



**PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM
DIFRAKSI CAHAYA BERBASIS ANALISIS *TRACKER***

Skripsi

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Fisika**

Oleh

Diah Ayu Istiqomah

NIM 4201416010

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Diah Ayu Istiqomah NIM 4201416010. Program Studi Pendidikan Fisika S1. Judul Pengembangan Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis *Tracker* telah dipertahankan didepan sidang panitia ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang, pada :

Hari : Rabu

Tanggal: 16 September 2020

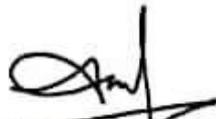
Panitia



Penguji I

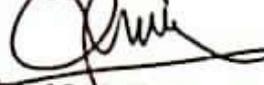
Prof. Dr. Sarwi, M.Si.
NIP. 196208091987031001

Sekretaris,



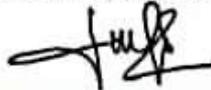
Dr. Suharto Limuwih, M.Si.
NIP. 196807141966031005

Penguji II



Prof. Dr. Susilo, M. S.
NIP. 195208011976031006

Anggota Penguji Pembimbing



Drs. Ngurah Made D.P., M.Si., Ph.D.
NIP. 196702171992031002

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul "Pengembangan Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis *Tracker*" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan kesidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

Hari : Rabu

Tanggal : 16 September 2020

Semarang, 15 September 2020

Pembimbing



Drs. Ngurah Made D.P., M.Si., Ph.D.
NIP.196702171992031002

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Diah Ayu Istiqomah

NIM : 4201416010

Program Studi : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah. Apabila kemudian hari terbukti skripsi ini hasil jiplakan atau karya orang lain, maka saya siap diberi sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Semarang, 15 September 2020



Diah Ayu Istiqomah
NIM. 4201416010

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

Maka sesungguhnya Bersama Kesulitan itu Ada Kemudahan (QS. Al-Insyirah:5)

Change will not come if we wait for some other person or some other time. We are the change that we seek. (Barack Obama)

Persembahan

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua yaitu bapak Slamet dan ibu Roningsih, juga keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan yang terbaik.
2. Guru dan dosen yang telah menuntun meraih kesuksesan.
3. Sahabat dalam senang dan susah.
4. Teman seperjuangan.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis *Tracker*”. Banyak pihak terlibat yang selalu memberikan dukungan, motivasi, inspirasi, petunjuk serta bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. .Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Sugianto, M.Si., Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Ngurah Made Darma Putra, M.Si., Ph.D., Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyusun skripsi.
5. Wasi Sakti Wiwit Prayitno, S.Pd., Teknisi Laboratorium Jurusan Fisika yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penelitian.
6. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Jurusan Fisika yang telah membantu kelancaran administrasi dalam menyusun skripsi.
7. Mahasiswa yang telah melaksanakan mata kuliah Gelombang Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
8. Semua pihak yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan pihak-pihak yang membutuhkan. Terimakasih.

Semarang, 16 September 2020

Penulis

ABSTRAK

Istiqomah, Diah Ayu.(2020).”*Pengembangan Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis Tracker*”. Skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.Pembimbing Drs.Ngurah Made Darma Putra, M.Si.,Ph.D

Kata Kunci : Modul praktikum, Difraksi Cahaya, *Tracker*

Hasil PISA kategori Sains tahun 2018 yang dicapai siswa Indonesia dalam kategori rendah yakni berada pada urutan 70 dari 78 negara peserta. Salah satu mata pelajaran yang didalamnya terdapat proses sains yaitu mata pelajaran Fisika pada materi difraksi cahaya. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan modul praktikum difraksi cahaya dengan bantuan analisis *Tracker*, kelayakan dan tanggapan dari responden. Model pengembangan yang digunakan pada penelitian ini adalah model prosedural deskriptif, menurut Borg and Gall (1989). Dalam penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Fisika pada semester genap 2019/2020. Teknik pengumpulan data berupa observasi jurnal, angket kelayakan dan tanggapan mahasiswa fisika yang telah menempuh mata kuliah gelombang. Instrumen penelitian berupa modul praktikum, lembar angket, dan dokumentasi. Teknik analisis data berupa analisis kelayakan modul hasil validasi ahli, dan analisis tanggapan mahasiswa terhadap modul dari uji coba terhadap 10 mahasiswa fisika. Hasil penelitian diperoleh modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *Tracker* terdiri atas uraian teori, langkah kerja, analisis, soal evaluasi, dan juga dilengkapi dengan panduan penggunaan *tracker* guna menganalisis peristiwa difraksi cahaya. Dalam modul terdapat dua jenis percobaan yaitu mencari panjang gelombang menggunakan *tracker* dengan sumber cahaya monokromatik pada kisi 100 garis/mm $594,3 \pm 27,3 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 4,59%. Pada kisi 300 garis/mm panjang gelombang sebesar $615,2 \pm 13,8 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 2,24%. Pada kisi 600 garis/mm panjang gelombang yang didapat sebesar $626,6 \pm 9,6 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,52% dan pada sumber cahaya polikromatik kesalahan relatif dari 0,17 % sampai 7,14% pada semua kisi yang digunakan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa modul yang digunakan dengan analisis berbasis *tracker* memenuhi kriteria sangat layak dengan skor 88% menurut hasil validasi ahli begitu juga hasil tanggapan mahasiswa yaitu dalam kriteria sangat baik dengan skor 88%. Modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *tracker* dinyatakan sangat layak dari hasil validasi ahli, dan kriteria sangat baik dari hasil tanggapan mahasiswa fisika.

ABSTRACT

Istiqomah, Diah Ayu. (2020). "*Development of a Light Diffraction Practicum Module Based on Tracker Analysis*". Thesis Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Semarang. Advisor Drs.Ngurah Made Darma Putra, M.Si., Ph.D.

Keywords: *practicum module; Light Diffraction;Tracker*

PISA results in the Science category in 2018 achieved by Indonesian students in the low category is in the order of 70 out of 78 participating countries. One of the subjects in which there is a scientific process, namely Physics subjects in light diffraction material. The purpose of this study was to develop a light diffraction practicum module with the help of analysis *Tracker*, feasibility and responses from respondents. The development model used in this study is a descriptive procedural model, according to Borg and Gall (1989). In this research, it was carried out in the Physics Department in the even semester of 2019/2020. Data collection techniques are in the form of journal observations, feasibility questionnaires and responses from physics students who have taken the wave course. The research instruments were practicum modules, questionnaire sheets, and documentation. The data analysis technique was in the form of a feasibility analysis of the expert validation result module, and an analysis of student responses to the module from the trial of 10 physics students. The results of the study obtained that the light diffraction practicum module based on the analysis *Tracker* consists of a description of the theory, work steps, analysis, evaluation questions, and is also equipped with a guide to using a *tracker* to analyze light diffraction events. In the module there are two types of experiments, namely searching for wavelengths using a *tracker* with a source. Monochromatic light on a $594,3 \pm 27,3$ nm 100 line / mm grid with a relative error of 4,59%. On a 300 line / mm grid, the wavelength is $615,2 \pm 13,8$ nm with a relative error of 2,24%. On a 600 line / mm lattice the wavelength obtained is $626,6 \pm 9,6$ nm with a relative error of 1,52% and on a polychromatic light source the relative error is from 0,17% to 7,14% on all the grating used. The results also show that the module used with-based analysis *tracker* fulfills the very feasible criteria with a score of 88% according to the results of expert validation as well as the results of student responses that are in very good criteria with a score of 88%. The light diffraction practicum module based on analysis was declared very feasible from the results of expert validation, and the criteria were very good from the results of the responses of physics students.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA	vi
SARI	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.6.1 Manfaat Teoritis	5

	Halaman
1.6.2 Manfaat Praktis	5
1.7 Penegasan Istilah	5
1.7.1 Modul.....	5
1.7.2 Difraksi Cahaya	6
1.7.3 <i>Tracker</i>	6
1.8 Sistematika Penulisan Skripsi	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1 Media Pembelajaran	8
2.2 Interpretasi Grafik	9
2.3 Modul	10
2.3.1 Pengertian Modul.....	10
2.3.2 Karakteristik Modul.....	10
2.3.3 Prosedur Penulisan Modul	13
2.3.4 Kelayakan Modul.....	14
2.4 <i>Software Tracker</i>	16
2.5 Interferensi dan Difraksi Cahaya.....	17
2.5.1 Interferensi Celah Ganda	17
2.5.2 Interferensi Maksimum pada Percobaan Young.....	17
2.5.3 Interferensi Minimum pada Percobaan Young	19
2.5.4 Difraksi Cahaya	19
2.5.5 Difraksi pada Celah Tunggal.....	20
2.5.6 Difraksi Kisi.....	21

	Halaman
2.6 Spektometer	23
2.7 Kerangka Berpikir	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian.....	27
3.2 Prosedur Penelitian dan Pengembangan	27
3.2.1 Penelitian dan Pengumpulan Informasi Awal	27
3.2.2 Perencanaan	27
3.2.3 Pengembangan Produk	28
3.2.4 Uji Coba.....	28
3.2.5 Revisi Produk.....	28
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.4 Teknik Pengumpulan Data	28
3.4.1 Observasi	29
3.4.2 Angket atau Kuisioner	29
3.5 Instrumen Penelitian.....	29
3.5.1 Modul Praktikum	29
3.5.2 Lembar Kuisioner	29
3.5.3 Alat Rekam atau Dokumentasi	30
3.6 Teknik Analisis Data.....	30
3.6.1 Analisis Kelayakan Modul.....	30
3.6.2 Analisis Tanggapan Responden.....	31
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	32

