelligence* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(2), 908-923.
- Rahmawati, D. N., Purnomo, T., & Kuntjoro, S. (2022). Profile of SETS Approach to Improve Student's Critical Thinking Skills During 2015 to 2022. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 3(3), 340-353.
- Ristanto, R. H., Heryanti, E., & Madaniyyah, S. (2024). E-Modul Edu-Kehati Berbasis I-SETS: Pengembangan Bahan Ajar Berorientasi pada Literasi Keanekaragaman Hayati. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 5(2), 66-83.
- Riwu, R., Budiysa, I. W., & Rai, I. G. A. (2018). Penerapan pendekatan SETS (*Science, Environment, Technology, and Society*) untuk meningkatkan hasil belajar biologi siswa. *Emasains: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 7(2), 162-169.

- Rosmalinda, N., Syahbana, A., & Nopriyanti, T. D. (2021). Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMP dalam Menyelesaikan Soal-Soal Tipe PISA. *Transformasi: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 5(1), 483-496.
- Safian, N., Ngah, N. S., Hussain, A. M., Yaacob, M. A., Ramdan, M. R., & Rahmat, N. H. (2023). Is there a relationship between internal and external factors in learning. *Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(9), 1546-1564.
- Sari, R., & Anwar, S. (2022). Science-Environment-Technology-Society (SETS) Approach to Enhance Critical Thinking Skills: A Case Study in Physics Learning. *International Journal of Educational Research*, 12(4), 321-334.
- Sari, R., & Prasetyo, Z. (2022). The Effectiveness of SETS-Based Modules in Improving Critical Thinking in Electromagnetic Waves. *Journal of Science and Technology Education*, 14(1), 78-92.
- Sari, W., & Anwar, S. (2023). Development of SETS-Based Learning Materials to Enhance Critical Thinking Skills in Physics. *International Journal of Educational Research*, 12(4), 321-334.
- Sari, W., Prasetyo, Z., & Halim, A. (2022). Implementation of SETS Approach to Improve Students' Critical Thinking and

- Problem-Solving Skills in Physics. *Journal of Science and Technology Education*, 14(1), 78-92.
- Saripudin, M. (2023). *Deeper Learning, Dialogic Learning, and Critical Thinking: Research-Based Strategies For The Classroom*: edited by Emmanuel Manalo. London : Routledge.
- Serway, Raymond A., & Jewett, Jr. John W. (2019). *Physics-for Scientists and Engineers with Modern Physics 10th edition*. United States of America : Cengage.
- Setiawan, A., Pursitasari, I. D., & Hardhienata, H. (2018). Pengembangan kit praktikum difraksi dan interferensi cahaya untuk meningkatkan penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kritis. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, 5(1), 1-9.
- Sevtia, Al Fiyatoen., Taufik, M., Doyan, Aris. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Google Sites untuk Meningkatkan Kemampuan Penguasaan Konsep dan Berpikir Kritis Peserta Didik SMA. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, Volume 7, Nomor 3.
- Son, A. L. (2019). Instrumentasi Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis: Analisis Reliabilitas, Validitas, Tingkat Kesukaran Dan Daya Beda Butir Soal. *Gema Wiralodra*, 10(1), 41-52.
- Sugiyono. (2014). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumiati, A., Hidayah, S.N., & Zulaihati, S.(2023). The Effect of Learning Interest, Learning Motivation, and Emotional Intelligence on Student Achievement in Financial Accounting Subjects. *Journal of Entrepreneurship Education*, 26(3),1-11.
- Suryabrata, Sumadi. (2004). *Psikologi Pendidikan*. Jakarta: OT. Rajagrafindo Persada.
- Tomlinson, C. A. (2023). The Differentiated Classroom: Responding to the Needs of All Learners. *Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD)*.
- Utami, R. I., Anggraini, F. W., Ningsi, S. W., Hanif, D. A., & Kurniawati, W. (2024). Pendalaman Materi Bunyi dan Cahaya: Studi Kasus Penerapan Bunyi dan Cahaya Dalam Kehidupan Sehari-hari. *Konstanta: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(1), 284-295.
- Van Roey, A., Derom, I., De Bosscher, V., & De Martelaer, K. (2020). 21st century skills development and assessment in higher education: A systematic review. *Poster session presented at 25th VBSW symposium*.
- Wahyuni, S., Arsyad, M., & Khaeruddin, K. (2024). Development of Physics Teaching Materials Based on

- I-SETS (Islamic, Science, Environment, Technology, Society) to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(6), 3433-3442.
- Wedastuti, N. K., Sunismi, A. F., & Fuady, A. (2023). Pengembangan E-Modul Berbasis Literasi Model PISA. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 11, 01.
- Wulandari, D. P., & Kartika, H. (2023). Differentiated Learning Through SETS Approach in Physics Education to Improve Students' Critical Thinking Skills. *Journal of Science Teaching Research*, 19(2), 110-125.
- Wulandari, D. P., Suryani, E., & Kartika, H. (2023). The Role of SETS in Enhancing Students' Understanding of Electromagnetic Waves. *Journal of Physics Teaching Research*, 19(2), 110-125.
- Wulansari, E. W., Kantun, S., & Suharso, P. (2018). Pengembangan E-Modul Pembelajaran Ekonomi Materi Pasar Modal Untuk Siswa Kelas XI IPS MAN 1 Jember Tahun Ajaran 2016/2017. *Jurnal Pendidikan Ekonomi: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, Ilmu Ekonomi Dan Ilmu Sosial*, 12(1), 1.
- Yadiannur, M., & Rahmah, R. (2025). E-Modules of Applied Physics Based on I-SETS and Context-Rich Problem Learning (CRP) Approach Complementary to Characters: A Research and Development (R&D). *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 11(1).

- Yevira, R. (2023). Development of SETS (Science Environment Technology and Society) Based E-Modules on Environmental Pollution Materials to Increase Learning Interest and Critical Thinking Ability. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(8), 6306-6313.
- Yulianti, D., & Herpratiwi, H. (2024). Development of A Science, Environment, Technology, and Society-Based Learning Module to Foster Critical Thinking in Elementary Students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 18(4), 1372-1384.
- Yuliati, N., Prasetyo, Z., & Halim, A. (2022). The Impact of SETS-Based Learning on Students' Analytical Skills in Physics. *International Journal of Physics Education*, 16(3), 215-230.
- Zulhelmi, Z. (2021). Pemanfaatan Kvisoft Flipbook Maker dalam Rangka Peningkatan Hasil Belajar Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Pembelajaran*, 5(2), 217-226.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Penunjukkan Pembimbing



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Prof. Hamka kampus II Ngaliyan Semarang, Telp. 024-76433366 Semarang 50185

Nomor: B.8572/Un.10.8/J6/PP.00.9/12/2024

Semarang, 6 Desember 2024

Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Kepada Yth.

1. Arsini, M.Sc. (NIP. 198408122011012011)
2. Edi Daenuri Anwar, M.Si. (NIP. 197907262009121002)

di Semarang

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di Program Studi Pendidikan Fisika, maka Fakultas Sains dan Teknologi menyetujui judul skripsi mahasiswa berikut,

Nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024
Judul : PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN
BERDIFERENSIASI BERBASIS SETS (SCIENCE,
ENVIRONMENT, TECHNOLOGY, SOCIETY) UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR
KRITIS SISWA PADA MATERI GELOMBANG CAHAYA

dan menunjuk Saudara,

1. Arsini, M.Sc. (NIP. 198408122011012011)
sebagai **Dosen Pembimbing 1**,
2. Edi Daenuri Anwar, M.Si. (NIP. 197907262009121002)
sebagai **Dosen Pembimbing 2**.

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan dan atas kerja sama yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

a.n Dekan,
Ketua Program Studi Pendidikan Fisika,

Edi Daenuri Anwar, M.Si.
NIP. 19790726 200912 1002

Tembusan:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo sebagai laporan,
2. Mahasiswa yang bersangkutan,
3. Arsip.

Lampiran 2 Surat Penunjukkan Validator



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang 50185
E-mail: fsd@walisongo.ac.id Web: <http://fst.walisongo.ac.id>

Nomor : B.3514/Un.10.8/D/SP.01.06/04/2025
Lamp : -
Hal : Permohonan Validasi Instrumen

Kepada Yth.

1. Irman Said Prastyo, M.Sc.
Dosen Validator Ahli
(Dosen FISIKA FST UIN Walisongo)
2. Joko Budi Poemomo, M. Pd.
Dosen Validator Ahli
(Dosen PENDIDIKAN FISIKA FST UIN Walisongo)
di tempat.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu/Saudara menjadi validator ahli instrumen untuk penelitian skripsi:

Nama	: Fauziah Kusumaningrum
NIM	: 2108066024
Program Studi	: PENDIDIKAN FISIKA
Fakultas	: Sains dan Teknologi UIN Walisongo
Judul	: PENGEMBANGAN E-MODUL DENGAN PENDEKATAN I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT, TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

Demikian atas perhatian dan berkenannya menjadi validator ahli instrument kami ucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 28 April 2025
an. Dekan,
Ketua Prodi.,

Edy Daenun Anwar. M Si.
NIP. 19790726 200912 1 002

Lampiran 3 Surat Izin Penelitian

Indeks Berkas	Tgl. 9 Mei 2025 No. Urut 264	M/K	Kode
Isi Ringkas : Permohonan Izin Riset a.n Fauziah Kusumaningrum			
Lampiran :			
Dari : UIN Walisongo	Kepada : Ka. MAN 1 Kota Semarang		
Tanggal : 7 Mei 2025	No. Surat : B-3923/Uh 10.8/K/SP.01-08/05/2025		
Pengolah :	Paraf :		
Catatan :			

**KEMENTERIAN AGAMA
MADRASAH ALIYAH NEGERI 1 KOTA SEMARANG**

LEMBAR DISPOSISI

Indeks Berkas	Kode :
Tanggal/Nomor	7 Mei 25 / B-3923/Uh 10.8/K/SP.01-08/05/2025
Asal	UIN Walisongo
Isi Ringkas	Permohonan Izin Riset a.n Fauziah Kusumaningrum
Diterima Tanggal	9 Mei 2025
Tanggal Penyelesaian :	
Isi Disposisi :	Diteruskan Kepada :
Diizinkan	1. Wakil Kurikulum
	2.
	3.
Sesudah digunakan harap segera dikembalikan :	
Kepada	
Tanggal	

Lampiran 4 Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
KANTOR KEMENTERIAN AGAMA KOTA SEMARANG
MADRASAH ALIYAH NEGERI 1 KOTA SEMARANG**

Jalan Brigjen S. Sudarto Pedurungan Kidul Kec. Pedurungan Semarang; Telepon/Faksimile (024) 6715208
Laman: man1kotasemarang.sch.id Posel: semarang.man1@gmail.com

SURAT KETERANGAN

Nomor:1829/Ma.11.33.01/TL.00/06/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini

nama : H. Tasimin, S.Ag, M.S.I.
NIP : 196811182000031001
pangkat/gol. ruang : Pembina Tk.I/IV/b
jabatan : Kepala MAN 1 Kota Semarang.

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa

nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024
program studi : S-1 Pendidikan Fisika
UIN Walisongo Semarang

Yang bersangkutan benar-benar telah melaksanakan Penelitian untuk keperluan Skripsi di MAN 1 Kota Semarang pada tanggal 14 s.d. 19 Mei 2025 dengan judul "Pengembangan E-Modul dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA".

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Lampiran 5 Modul Ajar

KELAS EKSPERIMEN

Informasi Umum

Jenjang : SMA/MA/Sederajat
Nama Institusi : MAN 1 Kota Semarang
Mata Pelajaran : Fisika
Fase/Kelas : F/XI
Semester : Genap
Tahun Pelajaran: 2024/2025
Nama Penyusun: Fauziah Kusumaningrum

Capaian Pembelajaran

Pada akhir Fase F, peserta didik mampu memahami konsep kinematika dan dinamika, fluida, termodinamika, gelombang, kelistrikan dan kemagnetan, serta fisika modern. Konsep-konsep tersebut memungkinkan peserta didik untuk menerapkan dan mengembangkan keterampilan inkuiri sains mereka.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran	Elemen CP	Indikator Pencapaian
Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat memahami konsep dan sifat gelombang cahaya (pembiasan, dispersi, interferensi, difraksi, dan polarisasi) serta menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.	Pemahaman Sains	Siswa mampu memahami konsep sifat-sifat gelombang cahaya dan contohnya dalam kehidupan
	Keterampilan Proses	Siswa mampu menganalisis dan menerapkan konsep sifat-sifat gelombang cahaya dalam kehidupan sehari-hari

Kata Kunci : gelombang cahaya, pembiasan, dispersi, interferensi, difraksi, polarisasi.

Kompetensi Awal : siswa sudah mempelajari tentang gelombang dan gelombang bunyi.

Profil Pelajar Pancasila

Profil pelajar pancasila pada pembelajaran ini yaitu :

1. Beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia
2. Bernalar kritis

Pemahaman Bermakna

1. Peserta didik mampu mengidentifikasi sifat-sifat gelombang cahaya dan contohnya dalam kehidupan sehari-hari.
2. Peserta didik mampu menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan sifat-sifat gelombang cahaya.
3. Peserta didik dapat menerapkan konsep gelombang cahaya dalam mempertimbangkan permasalahan teknologi, lingkungan, dan sosial.

Rancangan Penggunaan

1. Moda pembelajaran : dilakukan secara tatap muka (luring)
2. Target siswa : peserta didik reguler
3. Jumlah siswa : 36 peserta
4. Sarana dan prasarana :
 - a. Papan Tulis
 - b. Spidol Marker dan penghapus
 - c. LCD Proyektor
5. Media Pembelajaran : papan tulis dan spidol marker, ppt pembelajaran

Kegiatan Utama Pembelajaran

1. Pengaturan siswa : individu

2. Metode pembelajaran :
 - a. Ceramah
 - b. Demonstrasi melalui ppt dan e-modul
 - c. Latihan soal

Pertemuan ke 1 (1 JP)

Materi : Gelombang cahaya, pembiasan, dan dispersi cahaya

Model Pembelajaran : pembelajaran berbasis I-SETS

Durasi waktu : 45 menit

Aktivitas Guru	Alokasi Waktu
Pembukaan	
- Guru mengucapkan salam pembuka - Guru menanyakan kabar peserta didik dan melakukan presensi - Guru memimpin doa sebelum pembelajaran dimulai	2 menit
Pendahuluan	
Motivasi : Guru memberikan motivasi positif Apersepsi : Guru memberikan apersepsi	3 menit
Pertanyaan Pemantik : Pernahkah kamu melihat pelangi? Atau melihat orang berdiri di kolam tampak lebih pendek dari aslinya? Mengapa fenomena ini dapat terjadi?	
Kegiatan Inti	
1. <i>Invitasi</i> (Penyajian Isu atau Masalah) Guru menyampaikan isu atau masalah kepada siswa yang terintegrasi aspek <i>Islamic, Science, Environment, Technology, Society</i> (I-SETS)	5 menit
2. Pembentukan Konsep - Guru menjelaskan konsep dan materi	10 menit

gelombang cahaya - Siswa diarahkan untuk mengeksplorasi modul I-SETS - Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya apa yang kurang dipahami dari pemaparan materi - Guru menjawab pertanyaan peserta didik	
3. Aplikasi Konsep - Guru memberikan permasalahan kepada siswa untuk diselesaikan menggunakan konsep yang sudah diperoleh dari tahap pembentukan konsep - Penyelidikan mengacu pada aktivitas eksploratif dalam e-modul yang sudah terstruktur dan berisi pertanyaan kritis - Guru memberi kesempatan kepada siswa untuk bertanya - Guru memberikan feedback dan jawaban atas pertanyaan siswa	10 menit
4. Pemantapan Konsep - Guru memberikan konfirmasi untuk menghindari adanya miskonsepsi - Hasil kerja siswa dipresentasikan dengan pembahasan dikaitkan kembali ke aspek I-SETS	10 menit
5. Evaluasi - Guru memberikan waktu kepada siswa untuk mengisi lembar refleksi pada e-modul	3 menit
Penutup	
- Guru memberikan kesempatan kepada salah satu atau dua peserta didik untuk menyampaikan kesimpulan dari pembelajaran - Guru menyampaikan agenda untuk pembelajaran selanjutnya - Guru menutup pembelajaran	2 menit

Pertemuan ke 2 (1 JP)

Materi : difraksi, interferensi, polarisasi cahaya dan aplikasi gelombang cahaya

Model Pembelajaran : pembelajaran berbasis I-SETS

Durasi waktu : 45 menit

Aktivitas Guru	Alokasi Waktu
Pembukaan	
- Guru mengucapkan salam pembuka - Guru menanyakan kabar peserta didik dan melakukan presensi - Guru memimpin doa sebelum pembelajaran dimulai	2 menit
Pendahuluan	
Motivasi : Guru memberikan motivasi positif Apersepsi : Guru memberikan apersepsi	3 menit
Pertanyaan Pemantik : Tahukah kamu bahwa banyak teknologi di sekitar kita dapat berkembang seperti sekarang di antaranya dengan menerapkan konsep gelombang cahaya ? Ponsel kalian, LCD, dan teknologi lainnya dalam medis, manufaktur, fashion, hingga keamanan yang sangat bermanfaat dalam kehidupan kita, menerapkan konsep gelombang cahaya seperti pembiasan, difraksi, interferensi, dan polarisasi. Lantas, bagaimana konsep-konsep ini dapat bekerja pada benda-benda tersebut?	
Kegiatan Inti	
1. <i>Invitasi (Penyajian Isu atau Masalah)</i> Guru menyampaikan isu atau masalah kepada siswa yang terintegrasi aspek <i>Islamic, Science, Environment, Technology, Society</i> (I-SETS)	5 menit

2. Pembentukan Konsep - Guru menjelaskan konsep dan materi gelombang cahaya - Siswa diarahkan untuk mengeksplorasi modul I-SETS - Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya apa yang kurang dipahami dari pemaparan materi - Guru menjawab pertanyaan peserta didik	10 menit
3. Aplikasi Konsep - Guru memberikan permasalahan kepada siswa untuk diselesaikan menggunakan konsep yang sudah diperoleh dari tahap pembentukan konsep - Penyelidikan mengacu pada aktivitas eksploratif dalam e-modul yang sudah terstruktur dan berisi pertanyaan kritis - Guru memberi kesempatan kepada siswa untuk bertanya - Guru memberikan feedback dan jawaban atas pertanyaan siswa	10 menit
4. Pemantapan Konsep - Guru memberikan konfirmasi untuk menghindari adanya miskonsepsi - Hasil kerja siswa dipresentasikan dengan pembahasan dikaitkan kembali ke aspek I-SETS	10 menit
5. Evaluasi - Guru memberikan waktu kepada siswa untuk mengisi lembar refleksi pada e-modul	3 menit
Penutup	
- Guru memberikan kesempatan kepada salah satu atau dua peserta didik untuk menyampaikan kesimpulan dari pembelajaran - Guru menyampaikan agenda untuk	2 menit

pembelajaran selanjutnya - Guru menutup pembelajaran	
---	--

Asesmen

Asesmen yang digunakan pada pembelajaran ini yaitu berupa pretest

Persiapan Pembelajaran

1. Merencanakan tujuan pembelajaran
 2. Menyiapkan materi dan media pembelajaran
 3. Menyusun alur pembelajaran meliputi metode, strategi, model pembelajaran
 4. Menyusun latihan soal
 5. Menyusun asesmen yang akan dilakukan
 6. Mengevaluasi dan membuat refleksi pembelajaran
-

Bahan Bacaan

Guru	Siswa
Giancoli, Douglas C. (2013). <i>Physics Principles with Applications 7th Edition</i> . United States of America : Pearson Education, Inc.	Buku Fisika untuk SMA Kelas 12 yang lainnya
Serway, Raymond A., & Jewett, Jr. John W. (2019). <i>Physics-for Scientists and Engineers with Modern Physics 10th edition</i> . United States of America : Cengage.	Sarah, LL., Suwarma, IR. (2022). <i>Fisika untuk SMA/MA Kelas XII</i> . Jakarta Selatan : Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Griffith, W. Thomas. Brosing, Juliet Wain. (2022). <i>The Physics of Everyday Phenomena: A Conceptual Introduction to</i>	Lasmi, Ni Ketut. (2023). <i>Fisika Kelas XII Kurikulum Merdeka</i> . Jakarta : Erlangga.