	Halaman
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Penelitian	33
4.1.1 Penelitian dan Pengumpulan Informasi Awal	33
4.1.2 Perencanaan	35
4.1.3 Pengembangan Produl Awal.....	44
4.1.4 Uji Coba Awal	49
4.1.5 Revisi Produk.....	52
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian	54
4.2.1 Hasil Praktikum Difraksi Cahaya	54
4.2.2 Uji Validitas Modul Praktikum.....	58
4.2.3 Tanggapan Responden Mahasiswa Terhadap Modul	62
4.3 Keterbatasan Peneliti	62
BAB V PENUTUP	63
5.1 Simpulan.....	63
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Kategori Skor pada Skala Likert.....	30
3.2 Skala Interval Kelayakan Modul	30
3.3 Skala Interval Respon Modul	31
4.1 Rekap Hasil Perhitungan panjang Gelombang Kisi 100 garis/mm	37
4.2 Rekap hasil Perhitungan panjang gelombang Kisi 300 garis/mm	37
4.3 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang kisi 600 garis/mm.....	38
4.4 Rekap Hasil Perhitungan panjang Gelombang Secara Manual Kisi 100garis/mm	39
4.5 Rekap Hasil Perhitungan panjang Gelombang Secara Manual Kisi 300 garis/mm	39
4.6 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Manual Kisi 600 garis/mm.	40
4.7 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Kisi 100garis/mm pada orde sebelah kanan dan sebelah kiri	42
4.8 Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 100 garis/mm pada jarak 50 cm.....	42
4.9 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Kisi 300garis/mm pada orde sebelah kanan dan sebelah kiri	42
4.10 Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 100 garis/mm pada jarak 50 cm.....	42
4.11 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Kisi 300garis/mm pada orde sebelah kanan dan sebelah kiri	43

Tabel	Halaman
4.12 Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 100 garis/mm pada jarak 50 cm.....	43
4.13 Hasil Uji Kelayakan Modul.....	50
4.14 Hasil Angket Responden Terhadap Modul	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Tampilan Tracker	15
2.2 Skema Percobaan Interferensi Celah Ganda Young	17
2.3 Superposisi Dua Gelombang yang menghasilkan InterferensiMaksimum (Konstruktif)	17
2.4 Superposisi Dua Gelombang yang menghasilkan Interferensi Minimum (Destruktif)	19
2.5 Analisis pola terang/gelap pada difraksi celah tunggal.....	20
2.6 Sinar yang masuk melalui celah kisi akan didifraksikan dengan sudut sebesar θ	21
2.7 Spektrum yang dihasilkan kisi	23
2.8 Spektrometer	23
2.9 Kerangka Berpikir.....	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	32
4.1 Praktikum pada sumber Cahaya monokromatik	35
4.2 Praktikum pada sumber Cahaya Polikromatik (Lampu Krypton)	41
4.3 Sampul dan Daftar Isi Materi Difraksi Cahaya.....	45
4.4 KD dan Isi Materi Difraksi Cahaya	45
4.5 Isi Materi Modul	46
4.6 Isi Materi Modul	46
4.7 Isi materi Difraksi Cahaya	46
4.8 Isi Materi Difraksi Cahaya dan Petunjuk Praktikum	47

Gambar	Halaman
4.9 Petunjuk Praktikum	47
4.10 Analisis Data Pengamatan (1)	48
4.11 Analisi Data Pengamatan (2)	48
4.12 Panduan Penggunaan <i>Tracker</i>	49
4.13 Sampul Modul Praktikum yang Telah direvisi	52
4.14 Sampul Panduan <i>Tracker</i> yang telah direvisi	52
4.15 Hasil Perbaikan untuk menghilangkan kotak dialog yang tidak digunakan ..	52
4.16 Hasil Perbaikan Penambahan Kalimat pada Tujuan Praktikum	53
4.17 Hasil Penambahan Kalimat dan Tempat pada Bagian Akhir.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kisi-Kisi Soal Evaluasi Modul	71
2. Kunci Jawaban	72
3. Hasil Praktikum	75
4. Kisi-Kisi Uji Kelayakan.....	88
5. Lembar Uji Kelayakan	89
6. Rubrik Lembar Uji Kelayakan.....	92
7. Daftar Validasi Ahli	104
8. Lembar Hasil Validasi Ahli	106
9. Tabulasi Data Uji Kelayakan ahli	113
10. Kisi-Kisi Angket	116
11. Angket Respon Terhadap Modul	117
12. Daftar Nama Responden	119
13. Lembar Hasil Tanggapan Mahasiswa	120
14. Tabulasi Data Hasil Respon Responden	124
15. Dokumentasi	128
16. Modul Praktikum	130
17. Panduan Penggunaan Tracker	149

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PISA (*Programme for International Student Assessment*) merupakan penilaian tingkat dunia yang diselenggarakan setiap tiga tahun sekali untuk menguji performa akademisi yang berusia 15 tahun,yang dilakukan oleh OECD (*Organisation for Economic Co-operation and Development*).Pada hasil PISA tahun 2018 diperoleh Indonesia pada kategori Sains mendapat peringkat 70 dari 78 negara dengan skor 396, hal ini mengalami penurunan dari hasil PISA tahun 2015 yang dimana Indonesia memperoleh peringkat 64 dengan skor 403 dalam kategori yang sama (OECD,2019). Hasil ini dapat dijadikan tolak ukur awal bagi negara Indonesia mengenai perkembangan kualitas pendidikan dari negara lainnya. Dalam setiap pendidikan seharusnya mampu memberikan pembelajaran yang dapat memotivasi, membantu mengembangkan keterampilan,dan kreatifitas siswa,terutama dalam pembelajaran yang terdapat proses sains.

Hakikat sains sebagai proses menuntut pembelajaran sains bukan hanya berupa ilmu namun sebuah proses konstruktivisme yang memfasilitasi peserta didik untuk melatih keterampilan, dan menumbuhkan sikap positif (Zamista, 2015). Salah satu mata pelajaran yang didalamnya terdapat proses sains yaitu mata pelajaran Fisika.Pada pembelajaran fisika materi difraksi cahaya merupakan gejala pembelokan (penyebaran) gelombang ketika menjalar melalui celah sempit atau tepi tajam suatu benda (Ramlan, 2001:130). Hal ini yang membuat pentingnya menampilkan fenomena logis dan nyata dalam materi difraksi cahaya.

Biasanya dalam praktikum difraksi cahaya diperlukan ruangan khusus agar tidak ada cahaya dari luar yang masuk sehingga fenomena difraksi cahaya berupa spektrum cahaya dapat terlihat jelas dan dapat dianalisis secara akurat.

Melalui kegiatan praktikum, peserta didik akan memperoleh pengalaman secara langsung, sehingga dapat meningkatkan penguasaan konsep, kemampuan memecahkan masalah dan keterampilan ilmiah (Hofstein *et al.*, 2007). Dalam kegiatan praktikum diperlukan media pembelajaran yang sesuai agar tujuan dari pembelajaran itu sendiri dapat tercapai. Maharani, Wati, & Hartini (2017:352) mengungkapkan bahwa alat peraga merupakan media yang diperlukan dalam memahami berbagai konsep abstrak. Alat peraga dapat memvisualisasikan materi-materi fisika yang sulit dilihat secara langsung. Oktafiani, Subali, & Edie (2017:190) menyebutkan bahwa alat peraga dapat meningkatkan hasil belajar melalui peningkatan kemampuan siswa dalam memahami suatu konsep.

Hal ini tidak didukung dengan keadaan lapangan yang menunjukkan bahwa praktikum relatif jarang dilakukan (Widodo & Ramdhaningsih, 2006:148). Kegiatan praktikum fisika yang seringkali terkendala oleh beberapa hal seperti keterbatasan waktu, ketersediaan bahan, keamanan, dan materi yang abstrak dapat dikembangkan suatu laboratorium virtual yang merupakan simulasi komputer sebagai pengganti praktikum fisika secara konvensional (Sofi'ah, Sugianto, & Sugiyanto, 2017). Selain itu komputer dapat pula dimanfaatkan sebagai multimedia pembelajaran berbentuk game komputer edukasi (*educational computer game*) yang dapat diterapkan sebagai suplemen pembelajaran (Purnomo, Sugiyanto, & Akhlis, 2011) dan *virtual experiment* (Yulianti, Khanafiyah, &

Sugiyanto, 2012). Analisis video menggunakan program Tracker dalam proses pendidikan merupakan metode kreatif baru dalam pembelajaran fisika dan menjadikan pelajaran Ilmu Pengetahuan Alam lebih menarik bagi siswa (Hockicko, Krišt'ák, & Němec, 2015). Analisis video menggunakan program Tracker memuat data ruang sekaligus data waktu dan merupakan jembatan penghubung antara pengamatan langsung gejala fisika dan penyajian abstraknya. Berdasarkan keuntungan tersebut, penggunaan analisis video dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang fisika, termasuk mekanika, elektromagnetika, optika, spektroskopi, bahkan termodinamika (Brown & Cox, 2009).

Penelitian tentang penerapan video *tracker* untuk menentukan koefisien viskositas pun telah dilakukan oleh Marliani *et al.* (2015). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa diperoleh nilai koefisien viskositas fluida (η) yang relatif konstan yaitu sebesar $0,390\text{Ns/m}^2$. Berdasarkan penelitian oleh Rodrigues *et al.* (2015) tentang penerapan *Software Tracker* untuk menganalisis dalam menentukan panjang gelombang spektrum cahaya yang dihasilkan dari spektrometer sederhana didapat kesimpulan bahwa besar panjang gelombang yang dihasilkan dari sumber cahaya berupa lampu merkuri, lampu helium dan lampu neon kompak reratanya hanya berbeda dari 0,0% sampai 1,4% dengan panjang gelombang referensi untuk setiap spektrum warna cahaya yang dihasilkan oleh masing-masing lampu. Berdasarkan uraian diatas penulis melakukan penelitian dengan judul "Pengembangan Modul Praktikum Materi Difraksi Cahaya Berbasis Analisis *Tracker*".

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Perlunya alternatif praktikum untuk materi difraksi cahaya
2. Perlunya pemanfaatan *software tracker* dalam praktikum difraksi cahaya

1.3 Batasan Masalah

Masalah dalam penelitian ini difokuskan pada

1. Pemanfaatan *software tracker* dalam praktikum difraksi cahaya.
2. Kelayakan dari modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *tracker* yang dikembangkan.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik metode pengumpulan data modul praktikum difraksi cahaya yang dianalisis berbasis *Tracker*.
2. Bagaimana kelayakan dari modul praktikum difraksi cahaya yang dianalisis berbasis *Tracker*.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari peneliti terhadap masalah yang sedang dikaji adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan modul praktikum difraksi cahaya yang dianalisis berbasis *Tracker*.

2. Uji kelayakan modul praktikum difraksi cahaya yang dianalisis berbasis *Tracker*.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam mengembangkan ilmu pengetahuan alam salah satunya pengembangan modul praktikum dalam pembelajaran fisika. Sehingga dapat mencetak siswa yang berkualitas dan mampu mengembangkan ilmu pengetahuan alam.

2. Manfaat Praktis

1. Bagi Guru

Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam penggunaan modul praktikum materi difraksi cahaya dengan analisis berbasis *Tracker*.

2. Bagi Siswa

- a. Mempermudah siswa untuk memahami materi difraksi cahaya.
- b. Melatih siswa untuk memvisualisasikan mata pelajaran fisika dalam materi difraksi cahaya.

3. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan referensi dalam mengembangkan media pembelajaran dalam praktikum difraksi cahaya.

a. Penegasan Istilah

1.7.1 Modul

Modul menurut Depdiknas (2008:3) modul merupakan bahan ajar cetak yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta pembelajaran.

1.7.2 Difraksi Cahaya

Difraksi cahaya merupakan gejala pembelokan (penyebaran) gelombang ketika menjalar melalui celah sempit atau tepi tajam suatu benda (Ramlan, 2001:130)

1.7.3 Tracker

Tracker adalah *software* analisis video dan pemodelan gratis yang dibangun *Open Source Physics* (OSP) dengan kerangka kerja menggunakan Java (Brown, 2009)

b. Sistematika Penulisan Skripsi

Penulisan skripsi ini secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian pendahuluan, bagian isi dan bagian akhir . Bagian awal skripsi terdiri dari halaman judul, persetujuan pembimbing, pengesahan kelulusan, pernyataan,motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran. Sedangkan pada bagian isi skripsi terdiri dari hal-hal berikut ini.

1.8.1 Bab I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang: latar belakang masalah, identifikasi masalah , batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, penegasan istilah, dan sistematika penulisan skripsi.

1.8.2 Bab II Landasan Teori

Landasan teori berisi tentang: teori-teori yang mendasari penelitian (media pembelajaran, modul, *software Tracker*, materi interferensi dan difraksi cahaya) dan kerangka berpikir.

1.8.3 Bab III Metode Penelitian

Berisi jenis penelitian, subjek dan objek penelitian, responden penelitian, lokasi penelitian, model pengembangan, desain penelitian, jenis data, metode pengumpulan data, instrumen penelitian, dan analisis data penelitian.

1.8.4 Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang hasil-hasil penelitian dan pembahasannya.

1.8.5 Bab V Simpulan dan Saran

Bab ini berisi simpulan dan saran dari penelitian. Pada bagian akhir skripsi terdapat daftar pustaka dan lampiran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Media Pembelajaran

Sadiman (2012:13) mendefinisikan media pembelajaran sebagai salah satu sumber belajar yang dapat menyalurkan pesan sehingga dapat membantu proses belajar mengajar. Apriyanto (2012:26) mengatakan bahwa media pembelajaran merupakan alat atau wahana yang digunakan dalam proses pembelajaran yang lebih baik dari segi kualitas dan kuantitas.

Nurseto (2011:22) menyimpulkan bahwa manfaat media pembelajaran yaitu sebagai berikut:

1. Menyamakan persepsi siswa.
2. Mengkonkritkan berbagai konsep yang abstrak.
3. Menghadirkan berbagai objek yang sukar dibawa ke dalam lingkungan belajar.
4. Menampilkan objek dengan berbagai ukuran.
5. Memperlihatkan gerakan dengan berbagai kecepatan

Mukminan (2008) menyimpulkan bahwa dalam mengembangkan media pembelajaran perlu diperhatikan prinsip *VISUALS*, yang merupakan singkatan dari kata-kata:

1. *Visible*, yang berarti media tersebut mudah dilihat;
2. *Interesting*, yang berarti media tersebut menarik perhatian;
3. *Simple*, yang berarti media tersebut sederhana;
4. *Useful*, yang berarti media tersebut bermanfaat;

5. *Accurate*, yang berarti media tersebut benar dan dapat dipertanggungjawabkan;
6. *Legitimate*, yang berarti media tersebut masuk akal;
7. *Structured*, yang berarti media tersebut tersusun dengan baik.

2.2 Interpretasi Grafik

Representasi adalah sesuatu yang dapat disimbolkan atau simbol pada suatu objek ataupun proses (Rosengrant *et al.* 2007:150). Fisika representasi dapat berupa kata, gambar, diagram, grafik, simulasi komputer, persamaan matematika dan sebagainya. Fisika dalam pembelajarannya dapat menyajikan suatu pemahaman dan konsep. Sajian konsep hanya dinyatakan dalam representasi verbal, maka peserta didik yang lebih menojol kemampuan spasialnya akan mengalami kesulitan dalam memahami konsep yang disajikan (Suhandi, 2012: 2). Indikator-indikator kemampuan representasi menurut Amelia dalam Raflesiana (2019: 32) dalam representasi visual berupa diagram, tabel, ataupun grafik dengan bentuk-bentuk operasionalnya seperti:

1. Menyajikan kembali data atau informasi dari suatu representasi diagram, grafik, atau tabel;
2. Menggunakan representasi visual untuk memecahkan masalah

Representasi dalam pembelajaran fisika dapat digunakan untuk meminimalisasi kesulitan siswa dalam belajar fisika (Widyaningtyas *et al.* (2015: 3). Didukung dengan pernyataan Setyono *et al.* (2016: 32) salah satu alasan pentingnya pemahaman representasi grafik yaitu grafik mampu memberikan informasi kuantitatif yang mudah dipahami. Kemampuan siswa dalam memahami

grafik menjadi sangat penting, yaitu saat melakukan percobaan atau praktikum. Menurut Raflesiana *et al.* (2019:2) kaitan pembelajaran fisika interpretasi, meliputi:

1. Kemampuan menafsirkan pernyataan verbal;
2. Kemampuan menafsirkan gambar, diagram, grafik dan persamaan matematika;
3. Kemampuan menafsirkan berbagai tipe data;
4. Kemampuan membuat kualifikasi yang pantas dalam menafsirkan data;
5. Kemampuan membedakan sekitar atau kesimpulan kontradiktif dari susunan data

2.3 Modul

2.3.1 Pengertian Modul

Menurut Depdiknas (2008: 3) modul merupakan bahan ajar cetak yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta pembelajaran. Penjelasan senada juga diungkapkan oleh Prastowo (2012: 106) bahwa modul adalah sebuah bahan ajar yang disusun secara sistematis dengan bahasa yang mudah dipahami oleh siswa sesuai tingkat pengetahuan dan usia mereka, agar mereka dapat belajar secara mandiri dengan bantuan atau bimbingan yang minimal dari pendidik. Berdasarkan beberapa pendapat, dapat disimpulkan bahwa pengertian dari modul adalah suatu bahan ajar yang dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta pembelajaran yang disusun secara sistematis, operasional dan jelas agar tercapai tujuan dari pembelajaran tersebut.

2.3.2 Karakteristik Modul

Karakteristik modul menurut Depdiknas (2008:3-5) sebagai berikut :

1. *Self Instructional* (Instruksional Mandiri), yaitu melalui modul tersebut seseorang atau peserta belajar mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain. Untuk memenuhi karakter *self instructional*, maka dalam modul harus: (a) berisi tujuan yang dirumuskan dengan jelas; (b) berisi materi pembelajaran yang dikemas ke dalam unit-unit kecil/ spesifik sehingga memudahkan belajar secara tuntas; (c) menyediakan contoh dan ilustrasi yang mendukung kejelasan pemaparan materi pembelajaran; (d) menampilkan soal-soal latihan, tugas dan sejenisnya yang memungkinkan pengguna memberikan respon dan mengukur tingkat penguasaannya; (e) kontekstual yaitu materi-materi yang disajikan terkait dengan suasana atau konteks tugas dan lingkungan penggunaannya; (f) menggunakan bahasa yang sederhana dan komunikatif; (g) terdapat rangkuman materi pembelajaran; (h) terdapat instrumen penilaian/*assessment*, yang memungkinkan penggunaan diklat melakukan *self assessment*; (i) terdapat instrumen yang dapat digunakan penggunaannya mengukur atau mengevaluasi tingkat penguasaan materi; (j) terdapat umpan balik atas penilaian, sehingga penggunaannya mengetahui tingkat penguasaan materi; dan (k) tersedia informasi tentang rujukan/pengayaan/referensi yang mendukung materi pembelajaran dimaksud.
2. *Self Contained* (Materi Lengkap), yaitu seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau subkompetensi yang dipelajari terdapat di dalam satu modul secara utuh. Tujuan dari konsep ini adalah memberikan kesempatan pembelajar mempelajari materi pembelajaran yang tuntas, karena materi

dikemas ke dalam satu kesatuan yang utuh. Jika harus dilakukan pembagian atau pemisahan materi dari satu unit kompetensi harus dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan keluasan kompetensi yang harus dikuasai.

3. *Stand Alone* (Berdiri Sendiri), yaitu modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media pembelajaran lain. Dengan menggunakan modul, pebelajar tidak tergantung dan harus menggunakan media yang lain untuk mempelajari dan atau mengerjakan tugas pada modul tersebut. Jika masih menggunakan dan bergantung pada media lain selain modul yang digunakan, maka media tersebut tidak dikategorikan sebagai media yang berdiri sendiri.
4. *Adaptive* (Adaptif), modul hendaknya memiliki daya adaptif yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Dikatakan adaptif jika modul dapat menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta fleksibel digunakan. Dengan memperhatikan percepatan perkembangan ilmu dan teknologi pengembangan modul multimedia hendaknya tetap “*up to date*”. Modul yang adaptif adalah jika isi materi pembelajaran dapat digunakan sampai dengan kurun waktu tertentu.
5. *User Friendly* (Ramah Pengguna), modul hendaknya bersahabat dengan pemakainya. Setiap instruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon, mengakses sesuai dengan keinginan. Penggunaan bahasa yang sederhana, mudah dimengerti serta menggunakan istilah yang umum digunakan merupakan salah satu bentuk *user friendly*.

2.3.3 Prosedur Penulisan Modul

Penulisan modul diperlukan pedoman agar modul yang dihasilkan nantinya dapat layak digunakan. Prosedur penulisan modul menurut Depdiknas (2008) sebagai berikut :

1. Analisis Kebutuhan Modul

Analisis kebutuhan modul merupakan kegiatan menganalisis kompetensi/ tujuan untuk menentukan jumlah dan judul modul yang dibutuhkan untuk mencapai suatu kompetensi tersebut.