<i>Physics, Tenth Edition.</i> New York : McGraw Hill LLC.	
---	--

Glossarium

Difraksi	: Penyebaran cahaya saat melewati celah sempit atau sisi penghalang
Dispersi	: Pemisahan cahaya putih menjadi spektrum warna
Interferensi	: Perpaduan dua atau lebih cahaya
Refraksi	: Perubahan arah rambat cahaya saat melewati dua medium dengan kerapatan optik berbeda
Polarisasi	: Proses pemilahan arah getar gelombang cahaya sehingga hanya satu arah tertentu yang ditransmisikan

Referensi

- Kanginan, Marthen. (2016). Fisika untuk SMA/MA Kelas XI Kurikulum 2013. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Radjawane, M.M., Tinambunan, Alvius., Jono, Suntar. (2022). Fisika untuk SMA/MA Kelas XI. Penerbit Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

KELAS KONTROL

Informasi Umum

Jenjang : SMA/MA/Sederajat
Nama Institusi : MAN 1 Kota Semarang
Mata Pelajaran : Fisika
Fase/Kelas : F/XI
Semester : Genap
Tahun Pelajaran: 2024/2025
Nama Penyusun: Fauziah Kusumaningrum

Capaian Pembelajaran

Pada akhir Fase F, peserta didik mampu memahami konsep kinematika dan dinamika, fluida, termodinamika, gelombang, kelistrikan dan kemagnetan, serta fisika modern. Konsep-konsep tersebut memungkinkan peserta didik untuk menerapkan dan mengembangkan keterampilan inkuiri sains mereka.

Tujuan Pembelajaran

Tujuan Pembelajaran	Elemen CP	Indikator Pencapaian
Setelah mempelajari bab ini, siswa dapat memahami konsep dan sifat gelombang cahaya (pembiasan, dispersi, interferensi, difraksi, dan polarisasi) serta menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.	Pemahaman Sains	Siswa mampu memahami konsep sifat-sifat gelombang cahaya dan contohnya dalam kehidupan
	Keterampilan Proses	Siswa mampu menganalisis dan menerapkan konsep sifat-sifat gelombang cahaya dalam kehidupan sehari-hari

Kata Kunci : gelombang cahaya, pembiasan, dispersi, interferensi, difraksi, polarisasi.

Kompetensi Awal : siswa sudah mempelajari tentang gelombang dan gelombang bunyi.

Profil Pelajar Pancasila

Profil pelajar pancasila pada pembelajaran ini yaitu :

3. Beriman, bertakwa kepada Tuhan YME, dan berakhlak mulia
4. Bernalar kritis

Pemahaman Bermakna

4. Peserta didik mampu mengidentifikasi sifat-sifat gelombang cahaya dan contohnya dalam kehidupan sehari-hari.
5. Peserta didik mampu menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan sifat-sifat gelombang cahaya.
6. Peserta didik dapat menerapkan konsep gelombang cahaya dalam mempertimbangkan permasalahan teknologi, lingkungan, dan sosial.

Rancangan Penggunaan

6. Moda pembelajaran : dilakukan secara tatap muka (luring)
7. Target siswa : peserta didik reguler
8. Jumlah siswa : 36 peserta
9. Sarana dan prasarana :
 - d. Papan Tulis
 - e. Spidol Marker dan penghapus
 - f. LCD Proyektor
10. Media Pembelajaran : papan tulis dan spidol marker, ppt pembelajaran

Kegiatan Utama Pembelajaran

3. Pengaturan siswa : individu
4. Metode pembelajaran :
 - d. Ceramah

e. Demonstrasi melalui ppt dan e-modul

f. Latihan soal

Pertemuan ke 1 (1 JP)

Materi : Gelombang cahaya, pembiasan, dan dispersi cahaya

Model Pembelajaran : pembelajaran berbasis I-SETS

Durasi waktu : 45 menit

Aktivitas Guru	Alokasi Waktu
Pembukaan	
- Guru mengucapkan salam pembuka - Guru menanyakan kabar peserta didik dan melakukan presensi - Guru memimpin doa sebelum pembelajaran dimulai	2 menit
Pendahuluan	
Motivasi : Guru memberikan motivasi positif	3 menit
Apersepsi : Guru memberikan apersepsi	
Pertanyaan Pemantik : Pernahkah kamu melihat pelangi? Atau melihat orang berdiri di kolam tampak lebih pendek dari aslinya? Mengapa fenomena ini dapat terjadi?	
Kegiatan Inti	
1. Problem Orientation (Orientasi masalah) - Guru menyajikan isu dan permasalahan umum terkait gelombang cahaya	5 menit
2. Organizing students to learn (Pengorganisasian siswa) - Guru menjelaskan materi - Siswa diarahkan menggunakan buku teks atau LKS - Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya apa yang kurang	10 menit

dipahami dari pemaparan materi - Guru menjawab pertanyaan peserta didik	
3. Guiding students to do the inquiry (Pembimbingan penyelidikan) - Guru mengarahkan siswa untuk melakukan penyelidikan mengacu pada tugas atau pertanyaan umum dari guru/buku	10 menit
4. Develop and present the work (Pengembangan dan penyajian hasil karya) - Siswa menyampaikan hasil penelitiannya - Guru memberikan feedback dan pembahasan - Guru mempersilahkan siswa untuk bertanya - Guru memberikan penjelasan atas pertanyaan siswa	10 menit
5. Analyse and evaluate the problem solving process (Analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah) - Guru memberikan penguatan dan konfirmasi kepada siswa terkait konsep yang dipelajari	3 menit
Penutup	
- Guru memberikan kesempatan kepada salah satu atau dua peserta didik untuk menyampaikan kesimpulan dari pembelajaran - Guru menyampaikan agenda untuk pembelajaran selanjutnya - Guru menutup pembelajaran	2 menit

Pertemuan ke 2 (1 JP)

Materi : difraksi, interferensi, polarisasi cahaya dan aplikasi gelombang cahaya

Model Pembelajaran : pembelajaran berbasis I-SETS

Durasi waktu : 45 menit

Aktivitas Guru	Alokasi Waktu
----------------	---------------

Pembukaan		
- Guru mengucapkan salam pembuka - Guru menanyakan kabar peserta didik dan melakukan presensi - Guru memimpin doa sebelum pembelajaran dimulai		2 menit
Pendahuluan		
Motivasi : Guru memberikan motivasi positif Apersepsi : Guru memberikan apersepsi		3 menit
Pertanyaan Pemantik : Tahukah kamu bahwa banyak teknologi di sekitar kita dapat berkembang seperti sekarang di antaranya dengan menerapkan konsep gelombang cahaya? Ponsel kalian, LCD, dan teknologi lainnya dalam medis, manufaktur, fashion, hingga keamanan yang sangat bermanfaat dalam kehidupan kita, menerapkan konsep gelombang cahaya seperti pembiasan, difraksi, interferensi, dan polarisasi. Lantas, bagaimana konsep-konsep ini dapat bekerja pada benda-benda tersebut?		
Kegiatan Inti		
1. Problem Orientation (Orientasi masalah) - Guru menyajikan isu dan permasalahan umum terkait gelombang cahaya		5 menit
2. Organizing students to learn (Pengorganisasian siswa) - Guru menjelaskan materi - Siswa diarahkan menggunakan buku teks atau LKS - Guru memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk bertanya apa yang kurang dipahami dari pemaparan materi - Guru menjawab pertanyaan peserta didik		10 menit
3. Guiding students to do the inquiry		10 menit

(Pembimbingan penyelidikan) - Guru mengarahkan siswa untuk melakukan penyelidikan mengacu pada tugas atau pertanyaan umum dari guru/buku	
4. <i>Develop and present the work</i> (Pengembangan dan penyajian hasil karya) - Siswa menyampaikan hasil penelitiannya - Guru memberikan feedback dan pembahasan - Guru mempersilahkan siswa untuk bertanya - Guru memberikan penjelasan atas pertanyaan siswa	10 menit
5. <i>Analyse and evaluate the problem solving process</i> (Analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah) - Guru memberikan penguatan dan konfirmasi kepada siswa terkait konsep yang dipelajari	3 menit
Penutup	
- Guru memberikan kesempatan kepada salah satu atau dua peserta didik untuk menyampaikan kesimpulan dari pembelajaran - Guru menyampaikan agenda untuk pembelajaran selanjutnya - Guru menutup pembelajaran	2 menit

Asesmen

Asesmen yang digunakan pada pembelajaran ini yaitu berupa pretest

Persiapan Pembelajaran

7. Merencanakan tujuan pembelajaran
8. Menyiapkan materi dan media pembelajaran
9. Menyusun alur pembelajaran meliputi metode, strategi, model pembelajaran
10. Menyusun latihan soal

11. Menyusun asesmen yang akan dilakukan
12. Mengevaluasi dan membuat refleksi pembelajaran

Bahan Bacaan

Guru	Siswa
Giancoli, Douglas C. (2013). <i>Physics Principles with Applications 7th Edition</i> . United States of America : Pearson Education, Inc.	Buku Fisika untuk SMA Kelas 12 yang lainnya
Serway, Raymond A., & Jewett, Jr. John W. (2019). <i>Physics-for Scientists and Engineers with Modern Physics 10th edition</i> . United States of America : Cengage.	Sarah, LL., Suwarna, IR. (2022). <i>Fisika untuk SMA/MA Kelas XII</i> . Jakarta Selatan : Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi
Griffith, W. Thomas. Brosing, Juliet Wain. (2022). <i>The Physics of Everyday Phenomena: A Conceptual Introduction to Physics, Tenth Edition</i> . New York : McGraw Hill LLC.	Lasmi, Ni Ketut. (2023). <i>Fisika Kelas XII Kurikulum Merdeka</i> . Jakarta : Erlangga.

Glossarium

Difraksi	: Penyebaran cahaya saat melewati celah sempit atau sisi penghalang
Dispersi	: Pemisahan cahaya putih menjadi spektrum warna
Interferensi	: Perpaduan dua atau lebih cahaya
Refraksi	: Perubahan arah rambat cahaya saat melewati dua medium dengan kerapatan optik berbeda
Polarisasi	: Proses pemilahan arah getar gelombang cahaya

sehingga hanya satu arah tertentu yang
ditransmisikan

Referensi

Kanginan, Marthen. (2016). Fisika untuk SMA/MA Kelas XI Kurikulum 2013. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Radjawane, M.M., Tinambunan, Alvius., Jono, Suntar. (2022). Fisika untuk SMA/MA Kelas XI. Penerbit Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Lampiran 6 Kisi-Kisi Soal

KISI-KISI INSTRUMEN SOAL

Satuan Pendidikan : SMA/MA
 Materi : Gelombang Cahaya
 Mata Pelajaran : Fisika
 Bentuk Soal : Uraian
 Kelas/Semester : XI/Genap
 Jumlah Soal : 5

Aspek Berpikir Kritis	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)	Ranah Kognitif	Nomor Soal
Memberikan penjelasan sederhana (<i>elementary clarification</i>)	Menjelaskan fenomena pembiasan cahaya secara sederhana berdasarkan peristiwa yang diamati dalam kehidupan sehari-hari.	C2	1
Membangun keterampilan dasar (<i>basic support</i>)	Menganalisis perhitungan berdasarkan narasi yang disediakan	C3	2
Menyimpulkan (<i>inference</i>)	Menarik kesimpulan dari suatu pernyataan tentang aplikasi gelombang cahaya dan memberikan alasan yang menguatkan	C4	3
Memberikan penjelasan lebih lanjut (<i>advanced clarification</i>)	Siswa mampu menganalisis dan menjelaskan lebih lanjut asumsi ilmiah dalam fenomena gelombang cahaya serta mengonstruksi argumen logis tentang penerapan konsep gelombang cahaya dalam kehidupan.	C4	4

Mengatur strategi dan taktik (<i>strategy and tactics</i>)	Menentukan tindakan dan merumuskan solusi alternatif yang relevan terhadap masalah yang timbul akibat penggunaan teknologi berbasis gelombang cahaya dalam kehidupan sehari-hari.	C5	5
--	---	----	---

PEDOMAN PENSKORAN SOAL PRE-TEST DAN POST-TEST

PRE-TEST		
No.	Kunci Jawaban	Pedoman Penskoran
1	Kunci Jawaban : a. Pola gelap-terang dapat terbentuk karena interferensi cahaya. Gelombang cahaya yang melewati kedua celah tersebut bertemu di layar dan membentuk pola interferensi. Interferensi konstruktif membentuk pola atau pita terang, sedangkan interferensi destruktif membentuk pita gelap. Interferensi konstruktif terjadi ketika dua gelombang cahaya yang bertemu berada dalam fase yang sama, yaitu puncak gelombang bertemu dengan puncak lainnya, menghasilkan intensitas cahaya yang lebih besar (pita terang). Sebaliknya, interferensi destruktif terjadi ketika dua gelombang cahaya yang bertemu berada dalam	a. Kata Kunci : (yang bercetak tebal) Skor : 4 = menyebutkan kata kunci, penjelasan tepat sesuai 3 = menyebutkan kata kunci, penjelasan kurang 2 = menyebutkan kata kunci tanpa menjelaskan atau penjelasan tidak relevan 1 = menyebutkan istilah yang mendekati kata kunci atau penjelasan 0 = Tidak menjawab atau jawaban salah/tidak relevan. b. Diketahui : 3 (setiap item bernilai 1) Ditanya : 1

	fase berlawanan, yaitu puncak bertemu dengan lembah, sehingga gelombang saling menghapus dan menghasilkan intensitas cahaya yang lebih kecil atau bahkan tidak ada cahaya sama sekali (pita gelap) b. Diketahui : $\lambda = 600 \text{ nm} = 600 \times 10^{-9} \text{ m}$ $l = 1,5 \text{ m}$ $d = 0,2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$ Ditanyakan : $y = ?$ Jawab : $y = \frac{\lambda \cdot l}{d}$ $y = \frac{600 \cdot 10^{-9} \cdot 1,5}{2 \cdot 10^{-4}} = \frac{9 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-4}} = y = 4,5 \times 10^{-3} \text{ m} = 4,5 \text{ mm}$ Jadi, jarak antara dua pita terang berurutan pada layar adalah 4,5 mm.	Jawaban : menuliskan rumus dengan tepat (1) Memasukkan angka dengan tepat (2) Perhitungan jelas dan logis (2) Hasil tepat (2) Total skor : 11
2	Kunci Jawaban : a. $n_{\text{udara}} < n_{\text{es}}$ sehingga saat berpindah dari udara ke es, kecepatan cahaya akan melambat/berkurang : $v_{\text{udara}} > v_{\text{es}}$, sesuai persamaan $v = \frac{c}{n}$	a. Kata Kunci : (yang bercetak tebal) Skor : 4 = menyebutkan kata kunci, penjelasan tepat sesuai 3 = menyebutkan kata kunci, penjelasan kurang 2 = menyebutkan kata kunci tanpa menjelaskan

	b. Diketahui : $n_{udara} = 1$ $n_{berlian} = 2,42$ $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ Ditanya : $v_{berlian}$? Jawab : $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{2,42} = 1,24 \times 10^8 \text{ m/s}$ Jadi, kecepatan sinar saat melintasi berlian adalah $1,24 \times 10^8 \text{ m/s}$	atau penjelasan tidak relevan 1 = menyebutkan istilah yang mendekati kata kunci atau penjelasan 0 = Tidak menjawab atau jawaban salah/tidak relevan. b. Diketahui : 3 (setiap item bernilai 1) Ditanya : 1 Jawaban : menuliskan rumus dengan tepat (2) Perhitungan jelas dan logis (2) Hasil tepat (2) Total skor : 10
3	Kunci Jawaban : a. Pembiasan cahaya terjadi ketika cahaya melewati atmosfer Bumi, yang memiliki kerapatan optik berbeda pada setiap lapisan. Ketika cahaya bulan memasuki atmosfer, kecepatan cahaya berubah karena perbedaan indeks pembiasan udara di berbagai lapisan atmosfer. Cahaya yang datang dari bulan akan membelok sedikit saat melewati atmosfer, menyebabkan citra hilal tampak sedikit bergeser atau terdistorsi, terutama saat bulan berada dekat cakrawala. Proses ini mempengaruhi akurasi pengamatan hilal, karena posisi hilal yang terlihat di langit bisa berbeda sedikit dari posisi	a. Kata Kunci : (yang bercetak tebal) Skor : 5 = menyebutkan kata kunci, penjelasan tepat sesuai 3-4 = menyebutkan kata kunci, penjelasan kurang 2 = menyebutkan kata kunci tanpa menjelaskan atau penjelasan tidak relevan 1 = menyebutkan istilah yang mendekati kata kunci atau penjelasan 0 = Tidak menjawab atau jawaban salah/tidak relevan. b. Kata Kunci : (yang bercetak tebal)

	sebenarnya akibat pembiasan atmosfer. b. Prinsip interferensi cahaya digunakan untuk memperjelas citra hilal yang tipis dengan cara memperkuat atau mengurangi intensitas cahaya yang diteruskan melalui teleskop. Dalam interferensi konstruktif, gelombang cahaya dari bulan yang searah akan saling memperkuat, menghasilkan gambar yang lebih terang dan jelas. Sebaliknya, dalam interferensi destruktif, gelombang yang tidak diinginkan atau gangguan dapat dihilangkan. Dengan memanfaatkan interferensi, teleskop yang dilengkapi dengan filter optik dan teknologi CCD dapat meningkatkan kontras antara hilal dan langit, menghasilkan citra hilal yang lebih tajam dan jelas, meskipun cahaya bulan sangat tipis.	Skor : 6 = menyebutkan kata kunci lengkap, penjelasan tepat sesuai 4-5 = menyebutkan kata kunci kurang lengkap, penjelasan sesuai 2-3 = menyebutkan kata kunci kurang lengkap, penjelasan kurang lengkap namun sesuai 1 = jawaban tidak lengkap atau tidak sesuai 0 = tidak menjawab
4	Kunci Jawaban : Untuk meminimalkan pembiasan, kita menginginkan perbedaan indeks bias antara bahan lensa (n_2) dan kabut ($n_1 \approx 1,33$) sekecil mungkin. Semakin kecil perbedaan indeks bias, semakin kecil pula sudut pembiasan, sehingga cahaya akan cenderung lurus dan tidak terlalu menyebar. Dari pilihan yang tersedia, akrilik ($n=1,49$) memiliki indeks bias yang paling dekat dengan indeks bias	6 = jawaban tepat, penjelasan tepat 4-5 = jawaban tepat, penjelasan kurang 3 = jawaban tepat, tanpa penjelasan atau penjelasan tidak relevan 1-2 = jawaban tidak lengkap atau tidak sesuai 0 = tidak dijawab

	kabut (mendekati 1,33) dibandingkan dengan pilihan lainnya. Dengan pembiasan yang minimal, cahaya yang dipancarkan oleh lampu akan tetap lebih fokus dan tidak terlalu menyebar oleh partikel-partikel kabut, sehingga meningkatkan visibilitas.	
POST-TEST		
1	a. Sedotan tampak patah saat dimasukkan ke dalam air di dalam gelas karena peristiwa pembiasan cahaya (refraksi). Cahaya yang datang dari bagian sedotan yang berada di dalam air bergerak dari medium yang lebih rapat (air) ke medium yang kurang rapat (udara). Ketika cahaya melintas dari satu medium ke medium lain dengan kerapatan optik yang berbeda, kecepatannya berubah dan arah rambatnya membelok. b. Diketahui : $n_1 = 1$ $n_2 = 1,33$ $\theta_i = 60^\circ$ Ditanya : θ_r ? Jawab : $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$	a. Kata Kunci : (yang bercetak tebal) Skor : 4 = menyebutkan kata kunci, penjelasan tepat sesuai 3 = menyebutkan kata kunci, penjelasan kurang 2 = menyebutkan kata kunci tanpa menjelaskan atau penjelasan tidak relevan 1 = menyebutkan istilah yang mendekati kata kunci atau penjelasan 0 = Tidak menjawab atau jawaban salah/tidak relevan. b. Diketahui : 3 (setiap item bernilai 1) Ditanya : 1 Jawaban : menuliskan rumus dengan tepat (1) Memasukkan angka dengan tepat (2) Perhitungan jelas dan logis (2) Hasil tepat (2)

	$1 \sin 60^\circ = 1,33 \sin \theta_r$ $\sin \theta_r = \frac{1}{2 \times 1,33} = \frac{1}{2,667}$ $\sin \theta_r = 0,376$ $\theta_r = \arcsin (0,376) \approx 22^\circ$	Total skor : 11
2	Kunci Jawaban : c. $n_{\text{berlian}} > n_{\text{udara}}$ sehingga saat berpindah dari udara ke es, kecepatan cahaya : $v_{\text{berlian}} < v_{\text{udara}}$ sesuai persamaan $v = \frac{c}{n}$ d. Diketahui : $n_{\text{udara}} = 1$ $n_{\text{plastik}} = 1,50$ $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ Ditanya : $v_{\text{plastik}} ?$ Jawab : $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1,50} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$ Jadi, kecepatan sinar saat melintasi berlian adalah $1,24 \times 10^8 \text{ m/s}$	c. Kata Kunci : (yang bercetak tebal) Skor : 4 = menyebutkan kata kunci, penjelasan tepat sesuai 3 = menyebutkan kata kunci, penjelasan kurang 2 = menyebutkan kata kunci tanpa menjelaskan atau penjelasan tidak relevan 1 = menyebutkan istilah yang mendekati kata kunci atau penjelasan 0 = Tidak menjawab atau jawaban salah/tidak relevan. d. Diketahui : 3 (setiap item bernilai 1) Ditanya : 1 Jawaban : menuliskan rumus dengan tepat (2) Perhitungan jelas dan logis (2) Hasil tepat (2) Total skor : 10

3	Kunci Jawaban : a. Pembiasan cahaya terjadi ketika cahaya melewati atmosfer Bumi, yang memiliki kerapatan optik berbeda pada setiap lapisan. Ketika cahaya bulan memasuki atmosfer, kecepatan cahaya berubah karena perbedaan indeks pembiasan udara di berbagai lapisan atmosfer. Cahaya yang datang dari bulan akan membelok sedikit saat melewati atmosfer, menyebabkan citra hilal tampak sedikit bergeser atau terdistorsi, terutama saat bulan berada dekat cakrawala. Proses ini mempengaruhi akurasi pengamatan hilal, karena posisi hilal yang terlihat di langit bisa berbeda sedikit dari posisi sebenarnya akibat pembiasan atmosfer. b. Prinsip interferensi cahaya digunakan untuk memperjelas citra hilal yang tipis dengan cara memperkuat atau mengurangi intensitas cahaya yang diteruskan melalui teleskop. Dalam interferensi konstruktif, gelombang cahaya dari bulan yang searah akan saling memperkuat, menghasilkan gambar yang lebih terang dan jelas. Sebaliknya, dalam interferensi destruktif, gelombang yang tidak diinginkan atau gangguan dapat dihilangkan. Dengan memanfaatkan interferensi, teleskop yang dilengkapi dengan filter optik dan teknologi CCD dapat	a. Kata Kunci : (yang bercetak tebal) Skor : 5 = menyebutkan kata kunci, penjelasan tepat sesuai 3-4 = menyebutkan kata kunci, penjelasan kurang 2 = menyebutkan kata kunci tanpa menjelaskan atau penjelasan tidak relevan 1 = menyebutkan istilah yang mendekati kata kunci atau penjelasan 0 = Tidak menjawab atau jawaban salah/tidak relevan. b. Kata Kunci : (yang bercetak tebal) Skor : 6 = menyebutkan kata kunci lengkap, penjelasan tepat sesuai 4-5 = menyebutkan kata kunci kurang lengkap, penjelasan sesuai 2-3 = menyebutkan kata kunci kurang lengkap, penjelasan kurang lengkap namun sesuai 1 = jawaban tidak lengkap atau tidak sesuai 0 = tidak menjawab
---	--	---

	meningkatkan kontras antara hilal dan langit, menghasilkan citra hilal yang lebih tajam dan jelas, meskipun cahaya bulan sangat tipis.	
4	Kunci Jawaban : Untuk meminimalkan pembiasan, kita menginginkan perbedaan indeks bias antara bahan lensa (n_2) dan kabut ($n_1 \approx 1,33$) sekecil mungkin. Semakin kecil perbedaan indeks bias, semakin kecil pula sudut pembiasan, sehingga cahaya akan cenderung lurus dan tidak terlalu menyebar. Dari pilihan yang tersedia, akrilik ($n=1,49$) memiliki indeks bias yang paling dekat dengan indeks bias kabut (mendekati 1,33) dibandingkan dengan pilihan lainnya. Dengan pembiasan yang minimal, cahaya yang dipancarkan oleh lampu akan tetap lebih fokus dan tidak terlalu menyebar oleh partikel-partikel kabut, sehingga meningkatkan visibilitas.	6 = jawaban tepat, penjelasan tepat 4-5 = jawaban tepat, penjelasan kurang 3 = jawaban tepat, tanpa penjelasan atau penjelasan tidak relevan 1-2 = jawaban tidak lengkap atau tidak sesuai 0 = tidak dijawab

SOAL PRETEST

Mata Pelajaran	: Fisika
Satuan Pendidikan	: MAN 1 Kota Semarang
Alokasi Waktu	: 45 menit
Jumlah Soal	: 4 soal uraian
Materi Pokok	: Gelombang Cahaya

Petunjuk Pengerjaan :

1. Berdoalah sebelum mengerjakan soal
2. Tuliskan identitas Anda pada lembar jawaban yang tersedia
3. Periksa dan bacalah soal dengan teliti
4. Tuliskan jawaban Anda dengan jelas dan sesuai instruksi
5. Periksa kembali jawaban Anda sebelum dikumpulkan

~ **SELAMAT MENGERJAKAN** ~

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan jelas dan benar!

1. Xaviera sedang mengikuti lomba karya ilmiah remaja di sekolahnya. Untuk membuktikan konsep gelombang cahaya, ia melakukan percobaan sederhana: sebuah laser berwarna merah dengan panjang gelombang 600 nm ditembakkan menuju dua celah sempit yang jaraknya 0,2 mm. Di layar yang dipasang 1,5 meter dari celah, tampak pola gelap-terang khas interferensi. Xaviera ingin memahami lebih dalam tentang pola tersebut. Bantu dia menjawab pertanyaan berikut:
 - a. Jelaskan secara sederhana bagaimana pola gelap-terang tersebut bisa terbentuk!
 - b. Hitung jarak antara dua pita terang berurutan di layar berdasarkan data percobaan Xaviera!
2. Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat bahwa cahaya dapat berubah kecepatannya (baik nilai maupun arahnya) saat melewati medium yang berbeda. Sebagaimana Allah SWT menciptakan alam ini dengan keteraturan hukum-hukum alam, cahaya pun mengikuti ketetapan-Nya

ketika bergerak melalui berbagai bahan. Perhatikan tabel indeks bias berikut ini:

Nama Bahan	Indeks Bias (n)
Udara	1,00
Air	1,33
Berlian	2,42
Es	1,31
Etil alkohol	1,36

Suatu sinar dengan panjang gelombang 520 nm dipancarkan melalui medium yang berbeda.

- a. Berdasarkan hukum-hukum optik, deduksikan bagaimana perubahan kecepatan sinar saat melewati udara menuju es!
 - b. Berapakah kecepatan sinar saat melintasi berlian? ($c = 3 \times 10^8$ m/s)
3. Dalam kegiatan rukyatul hilal (pengamatan bulan baru untuk menentukan awal bulan Hijriah), para astronom Muslim modern menggunakan teknologi teleskop canggih yang dilengkapi dengan filter optik dan kamera berbasis CCD (*Charge Coupled Device*). Peralatan ini memanfaatkan sifat gelombang cahaya, seperti pembiasan dan interferensi, untuk memperjelas citra hilal yang sangat tipis di langit senja. Dalam Islam, penetapan awal bulan adalah bagian dari ibadah yang berkaitan dengan akurasi dalam waktu, yang menunjukkan pentingnya mengintegrasikan iman dan ilmu secara seimbang, bukan hanya bergantung pada teknologi.
- a. Identifikasi bagaimana proses pembiasan cahaya dapat terjadi saat pengamatan hilal dan bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengamatan?
 - b. Ceritakan menurut pemahamanmu, bagaimana prinsip interferensi cahaya dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan ketajaman citra hilal yang diamati melalui teleskop?
4. Sebuah tim pengembang teknologi lampu kendaraan ingin membuat lampu khusus untuk meningkatkan keselamatan berkendara di jalan berkabut, yang dapat:

- Meminimalkan pembiasan berlebihan agar cahaya tetap fokus dan tidak terlalu menyebar di kabut.
- Memaksimalkan transmisi cahaya sehingga lebih banyak cahaya menembus kabut.

Pertimbangan bahan yang digunakan yaitu pada tabel berikut :

Nama Bahan	Indeks Bias (n)
Udara	1,00
Air	1,33
Kaca biasa	1,50
Akrilik	1,49
Kaca Flint	1,65
Plastik polikarbonat	1,58

Asumsi kabut cukup pekat sehingga indeks biasnya mendekati indeks bias air. Berdasarkan tabel di atas, manakah bahan yang paling tepat digunakan untuk lensa lampu kendaraan tersebut? Berikan alasan dengan mempertimbangkan prinsip fisika tentang gelombang cahaya dan pembiasan.

Lampiran 8 Soal Post Test

SOAL POSTTEST

Mata Pelajaran	: Fisika
Satuan Pendidikan	: MAN 1 Kota Semarang
Alokasi Waktu	: 45 menit
Jumlah Soal	: 4 soal uraian
Materi Pokok	: Gelombang Cahaya

Petunjuk Pengerjaan :

1. Berdoalah sebelum mengerjakan soal
2. Tuliskan identitas Anda pada lembar jawaban yang tersedia
3. Periksa dan bacalah soal dengan teliti
4. Tuliskan jawaban Anda dengan jelas dan sesuai instruksi
5. Periksa kembali jawaban Anda sebelum dikumpulkan

~ SELAMAT MENGERJAKAN ~

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan jelas dan benar!

1. Perhatikan gambar berikut !



Ketika istirahat, Moana membeli makanan dan air putih. Saat mendapatkan air dalam gelas, ia memasukkan sedotan dan melihat bahwa sedotan tampak patah seperti gambar.

- a. Berdasarkan konsep sifat gelombang cahaya yang sudah kamu pelajari, mengapa sedotan tampak patah saat dimasukkan ke dalam air di dalam gelas tersebut? Jelaskan.
- b. Hitunglah besar sudut bias jika sudut datang cahaya dari udara ke air adalah 36° . (indeks bias udara = 1,00 ; indeks bias air = 1,33 ; $\sin 36^\circ = 0,6$; $\arcsin 0,45 = 26,8^\circ$).

2. Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melihat bahwa cahaya dapat berubah kecepatannya (baik nilai maupun arahnya) saat melewati medium yang berbeda. Sebagaimana Allah SWT menciptakan alam ini dengan keteraturan hukum-hukum alam, cahaya pun mengikuti ketetapan-Nya ketika bergerak melalui berbagai bahan. Perhatikan tabel indeks bias berikut ini:

Nama Bahan	Indeks Bias (n)
Udara	1,00
Air	1,33
Berlian	2,42
Plastik	1,50
Etil alkohol	1,36

- Suatu sinar dengan panjang gelombang 500 nm dipancarkan melalui medium yang berbeda.
- Berdasarkan hukum-hukum optik, deduksikan dan beri penjelasan bagaimana perubahan kecepatan sinar saat melewati berlian menuju ke udara!
 - Berapakah kecepatan sinar saat melintasi plastik? ($c = 3 \times 10^8$ m/s)
3. Dalam kegiatan rukyatul hilal (pengamatan bulan baru untuk menentukan awal bulan Hijriah), para astronom Muslim modern menggunakan teknologi teleskop canggih yang dilengkapi dengan filter optik dan kamera berbasis CCD (*Charge Coupled Device*). Peralatan ini memanfaatkan sifat gelombang cahaya, seperti pembiasan dan interferensi, untuk memperjelas citra hilal yang sangat tipis di langit senja. Dalam Islam, penetapan awal bulan adalah bagian dari ibadah yang berkaitan dengan akurasi dalam waktu, yang menunjukkan pentingnya mengintegrasikan iman dan ilmu secara seimbang, bukan hanya bergantung pada teknologi.
- Identifikasi bagaimana proses pembiasan cahaya dapat terjadi saat pengamatan hilal dan bagaimana pengaruhnya terhadap hasil pengamatan?
 - Ceritakan menurut pemahamanmu, bagaimana prinsip interferensi cahaya dapat dimanfaatkan untuk

meningkatkan ketajaman citra hilal yang diamati melalui teleskop?