2. Penyusunan Draf

Penyusunan draf modul merupakan proses penyusunan dan pengorganisasian materi pembelajaran dari suatu kompetensi atau subkompetensi menjadi satu kesatuan yang sistematis.

3. Uji Coba

Uji coba draf modul adalah kegiatan penggunaan modul pada peserta terbatas, untuk mengetahui keterlaksanaan dan manfaat modul dalam pembelajaran sebelum modul tersebut digunakan secara umum.

4. Validasi

Validasi adalah proses permintaan persetujuan atau pengesahan terhadap kesesuaian modul dengan kebutuhan. Guna mendapatkan pengakuan kesesuaian tersebut, maka validasi perlu dilakukan dengan melibatkan pihak praktisi yang ahli sesuai dengan bidang-bidang terkait dalam modul. Validasi modul meliputi: isi materi atau substansi modul; penggunaan bahasa; serta penggunaan metode instruksional.

5. Revisi

Revisi atau perbaikan merupakan proses penyempurnaan modul setelah memperoleh masukan dari kegiatan uji coba dan validasi.

2.2.4 Kelayakan Modul

Modul dikatakan layak apabila sudah memenuhi empat aspek standar dari Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). Menurut BSNP (2007) empat aspek tersebut yaitu:

a. Aspek Kelayakan Isi

Aspek kelayakan isi mencakup: (1) Kesesuaian Uraian Materi dengan Standart Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD) (2) Keakuratan Materi (3) Kemutakhiran Materi (4) Mendorong Keingintahuan

b. Aspek Kelayakan Bahasa

Aspek kelayakan bahasa mencakup: (1) Lugas (2) Komunikatif (3) Dialogis dan Interaktif (4) Keterbacaan 5) Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia yang baik dan benar (6) Logika berbahasa

c. Aspek Kelayakan Penyajian

Aspek kelayakan penyajian mencakup: (1) Teknik Penyajian (2) Pendukung Penyajian (3) Penyajian Pembelajaran (4) Koherensi dan Keruntutan Alur Pikir

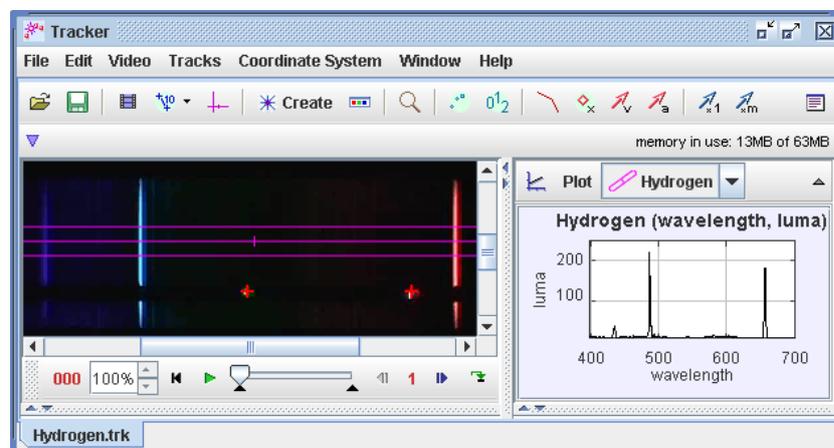
d. Aspek Kelayakan Kegrafisan

Aspek kelayakan kegrafisan mencakup: (1) Ukuran Modul (2) Desain Sampul modul (3) Desain Isi Modul (4) Kualitas kertas (5) Kualitas cetakan (6) Kualitas jilidan.

Komponen modul mencakup 3 bagian yaitu bagian pendahuluan, kegiatan belajar dan daftar pustaka. Bagian pendahuluan mengandung penjelasan umum mengenai modul, indikator pembelajaran, dan tujuan pembelajaran. Bagian kegiatan belajar mengandung uraian isi pembelajaran, rangkuman, tes, kunci jawaban, dan umpan balik.

2.4 *Software Tracker*

Tracker adalah *software* video analisis dan pemodelan yang bersifat gratis yang dibangun oleh *Open Source Physics* (OSP) dengan kerangka kerja menggunakan Java (Brown, 2009). Pada *software* ini mengandung kombinasi antara pemodelan fisika berbasis komputer dan analisis berupa video. Tampilan *tracker* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tampilan Tracker

Tracker mendefinisikan dua tipe dasar model partikel: (1) analisis dan (2) dinamis. Model partikel dinamis pada gilirannya mungkin Cartesian, polar atau sistem dua benda yang mengalami gaya internal dan eksternal. Semua model yang dibangun menggunakan Tracker "Model Builder", menyediakan kontrol untuk mendefinisikan dari berbagai parameter, kondisi awal, dan posisi maupun persamaan gaya (Brown & Cox, 2009).

Tracker memiliki fitur diantaranya sebagai berikut:

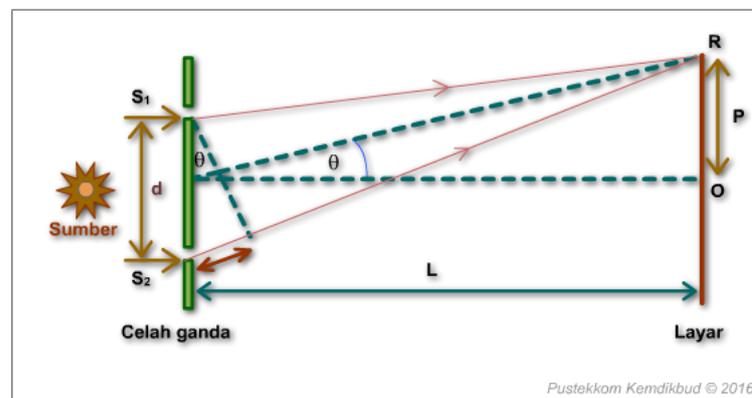
1. Pelacakan objek manual dan otomatis dengan posisi, kecepatan dan overlay percepatan, dan data.
2. Lintasan Pusat Massa.
3. Vektor grafis interaktif dan jumlah vektor.
4. Model Builder menciptakan model kinematik dan dinamis partikel titik massa.
5. Animasi model eksternal dan overlay data multi-titik dari program pemodelan terpisah seperti *spreadsheet* dan Simulasi Java.
6. Overlay model secara otomatis disinkronkan dan diskalakan ke video untuk perbandingan visual langsung dengan dunia nyata.
7. Memiliki mesin video Xuggle yang bisa memutar dan merekam sebagian besar format (mov / avi / flv / mp4 / wmv dll) di Windows / OSX / Linux.
8. Filter video, termasuk kecerahan / kontras, strobo, jejak hantu, dan filter *deinterlace*
9. Memperbaiki distorsi perspektif filter ketika objek difoto pada sudut lurus.
10. Filter distorsi radial memperbaiki distorsi yang terkait dengan lensa mata ikan.
11. Wisaya Ekspor Video memungkinkan pengeditan dan transkode video, dengan atau tanpa grafik overlay, menggunakan Pelacak itu sendiri.
12. Dialog Properti Video menunjukkan dimensi video, jalur, laju bingkai, jumlah bingkai, lebih banyak.

13. Memperbaiki atau mengoordinasikan skala sistem, asal, dan kemiringan sistem.

2.5 Interferensi dan Difraksi Cahaya

2.5.1 Interferensi Celah Ganda

Interferensi adalah penjumlahan superposisi dari dua gelombang cahaya atau lebih yang koheren (memiliki beda fase, frekuensi dan amplitudo sama) dan menimbulkan pola gelombang yang baru. Interferensi dapat bersifat membangun/saling menguatkan (konstruktif) dan merusak/saling melemahkan (destruktif). Percobaan interferensi dilakukan oleh Thomas Young, seorang ahli fisika membuat dua sumber cahaya koheren dari satu sumber cahaya monokromatik yang dilewatkan melalui dua buah celah sempit. Gambar 2.2 merupakan skema pada percobaan interferensi celah ganda Young.



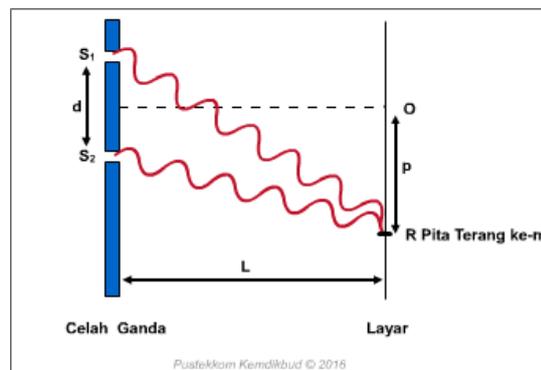
Gambar 2.2 Skema Percobaan Interferensi Celah Ganda Young

Interferensi maksimum atau minimum dapat terjadi karena panjang lintasan yang ditempuh gelombang S_1 tidak sama dengan gelombang S_2 , kedua gelombang tersebut memiliki beda lintasan sebesar:

$$\Delta s = d \sin \theta \dots \dots \dots (2.1)$$

2.5.2 Interferensi Maksimum pada Percobaan Young

Interferensi maksimum terjadi bila kedua gelombang yang keluar dari celah bertemu pada suatu titik memiliki beda fase yang sama atau beda lintasan yang ditempuh kedua gelombang merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombang ($\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$) seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.3 mengenai interferensi maksimum.