4. Sebuah tim pengembang teknologi lampu kendaraan ingin membuat lampu khusus untuk meningkatkan keselamatan berkendara di jalan berkabut, yang dapat:
- Meminimalkan pembiasan berlebihan agar cahaya tetap fokus dan tidak terlalu menyebar di kabut.
 - Memaksimalkan transmisi cahaya sehingga lebih banyak cahaya menembus kabut.

Pertimbangan bahan yang digunakan yaitu pada tabel berikut :

Nama Bahan	Indeks Bias (n)
Kaca biasa	1,50
Akrilik	1,49
Kaca Flint	1,65
Plastik polikarbonat	1,58

Asumsi kabut cukup pekat sehingga indeks biasnya mendekati indeks bias air. Berdasarkan tabel di atas, manakah bahan yang paling tepat digunakan untuk lensa lampu kendaraan tersebut? Berikan alasan dengan mempertimbangkan prinsip fisika tentang gelombang cahaya dan pembiasan.

**MODUL ELEKTRONIK
FISIKA**
BERBASIS I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
AND SOCIETY)

GELombang CAHAYA

Disusun Oleh:
Faustiah Nurmaningrum

Pembimbing:
Arsini, M.Sc.
Edi Daemuri Anwar, M.Si.

GRADE
XI
SEMESTER
GIAWA

Penerbitan
by Nidhika

Heyzine
Flipbooks

KATA PENGANTAR	
Seperti yang kita tahu, dalam setiap kegiatan, ada yang namanya kata pengantar. Kata pengantar ini berfungsi untuk menyampaikan maksud dan tujuan dari kegiatan tersebut. Kata pengantar ini juga berfungsi untuk menyampaikan informasi kepada pembaca tentang kegiatan tersebut. Kata pengantar ini juga berfungsi untuk menyampaikan informasi kepada pembaca tentang kegiatan tersebut.	
DAFTAR ISI	
KATA PENGANTAR	1
DAFTAR ISI	1
PETUNJUK PENYUSUNAN MODUL	46
TUGAS DAN SOAL	46
PETA KONSEP	46
CAPAIAN PEMBELAJARAN	46
URAIAN MATERI	46
MATERI 1: PEMERIKSAAN	46
MATERI 2: DESKRIPTOR	46
MATERI 3: AKTIVITAS	46
MATERI 4: DISKUSI	46
MATERI 5: PEMBAHASAN	46
MATERI 6: PENYAJIAN	46
MATERI 7: PENYAJIAN	46
MATERI 8: PENYAJIAN	46
MATERI 9: PENYAJIAN	46
MATERI 10: PENYAJIAN	46
MATERI 11: PENYAJIAN	46
MATERI 12: PENYAJIAN	46
MATERI 13: PENYAJIAN	46
MATERI 14: PENYAJIAN	46
MATERI 15: PENYAJIAN	46
MATERI 16: PENYAJIAN	46
MATERI 17: PENYAJIAN	46
MATERI 18: PENYAJIAN	46
MATERI 19: PENYAJIAN	46
MATERI 20: PENYAJIAN	46
MATERI 21: PENYAJIAN	46
MATERI 22: PENYAJIAN	46
MATERI 23: PENYAJIAN	46
MATERI 24: PENYAJIAN	46
MATERI 25: PENYAJIAN	46
MATERI 26: PENYAJIAN	46
MATERI 27: PENYAJIAN	46
MATERI 28: PENYAJIAN	46
MATERI 29: PENYAJIAN	46
MATERI 30: PENYAJIAN	46
MATERI 31: PENYAJIAN	46
MATERI 32: PENYAJIAN	46
MATERI 33: PENYAJIAN	46
MATERI 34: PENYAJIAN	46
MATERI 35: PENYAJIAN	46
MATERI 36: PENYAJIAN	46
MATERI 37: PENYAJIAN	46
MATERI 38: PENYAJIAN	46
MATERI 39: PENYAJIAN	46
MATERI 40: PENYAJIAN	46
MATERI 41: PENYAJIAN	46
MATERI 42: PENYAJIAN	46
MATERI 43: PENYAJIAN	46
MATERI 44: PENYAJIAN	46
MATERI 45: PENYAJIAN	46
MATERI 46: PENYAJIAN	46
MATERI 47: PENYAJIAN	46
MATERI 48: PENYAJIAN	46
MATERI 49: PENYAJIAN	46
MATERI 50: PENYAJIAN	46
MATERI 51: PENYAJIAN	46
MATERI 52: PENYAJIAN	46
MATERI 53: PENYAJIAN	46
MATERI 54: PENYAJIAN	46
MATERI 55: PENYAJIAN	46
MATERI 56: PENYAJIAN	46
MATERI 57: PENYAJIAN	46
MATERI 58: PENYAJIAN	46
MATERI 59: PENYAJIAN	46
MATERI 60: PENYAJIAN	46
MATERI 61: PENYAJIAN	46
MATERI 62: PENYAJIAN	46
MATERI 63: PENYAJIAN	46
MATERI 64: PENYAJIAN	46
MATERI 65: PENYAJIAN	46
MATERI 66: PENYAJIAN	46
MATERI 67: PENYAJIAN	46
MATERI 68: PENYAJIAN	46
MATERI 69: PENYAJIAN	46
MATERI 70: PENYAJIAN	46
MATERI 71: PENYAJIAN	46
MATERI 72: PENYAJIAN	46
MATERI 73: PENYAJIAN	46
MATERI 74: PENYAJIAN	46
MATERI 75: PENYAJIAN	46
MATERI 76: PENYAJIAN	46
MATERI 77: PENYAJIAN	46
MATERI 78: PENYAJIAN	46
MATERI 79: PENYAJIAN	46
MATERI 80: PENYAJIAN	46
MATERI 81: PENYAJIAN	46
MATERI 82: PENYAJIAN	46
MATERI 83: PENYAJIAN	46
MATERI 84: PENYAJIAN	46
MATERI 85: PENYAJIAN	46
MATERI 86: PENYAJIAN	46
MATERI 87: PENYAJIAN	46
MATERI 88: PENYAJIAN	46
MATERI 89: PENYAJIAN	46
MATERI 90: PENYAJIAN	46
MATERI 91: PENYAJIAN	46
MATERI 92: PENYAJIAN	46
MATERI 93: PENYAJIAN	46
MATERI 94: PENYAJIAN	46
MATERI 95: PENYAJIAN	46
MATERI 96: PENYAJIAN	46
MATERI 97: PENYAJIAN	46
MATERI 98: PENYAJIAN	46
MATERI 99: PENYAJIAN	46
MATERI 100: PENYAJIAN	46

[illegible]

PETA KONSEP

GELOMBANG CAHAYA

```

graph TD
    GC[Gelombang Cahaya] --> R[Rambatan]
    GC --> B[Bias]
    GC --> D[Difraksi]
    GC --> I[Interferensi]
    GC --> K[Kombinasi Cahaya]
    R --> RT[Gerak Lurus]
    R --> RC[Gerak Putar]
    B --> B1[Refraksi]
    B --> B2[Refleksi]
    B2 --> B2a[Spesular]
    B2 --> B2b[Difusif]
    K --> K1[Adaptasi Mata]
    K --> K2[Warna]
    K --> K3[Warna]
    
```

CAPAIAN PEMBELAJARAN

Pada akhir Fase K, peserta didik mampu memahami konsep kinematika dan dinamika, fluida, termodinamika, gelombang, mekanika dan elektromagnetik, serta fisika modern, konsep-konsep tersebut merupakan prasyarat untuk mempelajari dan mengembangkan keterampilan intelektual sains mendasar.

TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Menjelaskan sifat dan fenomena gelombang cahaya.
2. Menganalisis fenomena gelombang cahaya dalam teknologi dan kehidupan.
3. Mengevaluasi permasalahan terkait cahaya dari aspek FISIK.

INDIKATOR

1. Menjelaskan konsep dasar gelombang cahaya serta keterkaitannya dalam kehidupan.
2. Menganalisis konsep pemantulan, refraksi, dispersi, polarisasi untuk menjelaskan soal-soal gelombang cahaya.
3. Menganalisis keterkaitan antara fenomena gelombang cahaya dengan aspek teknologi, kesehatan, dan masyarakat.
4. Mengevaluasi dampak penggunaan teknologi berbasis cahaya terhadap lingkungan dan nilai sosial kearifan.

[illegible]

Materi 1

Pembiasan Cahaya

Konvergen 2 sinar sejajar yang sejajar dengan sumbu optik

Konvergen 1 sinar ke satu titik dengan sumbu optik

Konvergen 2 sinar sejajar yang sejajar dengan sumbu optik

Pembiasan cahaya merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi karena perbedaan kecepatan cahaya yang bergerak dari satu medium ke medium lainnya. Ketika cahaya bergerak dari satu medium ke medium lainnya, kecepatan cahaya akan berubah, yang akan menyebabkan cahaya membelok. Pembelokan cahaya ini disebut sebagai pembiasan cahaya.

Pada saat faktor yang mempengaruhi pembiasan cahaya?

Salah satu faktor yang mempengaruhi pembiasan cahaya adalah perbedaan indeks bias. Indeks bias adalah suatu besaran yang menunjukkan seberapa banyak cahaya akan membelok ketika bergerak dari satu medium ke medium lainnya. Semakin tinggi indeks bias suatu medium, semakin banyak cahaya akan membelok ketika bergerak dari medium tersebut ke medium lainnya.

[illegible][illegible][illegible]

Keterangan:
 θ = sudut simpangan antara sinar dan layar (derajat)
 d = panjang gelombang (m)
 λ = jarak antar celah (m)
 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ (n adalah orde terang/gelap ke-n)
 y = jarak antara dua garis terang atau gelap
 Y = jarak antara celah ke layar

2. Interferensi pada Lapisan Tipis

Interferensi juga dapat terjadi pada lapisan tipis, seperti pada gelembung sabun dan lapisan tipis minyak di atas yang basah. Interferensi konstruktif terjadi antara cahaya yang dipantulkan dari kedua permukaan lapisan tipis sehingga menghasilkan efek warna seperti pelangi. Efek ini dapat terlihat jika kita melihat lapisan bening dalam air, permukaan gelembung sabun, atau ketebalan lapisan pada lempeng logam yang tipis.

Ada interferensi lapisan tipis di sekitar kita. Misalnya, pada permukaan air yang tenang, kita dapat melihat warna-warna yang indah. Ini terjadi karena interferensi cahaya yang dipantulkan dari permukaan air dan permukaan lapisan tipis di atasnya.

Contoh Soal:

Sebuah cahaya melewati dua celah sempit dengan jarak 0,5 mm. Dua celah tersebut dipisahkan 1 m dari layar. Jika jarak antara garis terang adalah 1,3 mm, maka panjang gelombang cahaya yang melewati dua celah tersebut adalah...

Penyelesaian:

Diketahui:
 $d = 0,5 \text{ mm}$
 $m = 1$
 $\lambda = 650 \text{ nm}$
 $y = 1,3 \text{ mm}$
 $Y = 1 \text{ m}$

Ditanyakan: y

Jawab:

$$y = \frac{m\lambda Y}{d} = \frac{1 \times 650 \times 10^{-9} \times 1}{0,5 \times 10^{-3}} = 1,3 \text{ mm}$$

Materi 6 Difraksi Cahaya

Interaksi cahaya dengan materi yang menyebabkan cahaya menyebar ke segala arah ketika melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

Interaksi ini dapat terjadi pada gelombang mekanik, elektromagnetik, dan partikel. Difraksi cahaya terjadi ketika cahaya melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

Difraksi Cahaya Tunggal

Interaksi cahaya dengan materi yang menyebabkan cahaya menyebar ke segala arah ketika melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

Contoh Soal:

Sebuah cahaya melewati celah sempit dengan lebar 0,5 mm. Jika jarak antara garis terang adalah 1,3 mm, maka panjang gelombang cahaya yang melewati celah tersebut adalah...

Penyelesaian:

Diketahui:
 $d = 0,5 \text{ mm}$
 $m = 1$
 $\lambda = 650 \text{ nm}$
 $y = 1,3 \text{ mm}$
 $Y = 1 \text{ m}$

Ditanyakan: y

Jawab:

$$y = \frac{m\lambda Y}{d} = \frac{1 \times 650 \times 10^{-9} \times 1}{0,5 \times 10^{-3}} = 1,3 \text{ mm}$$

Rumus untuk difraksi cahaya tunggal yaitu:

- Untuk Pita Gelap: $d \sin \theta = m\lambda$
- Untuk Pita Terang: $d \sin \theta = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$

Keterangan:
 d = lebar celah (meter)
 λ = panjang gelombang (meter)
 m = orde atau pita ke-1, ke-2, dst.

3) Difraksi Kisi (Celah Banyak)

Interaksi cahaya dengan materi yang menyebabkan cahaya menyebar ke segala arah ketika melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

Contoh Soal:

Sebuah cahaya melewati kisi dengan jarak antar celah 0,5 mm. Jika jarak antara garis terang adalah 1,3 mm, maka panjang gelombang cahaya yang melewati kisi tersebut adalah...

Penyelesaian:

Diketahui:
 $d = 0,5 \text{ mm}$
 $m = 1$
 $\lambda = 650 \text{ nm}$
 $y = 1,3 \text{ mm}$
 $Y = 1 \text{ m}$

Ditanyakan: y

Jawab:

$$y = \frac{m\lambda Y}{d} = \frac{1 \times 650 \times 10^{-9} \times 1}{0,5 \times 10^{-3}} = 1,3 \text{ mm}$$

Materi 6 Aplikasi Gelombang Cahaya

1. Aplikasi Gelombang Cahaya

Interaksi cahaya dengan materi yang menyebabkan cahaya menyebar ke segala arah ketika melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

2. Sifat-sifat Gelombang Cahaya

Interaksi cahaya dengan materi yang menyebabkan cahaya menyebar ke segala arah ketika melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

3. Spektroskopi

Interaksi cahaya dengan materi yang menyebabkan cahaya menyebar ke segala arah ketika melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

4. Layer LCD (Liquid Crystal Display)

Interaksi cahaya dengan materi yang menyebabkan cahaya menyebar ke segala arah ketika melewati celah sempit atau menghadapi rintangan yang ukurannya sebanding dengan panjang gelombangnya.

5. Inovasi dalam Teknologi Tekstil

Bahan tekstil telah lama menjadi teknologi yang mengklasifikasi konsep gelombang cahaya mengenai perkembangan optik yang dengan konsep baru di bidang komunikasi, kesehatan, industri, hingga aktivitas di antaranya:

- D-T (Light Textile) Teknologi ini menggunakan cahaya untuk memonitorisasi data dengan konsep ringgi, ini menjadi alternatif yang lebih murah dari kapal dengan MRI, terutama di lingkungan seperti pabrik dan rumah sakit.
- Kacaman di rumah kesehatan. Misalnya, individu dengan gangguan penglihatan atau disabilitas lain dengan menggunakan internet atau sensor yang terpasang pada lensa.
- Ulaye Mini-LED dan OLED Memerlukan kualitas visual tinggi dan intensitas energi yang lebih rendah dari panel pengingat digital seperti TV laptop dan panel.
- Fiber Optik dengan kemampuan memampatkan ringgi cahaya dengan konsep ringgi, terutama dalam industri kesehatan, seperti gambar, dan kesehatan. Fiber optik juga digunakan untuk transmisi data, pemantauan industri, dan di bidang kesehatan, seperti pemantauan otak dan endoskopi, serta pemantauan kesehatan dari jarak jauh.
- LCD (Light Amplification Stimulated Emission and Radiation) digunakan untuk berbagai fungsi, seperti pemantauan, pengajaran, pengujian, dan pembelajaran. Dalam tindakan medis, yaitu memonitor, membantu atau meningkatkan prosedur tertentu, seperti foto gigi, foto endoskopi, atau tumor. Teknologi laser juga digunakan dalam pemindaian laser, printer, dan drive data optik.
- Sensor dan akselerasi. Sensor ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti deteksi gerakan, pemantauan lingkungan, dan domes industri. Sensor optik mendeteksi dan mengukur intensitas cahaya, porting gelombang, atau fase untuk mengkonversi informasi tentang lingkungan. Sensor ini digunakan dalam berbagai industri seperti teknologi otomotif, kedokteran, pemantauan lingkungan, dan domes industri.

Dan masih banyak lagi teknologi berbasis cahaya yang dapat kamu eksplorasi.

Ayo Berpikir Kritis

Berapakan berapa nilai, tentukanlah apa yang mempengaruhi hasil analisis (Wavelength/Spasi)

Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

merupakan mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik, biasanya berupa kumpulan cahaya yang menghasilkan sinar dengan panjang gelombang yang sangat sempit dan koheren, serta pemancaran cahaya yang sejarang (monokromatik) dengan energi fokus dan terarah. Terdiri dari banyak komponen utama: fiks kuantum dan arah gelombang cahaya.

Penerapan teknologi laser sangat penting bagi kita, baik dari segi industri, medis, keamanan, otomotif, telekomunikasi, hiburan, kesehatan, hingga membuat berbagai peralatan menjadi lebih efisien dan akurat. Namun, penggunaan laser juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan keselamatan manusia. Misalnya, paparan sinar laser dapat merusak mata, kulit, dan jaringan lunak lainnya. Dalam skala penggunaan luas, laser teknologi seperti laser tenaga nuklir untuk transmisi tenaga dan fiks memancarkan radiasi.

Coba-coba diri cahaya laser berkaitan dengan cahaya biasa, dan apa hubungannya dengan konsep gelombang cahaya yang telah kamu pelajari?

1. Bagaimana jika cahaya laser berkaitan dengan cahaya biasa, dan apa hubungannya dengan konsep gelombang cahaya yang telah kamu pelajari?
2. Menurutmu, apa manfaat dan potensi risiko penggunaan laser dalam kehidupan sehari-hari?

Aktivitas Sempu Persamaan Difraksi Cahaya

Berapakan berapa nilai, tentukanlah apa yang mempengaruhi hasil analisis (Wavelength/Spasi)

Wave Interference

Merupakan fenomena yang terjadi ketika dua atau lebih gelombang cahaya bertemu dan saling berinteraksi, menghasilkan pola interferensi yang kompleks.

Tujuan: Mengamati pola difraksi cahaya semu melalui alat yang sederhana.

Langkah-langkah:

1. Siapkan alat dan bahan.
2. Susunlah peralatan sesuai gambar.
3. Perhatikan pola difraksi yang terbentuk.
4. Ukurlah jarak antara pola difraksi.
5. Hitunglah panjang gelombang cahaya.
6. Bandingkan hasil dengan nilai teoritis.

Perhatikan: Pastikan ruangan gelap untuk melihat pola difraksi dengan jelas.

Ayo Berdiskusi

Cahaya memiliki banyak manfaat bagi manusia, tetapi juga ada dampak negatif dari pemanfaatan energi cahaya yang berlebihan.

Coba buatlah analisis tentang masalah cahaya yang sudah kamu rasakan serta carilah dampak negatif yang disebabkan. Kemudian, apa yang bisa kamu lakukan untuk mengatasi dampak negatif tersebut? Tuliskan dalam bentuk tabel di buku tugasmu.

Masalah Cahaya	Dampak Negatif	Solusi

Rangkuman

- Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat mengalami berbagai fenomena ketika merambat melalui media berbeda.
- Merambatan cahaya pada permukaan cermin dapat menghasilkan pantulan yang berbeda-beda.
- Hukun Snell menjelaskan hubungan sudut datang dan sudut bias berdasarkan perbandingan indeks bias dua medium.
- Difraksi cahaya adalah penyebaran cahaya yang terjadi ketika melewati celah sempit atau ujung penghalang, menghasilkan pola difraksi.
- Interferensi cahaya terjadi saat dua gelombang cahaya bertemu dan menghasilkan pola interferensi (konstruktif dan destruktif).
- Difraksi cahaya dapat digunakan untuk pemantauan cahaya yang melewati celah sempit atau ujung penghalang, menghasilkan pola difraksi.
- Polarisasi cahaya adalah fenomena penyebaran arah getas gelombang cahaya sehingga hanya satu arah tertentu yang dilewatkan.
- Cahaya polarisasi dapat digunakan untuk pemantauan, pemindaian, atau media untuk pelatikan sensor komunikasi optik.
- Indeks bias suatu bahan adalah ukuran seberapa besar cahaya dibiaskan ketika melewati bahan tersebut.
- Terapan gelombang cahaya sangat banyak dalam kehidupan sehari-hari, seperti teknologi optik, laser, instrumen optik, hingga teknologi laser.

Refleksi Diri

1. Apa yang telah Anda pelajari dari materi ini? Jawab: _____
2. Apa saja tantangan atau kesulitan yang Anda hadapi? Jawab: _____
3. Bagaimana cara Anda mengulangi tantangan tersebut? Jawab: _____
4. Apa yang bisa dilakukan agar pembelajaran berikutnya lebih efektif? Jawab: _____
5. Apa saja materi yang masih kurang dipahami? Jawab: _____
6. Apa yang akan Anda lakukan untuk meningkatkan pemahaman Anda pada materi ini? Jawab: _____

Ayo Berlatih!

Latihan soal-soal berikut ini di buku latihan Anda!

1. Suatu gelombang cahaya memiliki panjang gelombang 600 nm. Berapakah frekuensi gelombang tersebut? Jawab: _____
2. Sebuah pelat tipis memiliki ketebalan 1 mm. Berapakah indeks bias pelat tersebut? Jawab: _____
3. Sebuah pelat tipis memiliki ketebalan 1 mm. Berapakah indeks bias pelat tersebut? Jawab: _____
4. Sebuah pelat tipis memiliki ketebalan 1 mm. Berapakah indeks bias pelat tersebut? Jawab: _____
5. Sebuah pelat tipis memiliki ketebalan 1 mm. Berapakah indeks bias pelat tersebut? Jawab: _____
6. Sebuah pelat tipis memiliki ketebalan 1 mm. Berapakah indeks bias pelat tersebut? Jawab: _____

GLOSSARIUM

Bahan Refleksi

Bahan yang memiliki kemampuan untuk memantulkan cahaya yang datang ke arahnya.

Difraksi

Penyebaran cahaya yang terjadi ketika melewati celah sempit atau ujung penghalang.

Interferensi

Penyempitan cahaya yang terjadi ketika dua gelombang cahaya bertemu dan menghasilkan pola interferensi.

Polarisasi

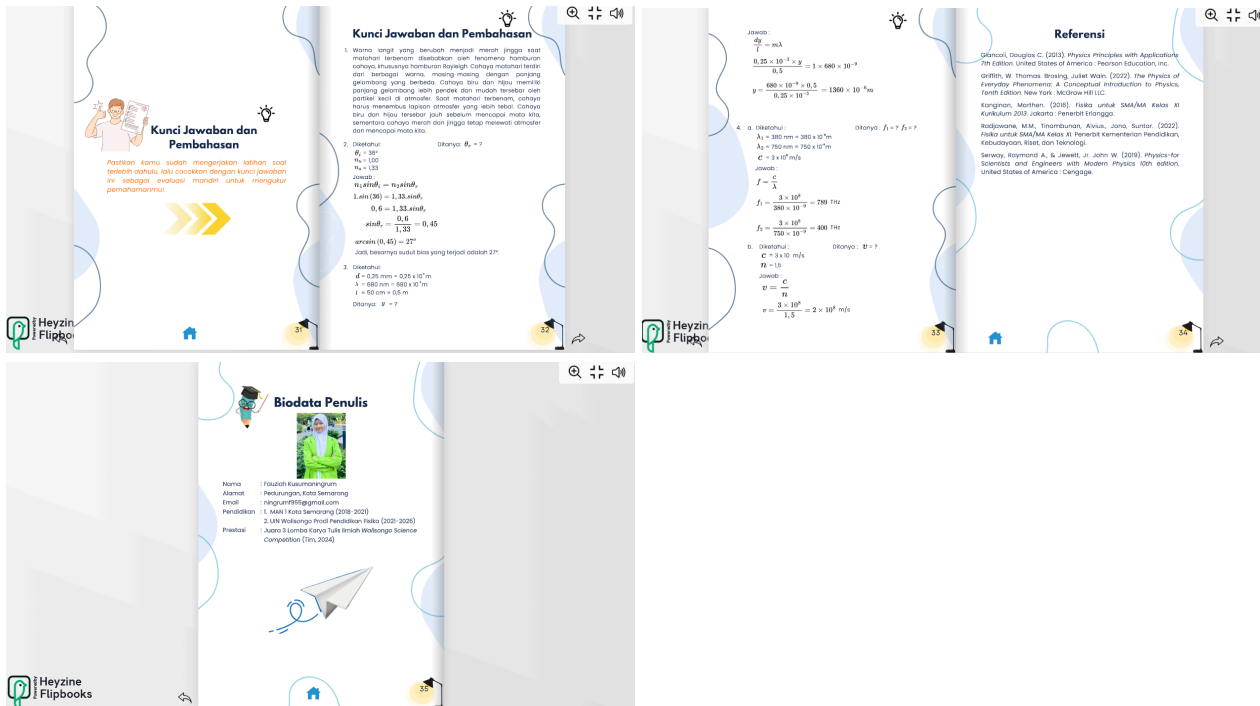
Penyempitan cahaya yang terjadi ketika gelombang cahaya hanya satu arah tertentu yang dilewatkan.

Refraksi

Penyempitan cahaya yang terjadi ketika gelombang cahaya melewati media yang berbeda.

Snellius (Refraksi)

Hubungan antara sudut datang dan sudut bias berdasarkan perbandingan indeks bias dua medium.



Atau dapat diakses pada (<https://heyzine.com/flip-book/317ee43ec5.html>)

Lampiran 10 Rubrik Penilaian Ahli Materi

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Kelayakan Penggunaan Bahasa			
1.	Kesesuaian dengan kemampuan berbahasa siswa	4	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kemampuan siswa
		3	Bahasa yang digunakan cukup sesuai dengan kemampuan siswa
		2	Bahasa yang digunakan kurang sesuai dengan kemampuan siswa
		1	Bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan kemampuan siswa
2.	Penulisan bahasa sesuai dengan kaidah	4	Penulisan bahasa sudah sesuai dengan kaidah
		3	Penulisan bahasa cukup sesuai dengan kaidah
		2	Penulisan bahasa kurang sesuai dengan kaidah
		1	Penulisan bahasa tidak sesuai dengan kaidah
Kelayakan Penyampaian isi Buku			
3.	Kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik yang	4	Sistematika yang disajikan sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		3	Sistematika yang disajikan cukup sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		2	Sistematika yang disajikan kurang sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		1	Sistematika yang disajikan tidak sesuai dengan kebutuhan peserta didik
4.	Disajikan secara runtut dan berkelanjutan	4	Penyajian konten sudah runtut dan berkelanjutan
		3	Penyajian konten cukup runtut dan berkelanjutan
		2	Penyajian konten kurang runtut dan berkelanjutan
		1	Penyajian konten tidak runtut dan berkelanjutan
5.	Kelengkapan	4	Sistematika yang disajikan sudah

	penyajian		lengkap
		3	Sistematika yang disajikan cukup lengkap
		2	Sistematika yang disajikan kurang lengkap
		1	Sistematika yang disajikan tidak lengkap
Kelayakan Isi			
6.	Ketepatan teori	4	Konsep dan teori yang disajikan sudah tepat
		3	Konsep dan teori yang disajikan cukup tepat
		2	Konsep dan teori yang disajikan kurang tepat
		1	Konsep dan teori yang disajikan tidak tepat
7.	Kesesuaian dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku	4	Isi yang disajikan sudah sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		3	Isi yang disajikan cukup sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		2	Isi yang disajikan kurang sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		1	Isi yang disajikan tidak sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
8.	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	4	Konten yang disajikan sudah relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		3	Konten yang disajikan cukup relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		2	Konten yang disajikan kurang relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		1	Konten yang disajikan tidak relevan

			dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
Pengembangan E-Modul			
9.	Kesesuaian dengan pendekatan I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, and Society</i>)	4	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul sudah sesuai
		3	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul cukup sesuai
		2	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul kurang sesuai
		1	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul tidak sesuai
10.	Kesesuaian indikator keterampilan berpikir kritis	4	E-modul sudah sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		3	E-modul cukup sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		2	E-modul kurang sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		1	E-modul tidak sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis

Lampiran 11 Hasil Validasi Ahli Materi

1. Validator I

**LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL
DENGAN PENDEKATAN I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

A. Identitas Peneliti

Nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024

B. Identitas Ahli Materi

Nama : Irman Said Pradyo, M.Sc.
NIP : 199112282019031009
Jabatan : Dosen Fisika
Instansi : UIN Walisongo Semarang

C. Petunjuk Pengisian

1. Sebelum mengisi lembar validasi, mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan.
2. Mohon Bapak/Ibu menuliskan nama, jabatan, dan instansi pada kolom yang telah disediakan.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanda checklist (√) pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Apabila terdapat kritik dan saran, mohon Bapak/Ibu menuliskan pada kolom yang telah disediakan.

D. Rubrik Penilaian Instrumen Validasi

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Kelayakan Penggunaan Bahasa			
1.	Kesesuaian dengan kemampuan berbahasa siswa	4	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kemampuan siswa
		3	Bahasa yang digunakan cukup sesuai dengan kemampuan siswa
		2	Bahasa yang digunakan kurang sesuai dengan kemampuan siswa
		1	Bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan kemampuan siswa
2.	Penulisan bahasa sesuai dengan kaidah	4	Penulisan bahasa sudah sesuai dengan kaidah
		3	Penulisan bahasa cukup sesuai dengan kaidah
		2	Penulisan bahasa kurang sesuai dengan kaidah
		1	Penulisan bahasa tidak sesuai dengan kaidah
Kelayakan Penyampaian isi Buku			
3.	Kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik yang	4	Sistematika yang disajikan sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		3	Sistematika yang disajikan cukup sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		2	Sistematika yang disajikan kurang sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		1	Sistematika yang disajikan tidak sesuai dengan kebutuhan peserta didik
4.	Disajikan secara runtut dan berkelanjutan	4	Penyajian konten sudah runtut dan berkelanjutan
		3	Penyajian konten cukup runtut dan berkelanjutan
		2	Penyajian konten kurang runtut dan berkelanjutan
		1	Penyajian konten tidak runtut dan berkelanjutan
5.	Kelengkapan penyajian	4	Sistematika yang disajikan sudah lengkap
		3	Sistematika yang disajikan cukup lengkap
		2	Sistematika yang disajikan kurang lengkap

		1	Sistematika yang disajikan tidak lengkap
Kelayakan Isi			
6.	Ketepatan teori	4	Konsep dan teori yang disajikan sudah tepat
		3	Konsep dan teori yang disajikan cukup tepat
		2	Konsep dan teori yang disajikan kurang tepat
		1	Konsep dan teori yang disajikan tidak tepat
7.	Kesesuaian dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku	4	Isi yang disajikan sudah sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		3	Isi yang disajikan cukup sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		2	Isi yang disajikan kurang sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		1	Isi yang disajikan tidak sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
8.	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	4	Konten yang disajikan sudah relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		3	Konten yang disajikan cukup relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		2	Konten yang disajikan kurang relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		1	Konten yang disajikan tidak relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
Pengembangan E-Modul			
9.	Kesesuaian dengan pendekatan I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, and Society</i>)	4	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul sudah sesuai
		3	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul cukup sesuai
		2	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul kurang sesuai
		1	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul tidak sesuai
10.	Kesesuaian indikator keterampilan berpikir kritis	4	E-modul sudah sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		3	E-modul cukup sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		2	E-modul kurang sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		1	E-modul tidak sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis

E. Lembar Penilaian

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
Kelayakan Penggunaan Bahasa					
1.	Kesesuaian dengan kemampuan berbahasa siswa	✓			
2.	Penulisan bahasa sesuai dengan kaidah		✓		
Kelayakan Penyampaian isi Buku					
3.	Kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik	✓			
4.	Disajikan secara runtut dan berkelanjutan	✓			
5.	Kelengkapan penyajian			✓	
Kelayakan Isi					
6.	Ketepatan teori			✓	

7.	Kesesuaian dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku	✓			
8.	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
Pengembangan E-Modul					
9.	Kesesuaian dengan pendekatan I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, and Society</i>)	✓			
10.	Kesesuaian indikator keterampilan berpikir kritis	✓			

F. Kritik Dan Saran

Secara umum, E-Modul sudah dibuat dengan sangat baik. Terdapat kesalahan minor seperti kalimat yang kurang lengkap sehingga berpengaruh pada kurang sempurna atau tidak utuhnya konsep yang disampaikan.

G. Kesimpulan

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

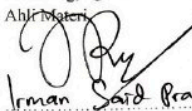
Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA ini dinyatakan : *)

- 1 : Layak digunakan tanpa revisi
- ② : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- 3 : Tidak layak digunakan atau Memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 9 Mei 2025

Ahli Materi



Irman Said Prastyo, M.Sc.

NIP. 19910222019031009

2. Validator II

**LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL
DENGAN PENDEKATAN I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

A. Identitas Peneliti

Nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024

B. Identitas Ahli Materi

Nama : *Dr. Joko Pras. Permomo, M.Pd.*
NIP : *197402142008011011*
Jabatan : *Dekan*
Instansi : *UIN Walisongo Semarang*

C. Petunjuk Pengisian

1. Sebelum mengisi lembar validasi, mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan.
2. Mohon Bapak/Ibu menuliskan nama, jabatan, dan instansi pada kolom yang telah disediakan.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Apabila terdapat kritik dan saran, mohon Bapak/Ibu menuliskan pada kolom yang telah disediakan.

D. Rubrik Penilaian Instrumen Validasi

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Kelayakan Penggunaan Bahasa			
1.	Kesesuaian dengan kemampuan berbahasa siswa	4	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kemampuan siswa
		3	Bahasa yang digunakan cukup sesuai dengan kemampuan siswa
		2	Bahasa yang digunakan kurang sesuai dengan kemampuan siswa
		1	Bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan kemampuan siswa
2.	Penulisan bahasa sesuai dengan kaidah	4	Penulisan bahasa sudah sesuai dengan kaidah
		3	Penulisan bahasa cukup sesuai dengan kaidah
		2	Penulisan bahasa kurang sesuai dengan kaidah
		1	Penulisan bahasa tidak sesuai dengan kaidah
Kelayakan Penyampaian isi Buku			
3.	Kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik yang	4	Sistematika yang disajikan sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		3	Sistematika yang disajikan cukup sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		2	Sistematika yang disajikan kurang sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		1	Sistematika yang disajikan tidak sesuai dengan kebutuhan peserta didik
4.	Disajikan secara runtut dan berkelanjutan	4	Penyajian konten sudah runtut dan berkelanjutan
		3	Penyajian konten cukup runtut dan berkelanjutan
		2	Penyajian konten kurang runtut dan berkelanjutan
		1	Penyajian konten tidak runtut dan berkelanjutan
5.	Kelengkapan penyajian	4	Sistematika yang disajikan sudah lengkap
		3	Sistematika yang disajikan cukup lengkap
		2	Sistematika yang disajikan kurang lengkap

		1	Sistematika yang disajikan tidak lengkap
Kelayakan Isi			
6.	Ketepatan teori	4	Konsep dan teori yang disajikan sudah tepat
		3	Konsep dan teori yang disajikan cukup tepat
		2	Konsep dan teori yang disajikan kurang tepat
		1	Konsep dan teori yang disajikan tidak tepat
7.	Kesesuaian dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku	4	Isi yang disajikan sudah sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		3	Isi yang disajikan cukup sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		2	Isi yang disajikan kurang sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		1	Isi yang disajikan tidak sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
8.	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	4	Konten yang disajikan sudah relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		3	Konten yang disajikan cukup relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		2	Konten yang disajikan kurang relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		1	Konten yang disajikan tidak relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
Pengembangan E-Modul			
9.	Kesesuaian dengan pendekatan I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, and Society</i>)	4	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul sudah sesuai
		3	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul cukup sesuai
		2	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul kurang sesuai
		1	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul tidak sesuai
10.	Kesesuaian indikator keterampilan berpikir kritis	4	E-modul sudah sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		3	E-modul cukup sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		2	E-modul kurang sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		1	E-modul tidak sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis

E. Lembar Penilaian

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
Kelayakan Penggunaan Bahasa					
1.	Kesesuaian dengan kemampuan berbahasa siswa	✓			
2.	Penulisan bahasa sesuai dengan kaidah	✓			
Kelayakan Penyampaian isi Buku					
3.	Kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik	✓			
4.	Disajikan secara runtut dan berkelanjutan	✓			
5.	Kelengkapan penyajian	✓			
Kelayakan Isi					
6.	Ketepatan teori		✓		

7.	Kesesuaian dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku	✓			
8.	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	✓			
Pengembangan E-Modul					
9.	Kesesuaian dengan pendekatan I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, and Society</i>)	✓			
10.	Kesesuaian indikator keterampilan berpikir kritis	✓			

F. Kritik Dan Saran

Buku ~ E-Modul I-SETS layak digunakan sebagai salah satu instrumen untuk digunakan untuk riset. dg beberapa perubahan minor.