Gambar 2.3 Superposisi Dua Gelombang yang menghasilkan Interferensi Maksimum (Konstruktif)

$$\Delta s = m\lambda \dots \dots \dots (2.2)$$

Sehingga dari persamaan (2.1) dan (2.2), Interferensi maksimum dapat dirumuskan:

$$d \sin \theta = m\lambda \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk sudut θ yang kecil, berlaku nilai $\sin \theta \approx \tan \theta = p/L$ (dalam satuan radian).

$$\frac{dp}{L} = m\lambda \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

d = jarak antara kedua celah

p = jarak dari pita terang pusat ke pita terang ke- m

λ = panjang gelombang

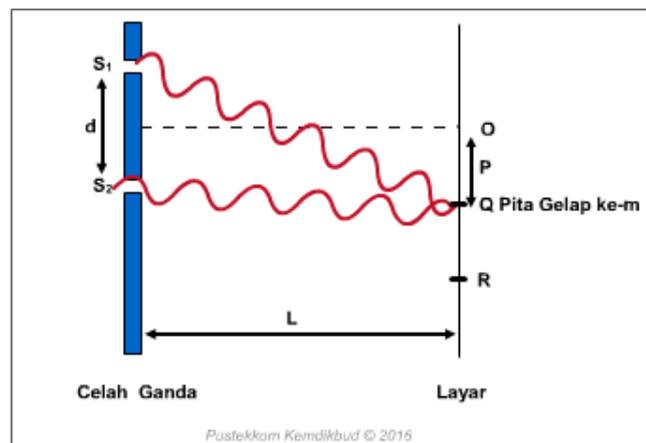
m = orde interferensi = 1, 2, 3, . . .

$m = 1$ untuk pita terang ke-1

$m = 2$ untuk pita terang ke-2, dst

2.5.3 Interferensi Minimum pada Percobaan Young

Interferensi minimum terjadi bila kedua gelombang yang keluar dari celah bertemu pada suatu titik memiliki beda fase yang berlawanan atau beda lintasan yang ditempuh kedua gelombang merupakan kelipatan dari setengah panjang gelombang $\frac{1}{2} \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \frac{5}{2} \lambda, \dots$, seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4. Superposisi Dua Gelombang yang menghasilkan Interferensi Minimum (Destruktif)

$$\Delta s = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \dots \dots \dots (2.5)$$

Sehingga dari persamaan (2.1) dan (2.4), Interferensi minimum dapat dirumuskan:

$$d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk sudut θ yang kecil, berlaku nilai $\sin \theta \approx \tan \theta = p/L$ (dalam satuan radian).

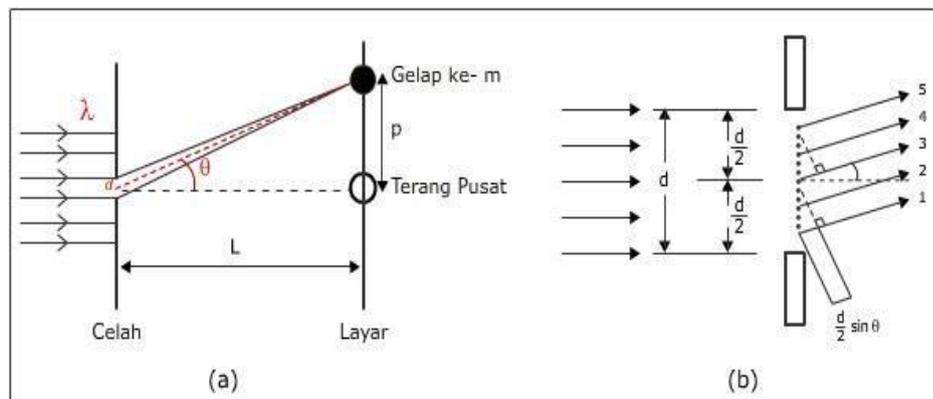
2.5.4 Difraksi Cahaya

Difraksi merupakan pembelokan gelombang disekitar sudut yang terjadi apabila sebagian muka gelombang dipotong oleh halangan atau rintangan

sehingga terbentuk pola gelap terang pada layar. Apabila celah berukuran lebar, difraksi tidak jelas terlihat, tetapi jika celah dipersempit difraksi akan tampak jelas.

2.5.4.1 Difraksi Celah Tunggal

Pola difraksi yang disebabkan oleh celah tunggal dijelaskan oleh Christian Huygens. Menurut Huygens, tiap bagian celah berfungsi sebagai sumber gelombang sehingga cahaya dari satu bagian celah dapat berinterferensi dengan cahaya dari bagian celah lainnya. Perhatikan Gambar 2.5.



Pustekkom Kemdikbud © 2016

Gambar 2.5 Analisis pola terang/gelap pada difraksi celah tunggal; (a) Cahaya monokromatis yang melewati celah sempit akan menghasilkan pola terang/gelap; (b) Interferensi minimum terjadi jika gelombang 1 dan 3 atau 2 dan 4 memiliki beda lintasan sebesar $d/2 \sin \theta$ dan beda fase kedua gelombang sebesar $1/2$ panjang gelombang.

Interferensi minimum yang menghasilkan garis gelap pada layar akan terjadi jika gelombang 1 dan 3 atau 2 dan 4 berbeda fase $1/2$, atau lintasanya sebesar setengah panjang gelombang. Berdasarkan Gambar tersebut, diperoleh beda lintasan kedua gelombang $(d \sin \theta)/2$.

$$\Delta S = (d \sin \theta)/2 \text{ dan } \Delta S = 1/2 \lambda, \text{ jadi } d \sin \theta = \lambda$$

Jika celah tunggal itu dibagi menjadi empat bagian, pola interferensi

minimumnya menjadi :

$$\Delta S = (d \sin \theta)/4 \text{ dan } \Delta S = \frac{1}{2} \lambda, \text{ jadi } d \sin \theta = 2\lambda$$

Berdasarkan penurunan persamaan di atas maka interferensi minimum (destruktif) yang menghasilkan pita gelap dirumuskan dengan :

$$d \sin \theta = m\lambda \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

d: lebar celah

λ : panjang gelombang

m: Orde interferensi (0,1, 2, 3, . . .)

untuk sudut θ yang kecil nilai $\sin \theta \approx \tan \theta$ (dalam satuan radian). Berdasarkan gambar, $\tan \theta = p/L$. Sehingga persamaan (1) di atas menjadi:

$$\frac{dp}{L} = m\lambda \dots \dots \dots (2.8)$$

Untuk Jarak pita terang/gelap yang berurutan (Δp) dirumuskan dengan:

$$\Delta p = \frac{\lambda L}{a} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

p : jarak dari pita terang pusat ke pita gelap ke-m

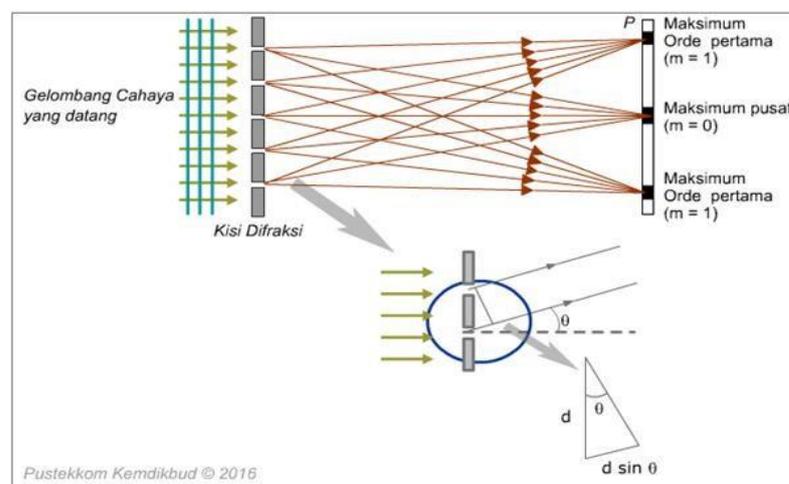
Δp : jarak pita terang/gelap yang berurutan.

L : jarak dari celah ke layar

2.5.4.2 Difraksi Kisi

Kisi adalah sebuah susunan dari sejumlah besar celah sejajar yang lebar dan jarak antar celahnya sama. Kisi-kisi dapat dibuat dengan menggunakan sebuah ujung intan untuk menggoreskan banyak alur yang berjarak sama (presisi tinggi) pada sebuah kaca atau permukaan logam. Jika seberkas cahaya monokromatis

dilewatkan pada kisi, pola difraksi yang dihasilkan pada layar berupa garis terang dan garis gelap secara bergantian. Pola difraksi yang dihasilkan oleh kisi jauh lebih tajam dibandingkan dengan interferensi celah ganda. Semakin banyak celah pada sebuah kisi yang memiliki lebar yang sama, semakin tajam pola difraksi yang dihasilkan pada layar. Skema sinar yang masuk melalui celah kisi akan didifraksikan dengan sudut θ dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Sinar yang masuk melalui celah kisi akan didifraksikan dengan sudut sebesar θ . Sinar akan terkumpul di titik P yang berjarak y dari terang pusat O.

Interferensi maksimum terjadi bila beda lintasan cahaya datang dari dua celah yang berdekatan sebesar kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang.

$$\Delta s = d \sin \theta \text{ dan } \Delta s = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$$

Sehingga interferensi maksimum yang terjadi pada kisi difraksi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$d \sin \theta = m\lambda \dots \dots \dots (2.10)$$

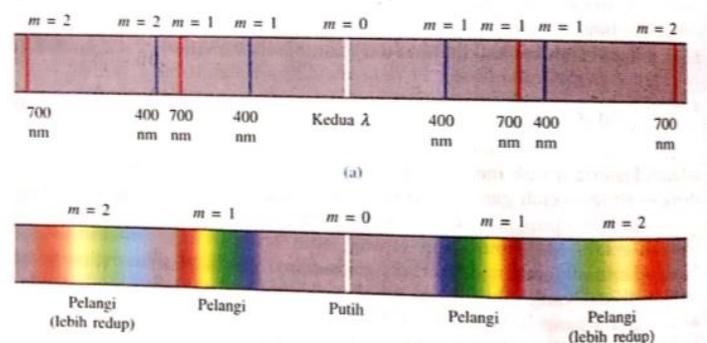
Dimana:

$$d = \frac{1}{N}$$

Untuk garis Gelap Diperoleh:

$$d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2} \right) \lambda \dots \dots \dots (2.11)$$

Misalkan cahaya yang menimpa kisi difraksi tidak monokromatik, tetapi terdiri dari dua atau lebih panjang gelombang yang berbeda. Maka untuk semua orde selain $m = 0$, setiap panjang gelombang akan menghasilkan maksimum dengan sudut yang berbeda, seperti pada celah ganda. Jika cahaya putih jatuh pada kisi, maksimum tengah ($m = 0$) akan merupakan puncak putih yang tajam. Tetapi untuk semua orde yang lain, akan ada spektrum warna yang jelas yang tersebar melingkupi lebar angular tertentu. Karena kisi difraksi menyebarkan cahaya menjadi panjang gelombang komponen-komponennya, pola yang dihasilkan disebut spektrum dapat dilihat pada Gambar 2.7