G. Kesimpulan

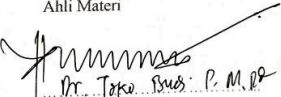
Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA ini dinyatakan : *)

- ① : Layak digunakan tanpa revisi
- 2 : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- 3 : Tidak layak digunakan atau Memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 30 April 2025
Ahli Materi


Dr. Joko Susanto, P. M. Dr.
NIP. 197602142008011011.

3. Validator III

**LEMBAR VALIDASI AHLI MATERI TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL
DENGAN PENDEKATAN I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

A. Identitas Peneliti

Nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024

B. Identitas Ahli Materi

Nama : Ellye Nur Chasanah, S Pd. M-Sc
NIP : 197105131995032001
Jabatan : Guru
Instansi : MAN 1 Kota Semarang

C. Petunjuk Pengisian

1. Sebelum mengisi lembar validasi, mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan.
2. Mohon Bapak/Ibu menuliskan nama, jabatan, dan instansi pada kolom yang telah disediakan.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanda checklist (√) pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Apabila terdapat kritik dan saran, mohon Bapak/Ibu menuliskan pada kolom yang telah disediakan.

D. Rubrik Penilaian Instrumen Validasi

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Kelayakan Penggunaan Bahasa			
1.	Kesesuaian dengan kemampuan berbahasa siswa	4	Bahasa yang digunakan sesuai dengan kemampuan siswa
		3	Bahasa yang digunakan cukup sesuai dengan kemampuan siswa
		2	Bahasa yang digunakan kurang sesuai dengan kemampuan siswa
		1	Bahasa yang digunakan tidak sesuai dengan kemampuan siswa
2.	Penulisan bahasa sesuai dengan kaidah	4	Penulisan bahasa sudah sesuai dengan kaidah
		3	Penulisan bahasa cukup sesuai dengan kaidah
		2	Penulisan bahasa kurang sesuai dengan kaidah
		1	Penulisan bahasa tidak sesuai dengan kaidah
Kelayakan Penyampaian isi Buku			
3.	Kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik yang	4	Sistematika yang disajikan sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		3	Sistematika yang disajikan cukup sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		2	Sistematika yang disajikan kurang sesuai dengan kebutuhan peserta didik
		1	Sistematika yang disajikan tidak sesuai dengan kebutuhan peserta didik
4.	Disajikan secara runtut dan berkelanjutan	4	Penyajian konten sudah runtut dan berkelanjutan
		3	Penyajian konten cukup runtut dan berkelanjutan
		2	Penyajian konten kurang runtut dan berkelanjutan
		1	Penyajian konten tidak runtut dan berkelanjutan
5.	Kelengkapan	4	Sistematika yang disajikan sudah lengkap

	penyajian	3	Sistematika yang disajikan cukup lengkap
		2	Sistematika yang disajikan kurang lengkap
		1	Sistematika yang disajikan tidak lengkap
Kelayakan Isi			
6.	Ketepatan teori	4	Konsep dan teori yang disajikan sudah tepat
		3	Konsep dan teori yang disajikan cukup tepat
		2	Konsep dan teori yang disajikan kurang tepat
		1	Konsep dan teori yang disajikan tidak tepat
7.	Kesesuaian dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku	4	Isi yang disajikan sudah sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		3	Isi yang disajikan cukup sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		2	Isi yang disajikan kurang sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
		1	Isi yang disajikan tidak sesuai dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum
8.	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi	4	Konten yang disajikan sudah relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		3	Konten yang disajikan cukup relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		2	Konten yang disajikan kurang relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
		1	Konten yang disajikan tidak relevan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini
Pengembangan E-Modul			
9.	Kesesuaian dengan pendekatan I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, and Society</i>)	4	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul sudah sesuai
		3	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul cukup sesuai
		2	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul kurang sesuai
		1	Aspek pendekatan I-SETS yang disajikan dalam modul tidak sesuai
10.	Kesesuaian indikator keterampilan berpikir kritis	4	E-modul sudah sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		3	E-modul cukup sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		2	E-modul kurang sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		1	E-modul tidak sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis

E. Lembar Penilaian

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
Kelayakan Penggunaan Bahasa					
1.	Kesesuaian dengan kemampuan berbahasa siswa	✓			
2.	Penulisan bahasa sesuai dengan kaidah	✓			
Kelayakan Penyampaian isi Buku					
3.	Kesesuaian dengan kebutuhan peserta didik	✓			
4.	Disajikan secara runtut dan berkelanjutan	✓			

5.	Kelengkapan penyajian	✓			
Kelayakan Isi					
6.	Ketepatan teori	✓			
7.	Kesesuaian dengan standar nasional pendidikan dan kurikulum yang berlaku	✓			
8.	Kesesuaian dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi		✓		
Pengembangan E-Modul					
9.	Kesesuaian dengan pendekatan I-SETS (<i>Islamic, Science, Environment, Technology, and Society</i>)		✓		
10.	Kesesuaian indikator keterampilan berpikir kritis	✓	✗		

F. Kritik Dan Saran

Sudah banyak modul sejenis yg bisa diakses siswa. Dg adanya modul ini akan menambah wawasan dan bacaan siswa. Pada dasarnya modul ini sudah layak digunakan sebagai modul bahan ajar dengan lebih banyak memberikan contoh: pemanfaatannya pd brd teknologi mutakhir dan sosial kekefannya.

G. Kesimpulan

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA ini dinyatakan : *)

1 : Layak digunakan tanpa revisi

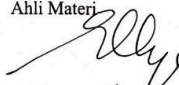
2 : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran

3 : Tidak layak digunakan atau Memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 13 Mei 2025

Ahli Materi



Elly Nur Hasanah, S.Pd., M.Sc

NIP. 197105131995032001

Lampiran 12 Tabel Hasil Analisis Validasi Ahli Materi

Validator Ahli	Bahasa		Penyampaian Isi			Isi			Pengembangan		Kesimpulan
Irman Said Prastyo, M.Sc.	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	Layak diujicobakan dengan revisi minor sesuai saran
Joko Budi Poernomo, M. Pd.	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	Layak diujicobakan dengan revisi minor sesuai saran
Elya Nur Chasanah, M. Pd.	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	Layak diujicobakan dengan revisi minor sesuai saran
Jumlah Ahli 1	7		11			11			8		37
Jumlah Ahli 2	8		12			11			8		39
Jumlah Ahli 3	8		12			11			7		38
Rata-rata	7.666666667		11.666666667			11			7.666666667		38
Persentase	$= \frac{7,667}{8} \times 100$ $= 95.83333333$		$= \frac{11,667}{12} \times 100$ $= 97.22222222$			$= \frac{11}{12} \times 100$ $= 91.66666667$			$= \frac{7,667}{8} \times 100$ $= 95.83333333$		$= \frac{38}{40} \times 100$ $= 95$

Lampiran 13 Rubrik Penilaian Ahli Media

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Tampilan E-Modul			
1.	Estetika desain	4	Desain e-modul sangat menarik
		3	Desain e-modul cukup menarik
		2	Desain e-modul kurang menarik
		1	Desain e-modul tidak menarik
2.	Ketepatan desain dan penggunaan elemen	4	Desain dan penggunaan elemen sudah tepat
		3	Desain dan penggunaan elemen cukup tepat
		2	Desain dan penggunaan elemen kurang tepat
		1	Desain dan penggunaan elemen tidak tepat
3.	Kemudahan penggunaan	4	Desain e-modul sangat mudah digunakan
		3	Desain e-modul cukup mudah digunakan
		2	Desain e-modul kurang mudah digunakan
		1	Desain e-modul sulit digunakan
Penggunaan E-Modul			
4.	Dapat digunakan secara efisien	4	Penyajian E-modul efisien untuk pembelajaran
		3	Penyajian E-modul cukup efisien untuk pembelajaran
		2	Penyajian E-modul kurang efisien untuk pembelajaran
		1	Penyajian E-modul tidak efisien untuk pembelajaran
5.	Ketepatan fitur dengan fungsi	4	Penggunaan fitur-fitur e-modul sesuai dengan fungsinya
		3	Penggunaan fitur-fitur e-modul cukup sesuai dengan fungsinya
		2	Penggunaan fitur-fitur e-modul kurang sesuai dengan fungsinya
		1	Penggunaan fitur-fitur e-modul tidak sesuai dengan fungsinya

Lampiran 14 Hasil Validasi Ahli Media

1. Validator I

**LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL
DENGAN PENDEKATAN I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

A. Identitas Peneliti

Nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024

B. Identitas Ahli Media

Nama : *Irman Said Prastyo, M.Sc.*
NIP: *199112282019031009*
Jabatan : *Dosen Fisika*
Instansi : *UIN Walisongo Semarang*

C. Petunjuk Pengisian

1. Sebelum mengisi lembar validasi, mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan.
2. Mohon Bapak/Ibu menuliskan nama, jabatan, dan instansi pada kolom yang telah disediakan.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Apabila terdapat kritik dan saran, mohon Bapak/Ibu menuliskan pada kolom yang telah disediakan.

D. Rubrik Penilaian Instrumen Validasi

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Tampilan E-Modul			
1.	Estetika desain	4	Desain e-modul sangat menarik
		3	Desain e-modul cukup menarik
		2	Desain e-modul kurang menarik
		1	Desain e-modul tidak menarik
2.	Ketepatan desain dan penggunaan elemen	4	Desain dan penggunaan elemen sudah tepat
		3	Desain dan penggunaan elemen cukup tepat
		2	Desain dan penggunaan elemen kurang tepat
		1	Desain dan penggunaan elemen tidak tepat
3.	Kemudahan penggunaan	4	Desain e-modul sangat mudah digunakan
		3	Desain e-modul cukup mudah digunakan
		2	Desain e-modul kurang mudah digunakan
		1	Desain e-modul sulit digunakan
Penggunaan E-Modul			
4.	Dapat digunakan secara efisien	4	Penyajian E-modul efisien untuk pembelajaran
		3	Penyajian E-modul cukup efisien untuk pembelajaran

5.	Ketepatan fitur dengan fungsi	2	Penyajian E-modul kurang efisien untuk pembelajaran
		1	Penyajian E-modul tidak efisien untuk pembelajaran
		4	Penggunaan fitur-fitur e-modul sesuai dengan fungsinya
		3	Penggunaan fitur-fitur e-modul cukup sesuai dengan fungsinya
		2	Penggunaan fitur-fitur e-modul kurang sesuai dengan fungsinya
		1	Penggunaan fitur-fitur e-modul tidak sesuai dengan fungsinya

E. Lembar Penilaian

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
Tampilan E-Modul					
1.	Estetika desain		✓		
2.	Ketepatan desain dan penggunaan elemen		✓		
3.	Kemudahan penggunaan	✓			
Kualitas E-Modul					
4.	Dapat digunakan secara efisien	✓			
5.	Ketepatan fitur dengan fungsi		✓		

F. Kritik Dan Saran Untuk Perbaikan

- Tata letak kurang rapi di beberapa bagian
- Penggunaan font belum konsisten / seragam di beberapa tempat
- Tidak terdapat nomor halaman di halaman-halaman awal.

G. Kesimpulan

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA ini dinyatakan : *)

- 1 : Layak digunakan tanpa revisi
- ② : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- 3 : Tidak layak digunakan atau memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 9 Mei 2025

Ahli Media

[Signature]
 Iman Said Prastyo, M.Sc.
 NIP. 199112282019031009

2. Validator II

LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL DENGAN PENDEKATAN I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT, TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

A. Identitas Peneliti

Nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024

B. Identitas Ahli Media

Nama : Dr. Teka Ruk. Faernomo, M.Pd
NIP: 197602142008011011
Jabatan : Dekan
Instansi : UIN Walisongo Semarang

C. Petunjuk Pengisian

1. Sebelum mengisi lembar validasi, mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan.
2. Mohon Bapak/Ibu menuliskan nama, jabatan, dan instansi pada kolom yang telah disediakan.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanda checklist (√) pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Apabila terdapat kritik dan saran, mohon Bapak/Ibu menuliskan pada kolom yang telah disediakan.

D. Rubrik Penilaian Instrumen Validasi

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Tampilan E-Modul			
1.	Estetika desain	4	Desain e-modul sangat menarik
		3	Desain e-modul cukup menarik
		2	Desain e-modul kurang menarik
		1	Desain e-modul tidak menarik
2.	Ketepatan desain dan penggunaan elemen	4	Desain dan penggunaan elemen sudah tepat
		3	Desain dan penggunaan elemen cukup tepat
		2	Desain dan penggunaan elemen kurang tepat
		1	Desain dan penggunaan elemen tidak tepat
3.	Kemudahan penggunaan	4	Desain e-modul sangat mudah digunakan
		3	Desain e-modul cukup mudah digunakan
		2	Desain e-modul kurang mudah digunakan
		1	Desain e-modul sulit digunakan
Penggunaan E-Modul			
4.	Dapat digunakan secara efisien	4	Penyajian E-modul efisien untuk pembelajaran
		3	Penyajian E-modul cukup efisien untuk pembelajaran

5.	Ketepatan fitur dengan fungsi	2	Penyajian E-modul kurang efisien untuk pembelajaran
		1	Penyajian E-modul tidak efisien untuk pembelajaran
		4	Penggunaan fitur-fitur e-modul sesuai dengan fungsinya
		3	Penggunaan fitur-fitur e-modul cukup sesuai dengan fungsinya
		2	Penggunaan fitur-fitur e-modul kurang sesuai dengan fungsinya
		1	Penggunaan fitur-fitur e-modul tidak sesuai dengan fungsinya

E. Lembar Penilaian

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
Tampilan E-Modul					
1.	Estetika desain	✓			
2.	Ketepatan desain dan penggunaan elemen	✓			
3.	Kemudahan penggunaan	✓			
Kualitas E-Modul					
4.	Dapat digunakan secara efisien	✓			
5.	Ketepatan fitur dengan fungsi	✓			

F. Kritik Dan Saran Untuk Perbaikan

Kurang signifikan sebagai salah satu alat untuk.
menyampaikan data & laporan

Lebih lanjut riset

G. Kesimpulan

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA

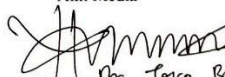
ini dinyatakan : *)

- 1 : Layak digunakan tanpa revisi
2 : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
3 : Tidak layak digunakan atau Memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 30 April 2025

Ahli Media


Dr. Torco Bues' P., M.Pd.
NIP. 197602142008011011

3. Validator III

**LEMBAR VALIDASI AHLI MEDIA TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL
DENGAN PENDEKATAN I-SETS (ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT,
TECHNOLOGY, SOCIETY) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA**

A. Identitas Peneliti

Nama : Fauziah Kusumaningrum
NIM : 2108066024

B. Identitas Ahli Media

Nama : Elly Nur Chasanah
NIP : 197105131955032001
Jabatan : Guru
Instansi : Man 1 Kufu Semarang

C. Petunjuk Pengisian

1. Sebelum mengisi lembar validasi, mohon Bapak/Ibu terlebih dahulu membaca atau mempelajari modul yang dikembangkan.
2. Mohon Bapak/Ibu menuliskan nama, jabatan, dan instansi pada kolom yang telah disediakan.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanda checklist (✓) pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Apabila terdapat kritik dan saran, mohon Bapak/Ibu menuliskan pada kolom yang telah disediakan.