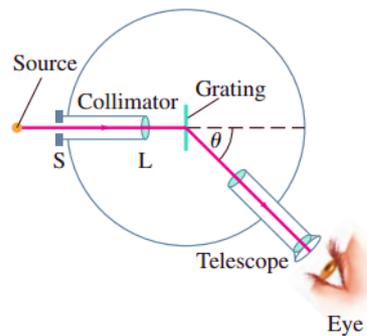


Gambar 2.7 Spektrum yang dihasilkan kisi

2.6 Spektrometer

Spektrometer atau spektroskop adalah alat untuk mengukur panjang gelombang secara akurat menggunakan kisi difraksi atau prisma untuk memisahkan panjang gelombang cahaya yang berbeda. Cahaya dari sumber melewati celah sempit S pada kolimator. Celah berada pada titik fokus lensa L, sehingga cahaya sejajar jatuh pada kisi. Teleskop yang dapat digerakkan dapat memfokuskan berkas-berkas cahaya. Tidak akan ada yang akan terlihat pada

teleskop kecuali ia berada pada sudut θ yang sesuai dengan puncak difraksi dari panjang gelombang yang dipancarkan oleh sumber. Tampilan cara kerja spektrometer dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Spektrometer

Sudut θ dapat diukur sampai ketepatan tinggi, sehingga panjang gelombang sebuah garis dapat ditentukan sampai ketepatan tinggi dengan persamaan:

$$\lambda = \frac{d}{m} \sin \theta \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

m = orde (bilangan bulat 0,1,2,3,...)

d = jarak antar celah (m)

λ = panjang gelombang (m)

Jika cahaya terdiri dari kisaran (interval) panjang gelombang yang kontinu, maka spektrum kontinu juga akan terlihat pada spektroskop. Pada beberapa spektrometer ,digunakan kisi pantulan, atau prisma. Kegunaan penting dari spektrometer adalah untuk mengidentifikasi atom atau molekul. Ketika gas dipanaskan atau arus listrik yang besar melewatinya , gas tersebut memancarkan spectrum garis karakteristik. Artinya, hanya cahaya dengan panjang gelombang diskrit tertentu yang dipancarkan. Spektrum garis hanya terjadi pada temperatur tinggi serta tekanan dan kerapatan rendah. Cahaya dari zat padat yang dipanaskan

, seperti filament pada bola lampu, dan bahkan dari gas yang padat seperti matahari, menghasilkan spektrum kontinu yang mencakup panjang gelombang yang lebar

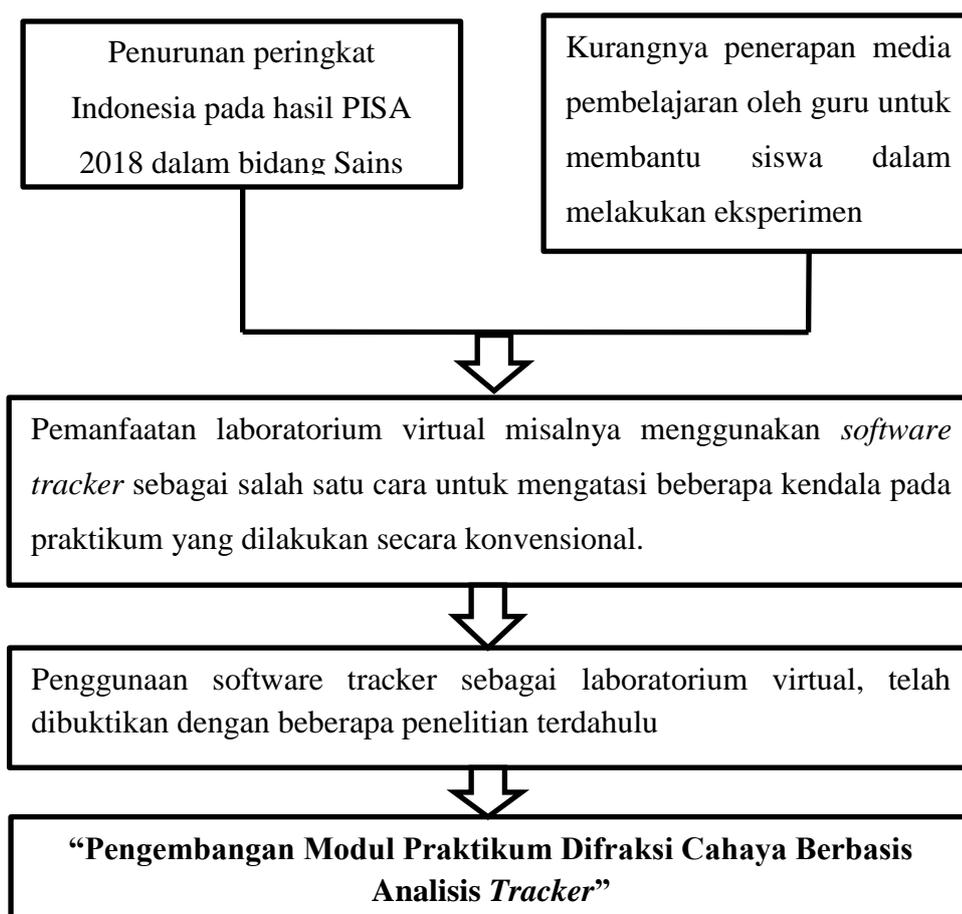
2.5 Kerangka Berpikir

Hasil PISA (*Programme for International Student Assessment*) tahun 2018 diperoleh Indonesia pada kategori Sains yang ditujukan pada peserta didik usia 15 tahun yang mendapat peringkat 70 dari 78 negara dengan skor 396 hal ini mengalami penurunan dari hasil PISA tahun 2015 yang dimana Indonesia memperoleh peringkat 64 dengan skor 403 (OECD,2019). Sampel yang diikutsertakan Indonesia dalam PISA 2018 yaitu terdiri dari jumlah sekolah sampel adalah 397 dengan total sampel 12.098 siswa yang merepresentasikan populasi siswa 15 tahun yang duduk di kelas 7 hingga kelas 12 (Kemendikbud,2019). Sampel tersebut mencakup seluruh jenis sekolah, baik negeri maupun swasta, mencakup sekolah di wilayah kota dan pedesaan. Hasil PISA 2018 dapat dijadikan tolak ukur awal bagi negara Indonesia mengenai perkembangan kualitas pendidikan dari negara lainnya. Dalam setiap pendidikan seharusnya mampu memberikan pembelajaran yang dapat memotivasi, membantu mengembangkan keterampilan, dan kreatifitas siswa, terutama dalam pembelajaran yang terdapat proses sains.

Pembelajaran proses sains terutama untuk pembelajaran fisika merupakan pembelajaran yang tidak hanya pemberian teori agar siswa dapat memahami konsep sebuah materi, tetapi juga diperlukan pengalaman langsung berupa praktikum agar ketrampilan dan hasil belajar siswa meningkat. Dalam penerapan

sebuah praktikum dapat memanfaatkan teknologi berupa *Open Source Physics* (OSP) gratis yaitu *Tracker*. *Tracker* berfungsi untuk menganalisis video pada fenomena fisika secara akurat. Hal ini diharapkan menjadi solusi untuk permasalahan jarangya dilakukan praktikum karena berbagai alasan seperti keterbatasan tempat yang kurang memenuhi syarat dan juga ketersediaan alat praktikum. Praktikum fisika salah satunya yang dapat dilakukan menggunakan alat peraga berbantuan *Software Tracker* yaitu difraksi cahaya.

Berdasarkan uraian pada latar belakang dan tinjauan pustaka, maka secara singkat kerangka berpikir dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Kerangka Berpikir

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Sugiyono (2015) mendefinisikan metode *Research and Development* sebagai metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Model pengembangan yang digunakan pada penelitian ini adalah model prosedural. Model prosedural deskriptif adalah model deskriptif yang menggambarkan alur atau langkah-langkah prosedural yang harus diikuti untuk menghasilkan produk tertentu (Setyosari, 2010:200).

3.2 Prosedur Penelitian dan Pengembangan

Prosedur penelitian ini mengadaptasi model pengembangan menurut Borg and Gall yang terdiri atas penelitian dan pengumpulan informasi awal, perencanaan, dan pengembangan produk.

3.2.1 Penelitian dan Pengumpulan Informasi Awal

Pada prosedur penelitian dan pengumpulan informasi awal yaitu diperoleh dari observasi jurnal yang berkaitan dengan penelitian.

3.2.2 Perencanaan

Pada tahap ini dilakukan perencanaan mengenai pengembangan yang sesuai dengan tujuan yang akan dicapai berdasarkan hasil dari tahap pengumpulan informasi awal. Peneliti melakukan pengembangan eksperimen difraksi cahaya berbasis analisis *tracker*. Supaya peserta didik dapat melakukan

eksperimen difraksi cahaya dengan memanfaatkan teknologi dan juga melatih kemampuan menganalisis grafik.

3.2.3 Pengembangan Produk

Pada tahap pengembangan format produk awal dilakukan dengan membuat desain produk dan dilakukan validasi oleh para ahli, yakni ahli materi, media, serta pembelajaran. Desain praktikum dibuat berdasarkan analisis praktikum menggunakan *tracker* yang sudah dibuat sebelumnya. Praktikum yang dibuat mengacu pada Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator yang terdapat di Kurikulum 2013.

3.2.4 Uji Coba

Uji coba awal dapat dilakukan peneliti dengan memakai prosedur praktikum yang sudah dibuat. Setelah diuji coba, kemudian hasilnya dianalisis untuk mengetahui kekurangan yang dimiliki sehingga bisa melangkah ketahap selanjutnya yaitu revisi produk.

3.2.5 Revisi Produk

Hasil yang telah didapat dari uji coba yang dilakukan, kemudian digunakan untuk merevisi produk awal. Dari hasil uji coba tersebut diperoleh data kualitatif tentang produk yang sedang dikembangkan.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Fisika UNNES pada semester genap tahun ajaran 2019/2020.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini, sebagai berikut :

3.4.1 Observasi

Pada teknik observasi dilakukan untuk mengumpulkan informasi awal tentang pentingnya dilakukan pengembangan praktikum difraksi cahaya berdasarkan kebutuhan siswa. Teknik ini dilakukan dengan cara observasi jurnal yang berkaitan dengan penelitian dan kemudian peneliti mengembangkan praktikum yang tepat.

3.4.2 Kuisioner

Kuisioner yang digunakan oleh peneliti yaitu terdiri dari kuisioner atau angket validasi ahli media, validasi ahli materi dan kuisioner respon sampel.

3.5 Instrumen Penelitian.

3.5.1 Modul Praktikum.

Modul praktikum yang dibuat peneliti yaitu berdasarkan setelah melakukan eksperimen terhadap praktikum difraksi cahaya. Maka dari hasil praktikum tersebut dapat digunakan untuk menyusun modul.

3.5.2 Lembar Kuisioner.

Lembar ini berisi pertanyaan yang diajukan peneliti kepada validator ahli dan responden mahasiswa. Angket tanggapan dari validator ahli digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan dari modul. Angket disusun berdasarkan komponen penilaian modul yang dikeluarkan oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP). Setidaknya ada 4 komponen penilaian modul, yaitu: 1) kelayakan isi, 2) kelayakan kebahasaan, 3) kelayakan penyajian, dan 4) kelayakan kegrafikan. Sedangkan angket kepada responden mahasiswa digunakan untuk mengetahui tanggapan mahasiswa terhadap modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis

tracker. Setiap aspek pada masing-masing kuisioner disajikan dalam bentuk skala *Likert*.

3.5.3 Alat Rekam atau Dokumentasi

Alat rekam yang digunakan pada penelitian ini yaitu berupa *smartphone*, alat tulis, dan kamera.

3.6 Teknik Analisis Data

3.6.1 Analisis Kelayakan Modul

Angket uji kelayakan digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan dari modul praktikum yang sudah dikembangkan. Untuk analisis ini digunakan skala *likert* dengan rentang skor 1 sampai 5. Kategori skor dalam skala *Likert* menurut Sugiyono (2014: 134) dijelaskan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Kategori Skor pada Skala Likert

No.	Skor	Keterangan
1.	5	Sangat Baik/ Sangat Setuju
2.	4	Baik/ Setuju
3.	3	Cukup
4.	2	Kurang Baik/ Kurang Setuju
5.	1	Sangat Tidak Baik/ Sangat Tidak Setuju

Untuk mengetahui kelayakan modul menggunakan rumus :

$$P = \frac{\sum R}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase skor (%)

R = Skor yang diperoleh

N = Skor maksimum

Tingkat kelayakan modul akan diperoleh sesuai kriteria, dapat dilihat pada Tabel 3.2:

Tabel 3.2 Skala Interval Kelayakan Modul

Persentase (P)	Keterangan
81% – 100%	Sangat Layak, Tidak Perlu Revisi
61% – 80%	Layak, Tidak Perlu Revisi
41% – 60%	Kurang Layak, Perlu Revisi
21% – 40%	Tidak Layak. Perlu Revisi
< 20%	Sangat Tidak Layak, perlu Revisi

3.6.2 Analisis Tanggapan Responden

Angket tanggapan responden mahasiswa digunakan untuk mengetahui tanggapan responden mahasiswa terhadap modul praktikum yang sudah digunakan. Angket ini menggunakan skala likert dengan skor 1 sampai 5 untuk penilaian setiap aspeknya. Untuk mengetahui kriteria modul sesuai hasil tanggapan responden mahasiswa digunakan rumus:

$$P = \frac{\sum R}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase skor (%)

R = Skor yang diperoleh

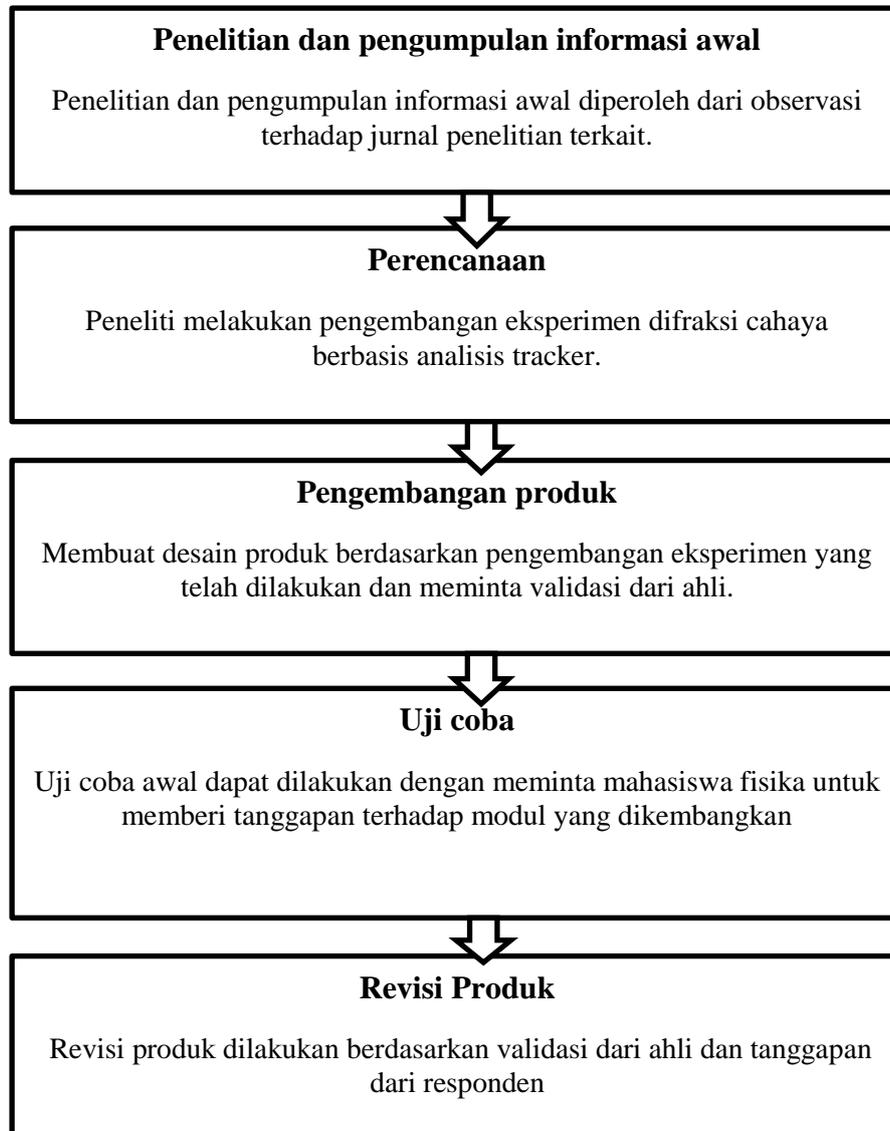
N = Skor maksimum

Tingkat kualifikasi berdasarkan tanggapan mahasiswa terhadap modul ditunjukkan dengan Tabel 3.3

Tabel 3.3 Skala Interval Respon Modul

Persentase (P)	Kualifikasi
81% – 100%	Sangat Baik
61% – 80%	Baik
41% – 60%	Cukup Baik
21% – 40%	Kurang Baik
< 20%	Sangat Tidak Baik

3.7 Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membuat dan menghasilkan modul praktikum difraksi cahaya dengan analisis berbasis *tracker*, yang dimana sesuai hasil eksperimen yang telah dilakukan, dan telah diuji kelayakannya oleh dosen ahli.

4.1.1 Penelitian dan Pengumpulan Informasi Awal

Peneliti mendapatkan informasi awal berasal dari pengamatan atau observasi jurnal penelitian terkait. Hasil yang didapat berdasarkan observasi tersebut bahwa kegiatan praktikum disekolahan cenderung jarang dilakukan karena keterbatasan waktu, bahan, keamanan dan dengan materi yang abstrak. Salah satu materi abstrak yaitu difraksi cahaya, dimana dengan mengamati fenomena yang terjadi pada sumber cahaya yang melawati celah tunggal maupun kisi. Bahan yang digunakan dapat berupa laser sebagai sumber cahaya monokromatik, kisi difraksi, penggaris dan layar. Dapat juga menggunakan alat spektrometer dalam mengetahui panjang gelombang pada fenomena difraksi cahaya.

Setiap praktikum diatas memiliki kekurangan, salah satu contohnya dalam penentuan panjang gelombang secara sederhana yaitu dengan dengan laser yang di tembakan kearah kisi difraksi yang kemudian tertangkap oleh layar, terkadang mengalami ketidakakuratan dalam mengukur jarak antar terang pusat dengan terang lainnya karena praktikum dilakukan secara manual dan berdasarkan

penglihatan. Padahal setiap penglihatan dari masing-masing peserta didik berbeda tergantung pada posisi saat membaca hasil pengukuran praktikum. Sedangkan apabila menggunakan alat spektrometer dalam penentuan panjang gelombang cahaya tergolong akurat karena dapat terdeteksi panjang gelombang yang dihasilkan pada fenomena difraksi cahaya, namun terkendala dalam biaya atau harga yang cukup mahal untuk alat tersebut, maka masih jarang alat tersebut dijumpai disekolah.

Upaya yang dilakukan untuk menanggulangi kekurangan masing-masing praktikum, penulis berusaha mengajukan alternatif praktikum yang memanfaatkan *software tracker*. *Tracker* dapat digunakan untuk analisis video, foto dan pemodelan komputer. Analisis yang dihasilkan *tracker* berupa data tabel dan grafik.

Program *tracker* dapat digunakan untuk analisis video yang berkaitan dengan topik kinematika dan spektrum cahaya. Beberapa fitur yang ada didalamnya antara lain pelacakan objek dengan overlay posisi, kecepatan, percepatan, grafik, beberapa kerangka acuan, titik kalibrasi, dan profil garis untuk analisis spektrum dan pola interferensi. Khusus untuk spektrum cahaya, terdapat *track* berupa profil garis yang dapat digunakan untuk menampilkan hasil grafik berdasarkan intensitas cahaya yang dilaluinya.

Alat tambahan yang diperlukan dalam praktikum ini hanya *smartphone* untuk mengambil foto fenomena difraksi cahaya saat praktikum. Setelah difoto menggunakan kamera *smartphone*, foto yang dihasilkan dianalisis dengan *software tracker*.