D. Rubrik Penilaian Instrumen Validasi

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Tampilan E-Modul			
1.	Estetika desain	4	Desain e-modul sangat menarik
		3	Desain e-modul cukup menarik
		2	Desain e-modul kurang menarik
		1	Desain e-modul tidak menarik
2.	Ketepatan desain dan penggunaan elemen	4	Desain dan penggunaan elemen sudah tepat
		3	Desain dan penggunaan elemen cukup tepat
		2	Desain dan penggunaan elemen kurang tepat
		1	Desain dan penggunaan elemen tidak tepat
3.	Kemudahan penggunaan	4	Desain e-modul sangat mudah digunakan
		3	Desain e-modul cukup mudah digunakan
		2	Desain e-modul kurang mudah digunakan
		1	Desain e-modul sulit digunakan
Penggunaan E-Modul			
4.	Dapat digunakan secara efisien	4	Penyajian E-modul efisien untuk pembelajaran
		3	Penyajian E-modul cukup efisien untuk pembelajaran

		2	Penyajian E-modul kurang efisien untuk pembelajaran
		1	Penyajian E-modul tidak efisien untuk pembelajaran
5.	Ketepatan fitur dengan fungsi	4	Penggunaan fitur-fitur e-modul sesuai dengan fungsinya
		3	Penggunaan fitur-fitur e-modul cukup sesuai dengan fungsinya
		2	Penggunaan fitur-fitur e-modul kurang sesuai dengan fungsinya
		1	Penggunaan fitur-fitur e-modul tidak sesuai dengan fungsinya

E. Lembar Penilaian

No.	Aspek	Skor			
		4	3	2	1
Tampilan E-Modul					
1.	Estetika desain	✓			
2.	Ketepatan desain dan penggunaan elemen	✓			
3.	Kemudahan penggunaan	✓			
Kualitas E-Modul					
4.	Dapat digunakan secara efisien	✓			
5.	Ketepatan fitur dengan fungsi	✓			

F. Kritik Dan Saran Untuk Perbaikan

E-Modul yg ditampilkan sudah menarik, lengkap dan informatif
 dg disertai kanya youtube dlm menjelaskan.
 Semoga kedepan bisa diperbaiki dan disempurnakan dg meny-
 suakan dg perkembangan teknologi yg mendukung.

G. Kesimpulan

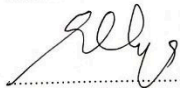
Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA ini dinyatakan : *)

- 1 : Layak digunakan tanpa revisi
- 2 : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- 3 : Tidak layak digunakan atau Memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 17-5 2025
 Ahli Media


 NIP. 19710513195503200

Lampiran 15 Tabel Hasil Analisis Validasi Ahli Media

Validator Ahli	Tampilan			Kualitas		Kesimpulan
Irman Said Prastyo, M.Sc.	3	3	4	4	3	Layak diujicobakan dengan revisi minor sesuai saran
Joko Budi Poernomo, M. Pd.	4	4	4	4	4	Layak diujicobakan dengan revisi minor sesuai saran
Elya Nur Chasanah, M. Pd.	4	4	4	4	4	Layak diujicobakan dengan revisi minor sesuai saran
Jumlah Ahli 1	10			7		17
Jumlah Ahli 2	12			8		20
Jumlah Ahli 3	12			8		20
Rata-rata	11.33333333			7.666666667		
Persentase	$= \frac{11,333}{12} \times 100$ $= 94.44444444$			$= \frac{7,667}{8} \times 100$ $= 95.83333333$		

Lampiran 16 Rubrik Penilaian Validasi Instrumen

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Materi			
1.	Soal sesuai dengan materi yang disampaikan	4	Isi soal sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
		3	Isi soal cukup sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
		2	Isi soal kurang sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
		1	Isi soal tidak sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
2.	Soal sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa	4	Soal yang disajikan sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
		3	Soal yang disajikan cukup sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
		2	Soal yang disajikan kurang sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
		1	Soal yang disajikan tidak sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
3.	Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis	4	Soal yang disajikan sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		3	Soal yang disajikan cukup sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		2	Soal yang disajikan kurang sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		1	Soal yang disajikan tidak sesuai

			dengan indikator keterampilan berpikir kritis
Konstruksi			
4.	Penyajian secara sistematis, singkat, dan jelas	4	Soal yang disajikan sudah sistematis, singkat, dan jelas
		3	Soal yang disajikan cukup sistematis, singkat, dan jelas
		2	Soal yang disajikan kurang sistematis, singkat, dan jelas
		1	Soal yang disajikan tidak sistematis, singkat, dan jelas
5.	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan jelas dan berfungsi	4	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan sangat jelas dan berfungsi
		3	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan cukup jelas dan berfungsi
		2	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan kurang jelas dan berfungsi
		1	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan tidak jelas dan tidak berfungsi
Kebahasaan			
6.	Penulisan soal sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia	4	Penulisan soal sangat sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia
		3	Penulisan soal cukup sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia
		2	Penulisan soal kurang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia
		1	Penulisan soal tidak sesuai dengan

			kaidah Bahasa Indonesia
7.	Bahasa yang digunakan jelas dan mudah dipahami	4	Bahasa yang digunakan pada butir soal sudah jelas dan mudah dipahami
		3	Bahasa yang digunakan pada butir soal cukup jelas dan cukup mudah dipahami
		2	Bahasa yang digunakan pada butir soal kurang jelas dan kurang mudah dipahami
		1	Bahasa yang digunakan pada butir soal tidak jelas dan sulit dipahami
8.	Kesesuaian penggunaan bahasa dan istilah dengan tingkat perkembangan intelektual siswa	4	Penggunaan bahasa dan istilah sangat sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual siswa
		3	Penggunaan bahasa dan istilah cukup sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual siswa
		2	Penggunaan bahasa dan istilah kurang sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual siswa
		1	Penggunaan bahasa dan istilah tidak sesuai dengan tingkat perkembangan intelektual siswa

Lampiran 17 Hasil Validasi Ahli Instrumen

1. Validator I

INSTRUMEN VALIDASI BUTIR SOAL

Nama : Dr. Joko Budi Premomo, M.Pd
 Jabatan : Geswa
 Instansi : UM Walisurya Semarang

A. Petunjuk Pengisian

1. Mohon Bapak/Ibu menuliskan nama, jabatan, dan instansi pada kolom yang telah disediakan.
2. Lembar validasi ini digunakan untuk mengetahui pertimbangan validator terhadap instrumen yang akan digunakan untuk pengambilan data penelitian.
3. Mohon Bapak/Ibu memberikan tanda checklist (√) pada kolom penilaian sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.
4. Mohon Bapak/Ibu menuliskan kritik dan saran pada kolom yang telah disediakan.

B. Indikator Penilaian Instrumen

No.	Aspek	Skor	Kriteria Penilaian
Materi			
1.	Soal sesuai dengan materi yang disampaikan	4	Isi soal sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
		3	Isi soal cukup sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
		2	Isi soal kurang sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
		1	Isi soal tidak sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi soal
2.	Soal sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa	4	Soal yang disajikan sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
		3	Soal yang disajikan cukup sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
		2	Soal yang disajikan kurang sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
		1	Soal yang disajikan tidak sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa
3.	Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis	4	Soal yang disajikan sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		3	Soal yang disajikan cukup sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		2	Soal yang disajikan kurang sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
		1	Soal yang disajikan tidak sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis
Konstruksi			
4.	Penyajian secara sistematis, singkat, dan jelas	4	Soal yang disajikan sudah sistematis, singkat, dan jelas
		3	Soal yang disajikan cukup sistematis, singkat, dan jelas
		2	Soal yang disajikan kurang sistematis, singkat, dan jelas
		1	Soal yang disajikan tidak sistematis, singkat, dan jelas

5	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan jelas dan berfungsi	4	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan sangat jelas dan berfungsi
		3	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan cukup jelas dan berfungsi
		2	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan kurang jelas dan berfungsi
		1	Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan tidak jelas dan tidak berfungsi
Kebahasaan			
6.	Penulisan soal sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia	4	Penulisan soal sangat sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia
		3	Penulisan soal cukup sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia
		2	Penulisan soal kurang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia
		1	Penulisan soal tidak sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia
7.	Bahasa yang digunakan jelas dan mudah dipahami	4	Bahasa yang digunakan pada butir soal sudah jelas dan mudah dipahami
		3	Bahasa yang digunakan pada butir soal cukup jelas dan cukup mudah dipahami
		2	Bahasa yang digunakan pada butir soal kurang jelas dan kurang mudah dipahami
		1	Bahasa yang digunakan pada butir soal tidak jelas dan sulit dipahami

C. Lembar Penilaian

No Soal	1				2				3				4				5				6			
Skor	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
Materi																								
Soal sesuai dengan materi yang disampaikan	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Konstruksi																								
Penyajian secara sistematis, singkat, dan jelas	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan jelas dan berfungsi	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Kebahasaan																								
Penulisan soal sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Bahasa yang digunakan jelas dan mudah dipahami	✓				✓				✓				✓				✓				✓			

No Soal	7				8				9				10				11			
Skor	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
Materi																				
Soal sesuai dengan materi yang disampaikan	✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa	✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis	✓				✓				✓				✓				✓			
Konstruksi																				
Penyajian secara sistematis, singkat, dan jelas	✓				✓				✓				✓				✓			
Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan jelas dan berfungsi	✓				✓				✓				✓				✓			
Kebahasaan																				
Penulisan soal sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia	✓				✓				✓				✓				✓			
Bahasa yang digunakan jelas dan mudah dipahami	✓				✓				✓				✓				✓			

D. Kritik dan Saran

- # Cek kembali CP, TP dg kemampuan berpikir PD.
- # Upayakan rasionalisasi waktu pengerjaan.
- # Ujicoba seluruh instrumen soal agar terpotret kualitas Soalnya. V.R.DB.TK.R.K.P. ✓

E. Kesimpulan

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

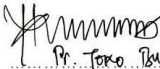
Instrumen Tes untuk Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA ini dinyatakan : *)

- 1 : Layak digunakan tanpa revisi
- 2 : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- 3 : Tidak layak digunakan atau Memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 30 April 2025

Validator Ahli


Pr. Joko Busi, P.M.P.
NIP. 197002142008011011

2. Validator II

C. Lembar Penilaian

No Soal	1				2				3				4				5				6			
Skor	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
Materi																								
Soal sesuai dengan materi yang disampaikan	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Konstruksi																								
Penyajian secara sistematis, singkat, dan jelas	✓				✓				✓				✓				✓					✓		
Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan jelas dan berfungsi	✓				✓				✓				✓				✓				✓			
Kebahasaan																								
Penulisan soal sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia		✓				✓				✓				✓				✓				✓		
Bahasa yang digunakan jelas dan mudah dipahami	✓				✓				✓				✓				✓					✓		

No Soal	7				8				9				10				11			
Skor	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
Materi																				
Soal sesuai dengan materi yang disampaikan	✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan jenjang dan tingkat kemampuan siswa	✓				✓				✓				✓				✓			
Soal sesuai dengan indikator keterampilan berpikir kritis	✓				✓				✓				✓				✓			
Konstruksi																				
Penyajian secara sistematis, singkat, dan jelas	✓				✓				✓				✓				✓			
Gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya yang digunakan jelas dan berfungsi	✓				✓				✓				✓				✓			
Kebahasaan																				
Penulisan soal sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia		✓			✓				✓				✓				✓			
Bahasa yang digunakan jelas dan mudah dipahami	✓				✓				✓				✓				✓			

D. Kritik dan Saran

- Secara umum soal-soal sudah dibuat dengan baik tetapi masih terdapat beberapa hal yang memerlukan perbaikan minor:
- terdapat penggunaan tanda baca dan pemilihan kata yang belum sesuai dengan tata bahasa yang baik dan benar.
 - terdapat soal dan gambar yang belum sinkron
 - terdapat soal dengan deskripsi yang belum jelas.

E. Kesimpulan

Setelah mengisi tabel penilaian, dimohon Bapak/Ibu untuk melingkari angka di bawah ini sesuai dengan penilaian Bapak/Ibu.

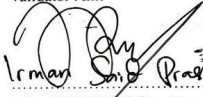
Instrumen Tes untuk Pengembangan E-Modul Dengan Pendekatan I-SETS (*Islamic, Science, Environment, Technology, Society*) Materi Gelombang Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA ini dinyatakan : *)

- 1 : Layak digunakan tanpa revisi
- 2 : Layak digunakan dengan revisi sesuai saran
- 3 : Tidak layak digunakan atau Memerlukan revisi keseluruhan

*) Lingkari salah satu pilihan

Semarang, 9 Mei 2025

Validator Ahli


Irman Satrio Prastyo, M.Sc.

NIP. 199102282019031009

Lampiran 18 Hasil Analisis Validasi Ahli Instrumen

Item	Indeks V	Kategori
1	0.976	Tinggi
2	1	Tinggi
3	0.905	Tinggi
4	0.976	Tinggi
5	0.952	Tinggi
7	0.929	Tinggi
9	0.952	Tinggi
10	0.976	Tinggi

Lampiran 19 Hasil Analisis Uji Validitas Soal

		Correlations													
		B1a	B1b	B2a	B2b	B3a	B3b	B4a	B4b	B5a	B5b	B6	Jumlah		
B1a	Pearson Correlation	1	.032	-.345	-.403 [*]	.072	.148	-.324	-.346	-.415 [*]	-.422 [*]	-.369	-.361		
	Sig. (2-tailed)		.874	.078	.037	.722	.461	.100	.077	.031	.029	.058	.065		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B1b	Pearson Correlation	.032	1	-.298	-.154	.181	.463 [*]	-.313	-.124	-.309	-.587 ^{**}	-.755 ^{**}	-.181		
	Sig. (2-tailed)	.874		.132	.444	.366	.015	.112	.537	.116	.001	<.001	.366		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B2a	Pearson Correlation	-.345	-.298	1	.100	.365	.110	.180	.228	.069	.216	.160	.451 [*]		
	Sig. (2-tailed)	.078	.132		.619	.062	.586	.368	.252	.732	.279	.425	.018		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B2b	Pearson Correlation	-.403 [*]	-.154	.100	1	-.277	-.070	.449 [*]	.409 [*]	.229	.444 [*]	.368	.534 ^{**}		
	Sig. (2-tailed)	.037	.444	.619		.162	.727	.019	.034	.252	.020	.059	.004		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B3a	Pearson Correlation	.072	.181	.365	-.277	1	.129	-.035	-.017	-.378	-.287	-.338	.240		
	Sig. (2-tailed)	.722	.366	.062	.162		.522	.862	.933	.052	.147	.085	.229		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B3b	Pearson Correlation	.148	.463 [*]	.110	-.070	.129	1	-.490 ^{**}	-.351	-.133	-.314	-.349	-.038		
	Sig. (2-tailed)	.461	.015	.586	.727	.522		.009	.073	.508	.111	.074	.850		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B4a	Pearson Correlation	-.324	-.313	.180	.449 [*]	-.035	-.490 ^{**}	1	.719 ^{**}	.340	.495 ^{**}	.376	.733 ^{**}		
	Sig. (2-tailed)	.100	.112	.368	.019	.862	.009		<.001	.082	.009	.053	<.001		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B4b	Pearson Correlation	-.346	-.124	.228	.409 [*]	-.017	-.351	.719 ^{**}	1	.155	.430 [*]	.378	.736 ^{**}		
	Sig. (2-tailed)	.077	.537	.252	.034	.933	.073	<.001		.439	.025	.052	<.001		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B5a	Pearson Correlation	-.415 [*]	-.309	.069	.229	-.378	-.133	.340	.155	1	.823 ^{**}	.653 ^{**}	.422 [*]		
	Sig. (2-tailed)	.031	.116	.732	.252	.052	.508	.082	.439		<.001	<.001	.028		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B5b	Pearson Correlation	-.422 [*]	-.587 ^{**}	.216	.444 [*]	-.287	-.314	.495 ^{**}	.430 [*]	.823 ^{**}	1	.876 ^{**}	.624 ^{**}		
	Sig. (2-tailed)	.029	.001	.279	.020	.147	.111	.009	.025	<.001		<.001	<.001		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
B6	Pearson Correlation	-.369	-.755 ^{**}	.160	.368	-.338	-.349	.376	.378	.653 ^{**}	.876 ^{**}	1	.457 [*]		
	Sig. (2-tailed)	.058	<.001	.425	.059	.085	.074	.053	.052	<.001	<.001		.016		
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		
Jumlah	Pearson Correlation	-.361	-.181	.451 [*]	.534 ^{**}	.240	-.038	.733 ^{**}	.736 ^{**}	.422 [*]	.624 ^{**}	.457 [*]	1		
	Sig. (2-tailed)	.065	.366	.018	.004	.229	.850	<.001	<.001	.028	<.001	.016			
	N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27		

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 20 Hasil Analisis Uji Reliabilitas Soal

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.777	.799	7

Lampiran 21 Hasil Analisis Tingkat Kesukaran Soal

Statistics

		B2a	B2b	B4a	B4b	B5a	B5b	B6
N	Valid	31	31	31	31	31	31	31
	Missing	0	0	0	0	0	0	0
Mean		.3306	.2000	.5242	.2419	.0968	.1048	.1774
Maximum		.75	.64	1.00	.60	.40	.50	1.00

Lampiran 22 Hasil Analisis Daya Beda Soal

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
B2a	1.3452	1.522	.302	.163	.781
B2b	1.4758	1.397	.513	.284	.749
B4a	1.1516	.962	.624	.631	.741
B4b	1.4339	1.301	.647	.638	.723
B5a	1.5790	1.545	.456	.618	.766
B5b	1.5710	1.450	.603	.731	.745
B6	1.4984	1.121	.613	.659	.725

Lampiran 23 Hasil Angket Keterbacaan E-modul

LEMBAR ANGKET KETERBACAAN TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL E-MODUL DENGAN PENDEKATAN I-SETS (*ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT, TECHNOLOGY, SOCIETY*) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

Nama : Alawiya Rosyida Mr
Kelas : XI.8
Sekolah : MAN 1 KOTA SEMARANG

A. Petunjuk Penilaian

1. Tuliskan identitas Anda pada kolom yang sudah disediakan
2. Jawablah pernyataan berikut sesuai dengan keadaan sebenarnya
3. Pahami setiap pernyataan atau tanyakan kepada guru jika ada yang belum dipahami
4. Isi kolom penilaian dengan memberi tanda checklist (✓) pada salah satu jawaban skor sesuai penilaian Anda.
5. Pedoman penilaian sebagai berikut

No.	Kriteria	Skor
1.	Sangat Setuju	4
2.	Setuju	3
3.	Tidak Setuju	2
4.	Sangat Tidak Setuju	1

6. Kritik dan saran dapat dituliskan pada kolom yang sudah disediakan

B. Penilaian Uji Keterbacaan

No.	Indikator	Skor Penilaian			
		1	2	3	4
1.	Isi materi dalam e-modul mudah untuk saya pahami			✓	
2.	Kalimat dan rumus dalam e-modul jelas dan mudah dibaca			✓	
3.	Bahasa yang digunakan mudah saya mengerti			✓	
4.	Kata-kata dan istilah dalam e-modul tidak membingungkan			✓	
5.	Penjelasan dalam e-modul tidak membingungkan atau menimbulkan makna ganda			✓	
6.	Jenis font dan ukuran yang digunakan tepat dan proporsional			✓	
7.	Penggunaan ilustrasi (video/gambar/elemen) dalam e-modul jelas dan membantu saya memahami materi				✓
8.	Tampilan e-modul menarik dan tidak membosankan				✓
9.	Nilai-nilai keislaman dalam e-modul mudah saya pahami				✓
10.	Contoh atau peristiwa dalam e-modul mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari saya			✓	
11.	Petunjuk atau instruksi dalam e-modul mudah saya ikuti			✓	
12.	Saya merasa aktivitas dalam e-modul menyenangkan dan mudah dilakukan				✓

13.	Kegiatan atau latihan dalam e-modul membantu saya memahami materi			✓	
14.	Urutan materi dalam e-modul mudah saya pahami			✓	
15.	E-modul mudah digunakan tanpa bantuan orang lain		✓		
16.	E-modul dapat diakses dan digunakan dengan mudah di perangkat yang saya miliki			✓	

C. Kritik dan Saran

Semarang, 15 Mei 2025

Responden


 (.....alawiyah.....)

Lampiran 24 Hasil Analisis Angket Keterbacaan E-modul

Nama	Kebahasaan				Kegrafikan					Materi							Total Skor
	Butir 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Aanisah	1	2		2	3	2	2	3	3	1	3	3	2	2	2	3	34
Alawiya	3	3	3	3	3	4	4	2	3	3	4	3	3	4	3	3	51
Alin	3	3	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	39
Attalah	2	3	2	2	4	4	3	3	3	3	2	3	4	3	2	3	46
Berliana	2	1	2	3	2	1	1	3	2	2	2	2	2	1	2	2	30
Danish	2	2	2	2	4	2	2	2	4	2	4	2	2	2	2	2	38
Dea	3	2	3	3	2	1	1	3	2	2	2	3	2	2	2	2	35
Fakhrur	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	35
Falki	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	42
Fifi	2	3	1	3	3	2	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	39
Hilmi	3	3	3	2	3	3	3	1	3	3	3	3	2	2	3	2	42
Idkhalus	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	35
Ifa	2	2	3	3	1	2	2	3	2	2	2	1	2	2	3	2	34
Indah	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	43
Izha	4	3	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3	4	2	2	2	42
Maulinda	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	4	2	3	2	2	3	41
Muhammad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48

Nabila	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48
Nanda	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	35
Naswa	2	3	2	2	4	4	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	44
Nudiya	2	3	2	2	4	2	2	3	2	3	2	3	4	2	3	3	42
Qoharuddin	4	3	2	4	3	4	2	3	2	3	3	2	1	3	1	4	44
Raihan	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	35
Rita	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	40
Rizka	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
Rizki	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	35
Sofyan	4	3	4	3	4	4	3	4	3	3	3	4	4	3	3	3	55
Tassayu	2	3	2	2	4	4	3	3	2	3	3	2	2	3	3	3	44
Usama	3	2	2	2	2	1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2	35
Zahira	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	48
	2.67	2.53	2.23	2.50	2.77	2.43	2.40	2.73	2.40	2.63	2.63	2.60	2.53	2.37	2.37	2.57	1211
Rata-Rata	0.62					0.64					0.63					40.37	
Persentase	62%					64%					63%					63.07%	

Lampiran 25 Hasil Pre-test Siswa

1. Kelas Eksperimen

(19) Asses

Mufid Alkhamarizmi XL-7

No. 15/2025

Date:

☐		13
☐	1.	a. karena cahaya yg melewati bola kaca difraksi
☐		b. Semakin besar indeksnya semakin besar sudut pembiasan
☐	2.	a. karena terjadi difraksi cahaya pada celah sempit & fsk yg menentukan cahaya
☐		b. $\frac{200 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-3}} \cdot \frac{1}{15} = 5,256$ $\frac{900 \times 10}{0,2 \times 10} = 4,5 \text{ cm}$
☐		
☐	3.	a. Karena pada cahaya dan gelombang terjadi karena pada kisi ada yg bolong ada yang tempat lewat cahaya.
☐		b. $\frac{1(200 \cdot 10^{-3})(1/5)}{2 \cdot 10^{-3}} = 5,256$
☐		
☐	4.	a. kec. cahaya ^{mere} memukul sudut masuk ke dalam indeks lebih tinggi
☐		b. $\frac{3 \times 10^8}{2,41} = 1,24 \times 10^8 \text{ m/s}$
☐		
☐	5.	a. Karena proses pengamatan hilal menggunakan teleskop yg memiliki lensa kaca, pengamat tidak begitu berpegang
☐		b. Karena untuk melihat bulan yg jauh dibutuhkan interferensi cahaya
☐		
☐	6.	Kaca flint karena Indeks biasnya paling tinggi
☐		$\frac{2 \cdot 100}{70} =$
☐		
☐		
☐		

2. Kelas Kontrol

Nama: Ashfa Rizqun

Kelas = XI-6

15/10/2020

31

Date:

15

15

30

1. a. Karena bola kaca memiliki salah satu sifat

yaitu membiaskan sehingga bayangan

perforansi tampak terbalik dengan berbagai

sifat kaca lainnya, pembiasan benesih

1. membuat sudut pembelakan cahaya.

b. Semakin besar indeks bias pada bola kaca

1 maka semakin besar pula sudut pembelakan

cahaya

2. Diket. $\lambda = 600 \text{ nm} = \dots \text{m}$ dit: a. pola gelap-terang

$\lambda = 1,5 \text{ m}$

b. dy

$d = 0,2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Jawab:

$$b. \frac{dy}{e} = n\lambda \quad y = \frac{600 \cdot 1,5}{2 \cdot 10^4}$$

$$\frac{y \cdot 2 \cdot 10^4}{1,5} = 1.600 \cdot 10^3 = 9 \times 10^2 = 9,5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

a. Ketika cahaya melewati celat sempit lalu

1 mengalami difraksi & menghasilkan 2 gelombang

cahaya yg tumpang tindih 2 gelombang ini

mengalami konstruktif pd titik tertentu

dan menghasilkan pola terang

22/16



Lampiran 26 Hasil Post-test Siswa

1. Kelas Eksperimen

Date: / /

Nama : Nadia fatikhla Aulia R.
 Kelas : XI-7
 No : 23

1. a. Sedotan tampak patah saat dimasukkan kedalam air karena terjadi peristiwa pembiasan cahaya (refraksi). Karena ketika cahaya dari sedotan didalam air keluar menuju udara, cahaya melewati dua medium dg kerapatan optik berbeda (air & udara).

b. Diket : Indeks bias udara (n_1) = 1,00
 " " air (n_2) = 1,33
 Sudut datang (θ_1) = 36°
 Jwb : $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$
 $1,00 \cdot \sin 36^\circ = 1,33 \cdot \sin \theta_2$
 $0,588 = 1,33 \cdot \sin \theta_2$
 $\sin \theta_2 = \frac{0,588}{1,33} = 0,442$
 $\theta_2 = \arcsin (0,442) = 26,3^\circ$

2. a. Diket : Indeks bias berlian (n berlian) = 2,42
 kecepatan cahaya di vakum (c) = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$
 tanya : v berlian
 Jwb : $v = \frac{c}{n}$
 $v \text{ berlian} = \frac{3 \times 10^8}{2,42} = 2,00 \times 10^8 \text{ m/s}$

3. a. Proses pembiasan cahaya terjadi ketika cahaya dr h/1 melewati atmosfer bumi yg memiliki kecepatan berbeda.

2. Kelas Kontrol

Nama = Astha Rizquna		No. 16/1024
Kelas = XI-6		Date: 5
Absen = 67		
☐		
☐	1.	a. karena salah satu sifat gelombang cahaya
☐		2 adalah dispersi dimana ketika cahaya kolimat
☐		dg cahaya monokromatis
☐		
☐		b. karena memiliki λ (panjang gelombang) yang
☐		1 berbeda dimana λ kecil akan dibiaskan lebih
☐		jauh dan merah memiliki λ yg lebih dibanding
☐		ungu
☐		
☐	2.	a. karena melewati medium yg berbeda atau dengan
☐		2 kata lain mengalami peristiwa pembiasan, dimana
☐		ketika ada 2 medium (udara, air) lalu sebuah
☐		benda melewati ke 2 medium maka akan terjadi
☐		Pembiasan
☐		b. $\theta = 36^\circ$, indeks bias udara: 1,00, indeks air: 1,33
☐		1 ditanya: Sudut bias ?
☐		Jawab:
☐		$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ $\arcsin \theta_2 = 0,95$
☐		$1,00 \cdot \sin 36^\circ = 1,33 \cdot \sin \theta_2$ $\arcsin \theta_2 = 26,8^\circ$
☐		$1,00 \cdot 0,6 = 1,33 \cdot \sin \theta_2$
☐		$0,6 = 1,33 \cdot \sin \theta_2$
☐		$0,45 = \sin \theta_2$
☐		29
☐		$60^\circ = \sin \theta_2$
☐		133



Lampiran 27 Rekap Nilai Siswa

Kelas Eksperimen

No. Absen	Pre Test	Post Test
1	28.57	14.29
2	44.29	38.57
3	12.86	35.71
4	31.43	14.29
5	40.00	42.86
6	55.00	51.43
7	2.86	4.29
8	35.71	40
9	27.86	14.29
10	5.71	7.14
11	15.71	8.57
12	0.00	8.57
13	20.00	34.29
14	30.00	44.29
15	7.14	2.86
16	20.00	48.57
17	21.43	10
18	37.14	48.57
19	11.43	31.43
20	5.71	1.43
21	45.71	40
22	42.86	24.29
23	55.71	37.14
24	25.71	40
25	34.29	41.43
26	25.71	38.57
27	8.57	8.57
28	27.14	37.14
29	47.14	44.29
30	20.00	48.57
31	2.86	35

32	14.29	57.14
33	32.86	44.29
34	38.57	10
35	27.14	38.57
36	22.86	45.71
Rata-Rata	25.67	30.34

Kelas Kontrol

No. Absen	Pre Test	Post Test
1	0	1.43
2	0	0
3	12.86	15.71
4	4.29	5.71
5	20	24.29
6	5.71	8.57
7	17.14	34.29
8	4.29	28.57
9	18.57	40
10	2.86	8.57
11	12.86	27.14
12	5.71	11.43
13	12.86	10
14	10	11.43
15	13.57	8.57
16	17.14	35.71
17	2.86	17.14
18	12.86	8.57
19	5.71	24.29
20	5.71	5.71
21	14.29	14.29
22	1.43	1.43
23	15.71	12.86
24	11.43	10
25	11.43	10

26	12.86	10
27	12.86	17.14
28	22.86	34.29
29	11.43	7.14
30	5.71	15.71
31	5.71	12.86
32	12.86	4.29
33	0	12.86
34	2.86	2.86
35	4.29	17.14
36	14.29	18.57
Rata-Rata	9.58	14.68

Lampiran 28 Hasil Analisis Normalitas

Pretest

Tests of Normality							
	Kelas	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Nilai Pre-Test	Kontrol	.181	36	.004	.946	36	.078
	Eksperimen	.067	36	.200 [*]	.975	36	.571

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Post Test

Tests of Normality							
	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil Post Test	Kontrol	.156	36	.027	.915	36	.009
	Eksperimen	.205	36	< .001	.886	36	.001

a. Lilliefors Significance Correction

Lampiran 29 Hasil Analisis Homogenitas

Pretest

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Pretest	Based on Mean	5.355	1	70	.024
	Based on Median	3.404	1	70	.069
	Based on Median and with adjusted df	3.404	1	51.538	.071
	Based on trimmed mean	4.687	1	70	.034

Post Test

Test of Homogeneity of Variance

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Posttest	Based on Mean	1.868	1	70	.176
	Based on Median	.318	1	70	.575
	Based on Median and with adjusted df	.318	1	64.200	.575
	Based on trimmed mean	1.718	1	70	.194

Lampiran 31 Hasil Analisis Wilcoxon Match Pairs

Wilcoxon Signed Ranks Test

		Ranks		
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Eksperimen - Kontrol	Negative Ranks	9 ^a	10.28	92.50
	Positive Ranks	27 ^b	21.24	573.50
	Ties	0 ^c		
	Total	36		

a. Eksperimen < Kontrol

b. Eksperimen > Kontrol

c. Eksperimen = Kontrol

Test Statistics^a

Eksperimen - Kontrol	
Z	-3.779 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	<.,001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Lampiran 32 Hasil Angket Respons Siswa

LEMBAR ANGKET RESPONS SISWA TERHADAP PENGEMBANGAN E-MODUL E-MODUL DENGAN PENDEKATAN I-SETS (*ISLAMIC, SCIENCE, ENVIRONMENT, TECHNOLOGY, SOCIETY*) MATERI GELOMBANG CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMA

Nama : **rizka**
Kelas : **XI - 7**
Sekolah : **Man 1 Kota Semarang**

A. Petunjuk Penilaian

1. Tuliskan identitas Anda pada kolom yang sudah disediakan
2. Jawablah pernyataan berikut sesuai dengan keadaan sebenarnya
3. Pahami setiap pernyataan atau tanyakan kepada guru jika ada yang belum dipahami
4. Isi kolom penilaian dengan memberi tanda checklist (✓) pada salah satu jawaban
5. Pedoman penilaian sebagai berikut

No.	Kriteria	Skor
1.	Sangat Setuju	4
2.	Setuju	3
3.	Tidak Setuju	2
4.	Sangat Tidak Setuju	1

6. Jika terdapat kritik dan saran, dapat dituliskan pada kolom yang sudah disediakan

B. Lembar Angket Respons Siswa

No.	Indikator	Skor Penilaian			
		1	2	3	4
A. Tampilan					
1.	Desain e-modul menarik dan membuat saya termotivasi untuk belajar			✓	
2.	Jenis font dan ukuran yang digunakan tepat dan proporsional			✓	
3.	Penulisan kalimat dan rumus dalam e-modul dapat terbaca dengan jelas				✓
4.	Penggunaan ilustrasi (video/gambar/elemen lainnya) dalam e-modul jelas dan membantu saya memahami materi			✓	
5.	Navigasi dalam e-modul mudah digunakan dan tidak membingungkan			✓	
B. Isi					
6.	E-modul menyajikan materi dengan sangat jelas				✓
7.	E-modul ini membantu saya dalam memahami konsep yang sulit dengan cara yang lebih sederhana			✓	
8.	E-modul menyajikan materi yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari dan peristiwa nyata di lingkungan saya			✓	
9.	E-modul membantu saya memahami hubungan antara konsep fisika dan aspek keislaman, sains, teknologi, lingkungan, dan masyarakat (I-SETS)			✓	

10.	Bahasa yang digunakan dalam e-modul komunikatif dan mudah untuk saya pahami			✓	
11.	Aktivitas yang ada dalam e-modul mendorong saya untuk berpikir kritis dan mendalam			✓	
C. Kepraktisan					
12.	E-modul mudah digunakan tanpa bantuan guru			✓	
13.	Saya bisa memahami langkah-langkah pembelajaran dalam e-modul secara mandiri.			✓	
14.	E-modul dapat diakses kapan saja dan di mana saja dengan perangkat yang saya miliki.				✓
15.	Saya merasa e-modul ini efisien dan tidak memerlukan waktu lama untuk memahami materi.				✓

C. Kritik dan Saran

sudah bagus kk ~

Semarang,

Responden



(.....vika.....)

Lampiran 33 Hasil Analisis Angket Respons Siswa

Nama	Tampilan					Isi						Kepraktisan				Total Skor
	Butir 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Ahmad	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Alifa	4	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	3	52
Aniqoh	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Balqis	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	54
Chelsea	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	3	4	3	48
Dheana	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Egan	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Elang	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	2	2	3	3	45
Farrel	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	46
Hazel	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Isma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30
Khumaira	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	56
M. Ra'uf	4	2	1	3	4	4	3	4	3	3	2	1	4	3	1	42
Mafis Aulia	3	3	3	3	2	2	3	3	3	4	3	3	3	4	3	45
Maretha	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	51
Maulida	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30
Mufid	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	44

Muhamad N.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	1	2	29
Nabila A.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Nabila S.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30
Nadia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Najwa	4	4	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	4	3	54
Nanda	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	50
Gading	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	4	3	3	3	50
Rizka	3	3	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	4	4	49
Sani	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	48
S. Chabib	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	47
Talita	3	4	4	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	4	3	47
Tsaqifa	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	30
Wildan	3	3	2	4	3	3	3	4	2	3	3	2	2	3	2	42
Yuni	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	45
Rata-rata	13.22					15.5					9.97					38.31
Persentase	66.11%					64.58%					62.33%					63.84%

Lampiran 34 Dokumentasi

1. Uji coba soal



2. Kelas Kontrol



Pretest



Pembelajaran



Post test

3. Kelas Eksperimen



Pretest



Pembelajaran



Post-test

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama : Fauziah Kusumaningrum
Tempat, Tanggal Lahir : Semarang, 21 Maret 2003
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Mangkang Kulon, Tugu, Kota
Semarang
Email : ningrumf955@gmail.co

B. Riwayat Pendidikan

1. TK/RA Masyitoh Pekalongan
2. MI 11 Nurul Islam Pekalongan
3. MTs N 1 Kota Semarang
4. MAN 1 Kota Semarang

Semarang, 17 Juni 2025
Pembuat Pernyataan

Fauziah Kusumaningrum
NIM. 2108066024