Jadi walaupun praktikumnya sederhana, akan tetapi masih bisa mendapat hasil yang akurat. Dari hasil observasi yang dilakukan, peneliti bermaksud mengembangkan modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *tracker*.

4.1.2 Perencanaan

Setelah peneliti mengetahui permasalahan, tahap selanjutnya yaitu menentukan jenis pengembangan serta menentukan tujuan yang akan dicapai. Diperoleh bahwa kompetensi dasar dari materi difraksi cahaya adalah

- a) Menerapkan konsep dan prinsip gelombang cahaya dalam teknologi
- b) Melakukan percobaan tentang gelombang cahaya, berikut presentasi hasil percobaan dan makna fisisnya misalnya kisi difraksi.

Dalam hal ini, peneliti menguji dua jenis praktikum yaitu penentuan panjang gelombang pada fenomena difraksi cahaya oleh sumber cahaya monokromatik dan polikromatik. Dari pengujian dua jenis praktikum ini, bisa diperoleh praktikum yang lebih mudah dan cocok untuk dipakai disekolah. Berikut adalah hasil dari pengujian terhadap dua praktikum yang sudah dilakukan.

1. Sumber Cahaya Monokromatik

Pada eksperimen ini sumber cahaya yang digunakan berupa laser warna merah dengan panjang gelombang referensi 632 nm, dimana panjang gelombang referensi tersebut dapat ditemukan pada petunjuk pemakaian laser. Dalam praktikum ini untuk langkahnya sama seperti praktikum manual, dimana kita mengatur jarak laser ke layar, mengatur keluaran tegangan dari catu daya. Setelah fenomena difraksi cahaya terlihat dilayar, maka dapat kita foto dengan jarak yang sama antara kisi dan layar. Sebenarnya kamera *smartphone* dengan layar yang

digunakan memiliki fungsi yang sama karena dapat menangkap pola difraksi hanya saja laser tidak dapat dikenakan atau ditembakkan langsung ke kamera *smartphone* karena dapat menyebabkan penurunan kinerja kamera *smartphone*. Setelah terekam oleh kamera *smartphone* maka hasilnya dapat dianalisis menggunakan *software tracker*. Tampilan fenomena difraksi cahaya monokromatik melalui kamera *smartphone* dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Praktikum pada sumber Cahaya monokromatik

Panjang gelombang dari percobaan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$d \frac{Y}{\sqrt{Y^2 + L^2}} = n\lambda$$

Data yang dihasilkan setelah analisis *tracker*, kemudian dipindahkan ke *excel* untuk menghitung standar deviasi dan juga *error* terhadap panjang gelombang referensinya. Standar deviasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n - 1}}$$

Error dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Error = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{praktek}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\%$$

Sehingga hasil akhir panjang gelombang cahaya monokromatik dapat dituliskan $\lambda \pm s$.

a. Analisis Menggunakan *Tracker*

1) Difraksi cahaya pada kisi 100garis/mm

Hasil panjang gelombang yang diperoleh berdasarkan analisis *tracker* pada kisi 100 garis/mm dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rekap Hasil Perhitungan panjang Gelombang Kisi 100 garis/mm

d (nm)	Jarak (nm)	$\lambda_{praktek}(nm)$
10000	200000000	593,3
10000	250000000	629
10000	300000000	554,8
10000	350000000	587,1
10000	400000000	607,1
$\bar{\lambda}$		594,3

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 27,3 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 594,3 \pm 27,3 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{27,3}{594,3} \times 100\% = 4,59\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{praktek}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 5,90\%$$

$$\text{Ketelitian} = 95,41\%$$

2) Difraksi Cahaya pada kisi 300 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh berdasarkan analisis *Tracker* pada kisi 300 garis/mm ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Rekap hasil Perhitungan panjang gelombang Kisi 300 garis/mm

d (nm)	Jarak (nm)	$\lambda_{praktek}(nm)$
3300	200000000	610,3
3300	250000000	632,7
3300	300000000	597,2

3300	350000000	611,1
3300	400000000	624,9
$\bar{\lambda}$		615,2

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 13,8 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 615,2 \pm 13,8 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{13,8}{615,2} \times 100\% = 2,24\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 2,60\%$$

$$\text{Ketelitian} = 97,76\%$$

3) Difraksi Cahaya pada kisi 600 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh berdasarkan analisis *Tracker* pada kisi 600 garis/mm terdapat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang kisi 600 garis/mm

d (nm)	jarak (nm)	λ_{praktek} (nm)
1660	200000000	621,8
1660	250000000	620,2
1660	300000000	630,8
1660	350000000	618,8
1660	400000000	641,6
$\bar{\lambda}$		626,6

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 9,6 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 626,6 \pm 9,6 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{9,6}{626,6} \times 100\% = 1,52\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 0,80\%$$

$$\text{Ketelitian} = 98,48\%$$

b. Pada praktikum ini menggunakan laser merah dengan panjang gelombang referensi 632 nm, praktikum ini dilakukan secara manual atau tanpa bantuan analisis *tracker*.

1) Difraksi cahaya pada kisi 100garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh pada kisi 100 garis/mm pada praktikum dengan analisis manual ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Rekap Hasil Perhitungan panjang Gelombang Manual Kisi 100 garis/mm

d (nm)	L (nm)	Y (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
10000	200000000	13000000	650
10000	250000000	17000000	680
10000	300000000	20000000	666,67
10000	350000000	24000000	685,71
10000	400000000	28000000	700
			$\bar{\lambda}$
			676,47

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 19,02 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 676,47 \pm 19,02 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{19,02}{676,47} \times 100\% = 2,82\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 7,00\%$$

$$\text{Ketelitian} = 97,18\%$$

2) Difraksi Cahaya pada kisi 300 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh pada perhitungan secara manual pada kisi 300 garis/mm ditunjukkan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Rekap hasil Perhitungan panjang gelombang Manual kisi 300 garis/mm

d (nm)	L (nm)	Y (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
3300	200000000	40000000	660
3300	250000000	50000000	660
3300	300000000	60000000	660
3300	350000000	69000000	650,57
3300	400000000	80000000	660
$\bar{\lambda}$			658,11

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 4,21 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 658,11 \pm 4,21 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{4,21}{658,11} \times 100\% = 0,64\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 4,10\%$$

$$\text{Ketelitian} = 99,36\%$$

3) Difraksi Cahaya pada kisi 600 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh pada kisi 600 garis/mm disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Manual Kisi 600 garis/mm

d (nm)	L (nm)	Y (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
1660	200000000	86000000	713,8
1660	250000000	100000000	664
1660	300000000	135000000	747
1660	350000000	155000000	735,1
1660	400000000	171000000	709,7
$\bar{\lambda}$			713,9

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 31,8 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 713,9 \pm 31,8 \text{ nm}$$

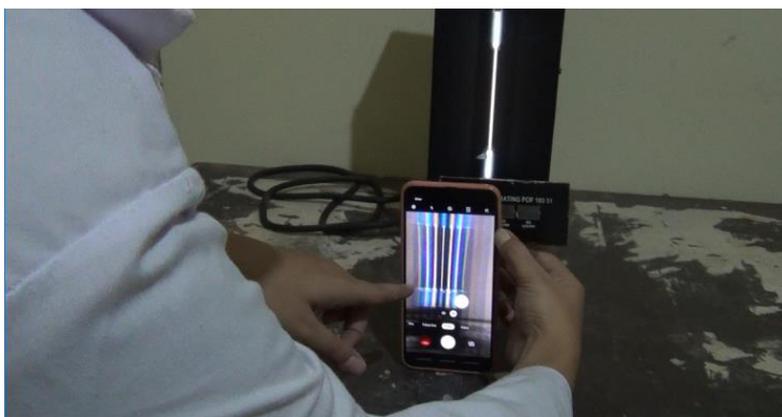
$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{31,8}{713,9} \times 100\% = 4,46\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 12,90\%$$

$$\text{Ketelitian} = 95,54\%$$

2. Sumber cahaya polikromatik

Pada eksperimen ini sumber cahaya yang digunakan berupa lampu krypton panjang gelombang referensi yang digunakan merupakan hasil dari alat spektrometer agar dapat terdeteksi dengan akurat masing-masing panjang gelombang untuk setiap warna yang dihasilkan. Dalam praktikum ini untuk langkahnya yaitu cukup menempelkan kisi terhadap lensa kamera *smartphone*, lalu diletakkan pada jarak tertentu terhadap lampu krypton. Setelah fenomena difraksi cahaya terlihat dilayar *smartphone*, maka dapat memfotonya. Setelah terekam oleh kamera maka hasilnya dapat dianalisis menggunakan *software tracker*. Tampilan pada hasil praktikum sumber cahaya polikromatik pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Praktikum pada sumber Cahaya Polikromaik (Lampu Krypton)

Panjang gelombang dari percobaan dapat ditentukan dengan persamaan :

$$d \frac{Y}{\sqrt{Y^2 + L^2}} = n\lambda$$

Data yang dihasilkan setelah analisis *tracker*, kemudian dipindahkan ke *excel* untuk menghitung standar deviasi dan juga *error* terhadap panjang gelombang referensinya. Standar deviasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n - 1}}$$

Dari persamaan standar deviasi diatas, maka dapat mencari standar deviasi masing warna akibat difraksi cahaya pada orde pertama dari kanan dan orde pertama dari kiri menggunakan persamaan :

$$s(\lambda_{warna}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{warna})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{warna})^2}{n - 1}}$$

Error dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Error = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{praktek}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\%$$

- 1) Difraksi cahaya pada kisi 100 garis/mm dengan jarak 50 cm pada sumber cahaya Lampu Krypton (dengan perhitungan lengkap terdapat pada Lampiran 3 Hasil Praktikum). Rekap hasil perhitungan panjang gelombang tersaji pada Tabel 4.7 dan rekap perhitungan *error* tersaji pada Tabel 4.8

Tabel 4.7. Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang Kisi 100 garis/mm pada orde pertama dari sebelah kanan dan sebelah kiri

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	Ketelitian (%)	Kesalahan Relatif (%)
Biru	$327,4 \pm 32,4$	92,86	7,14
Hijau	$383,2 \pm 17,3$	95,47	4,53
<i>Light</i> Hijau	$409,1 \pm 17,3$	95,76	4,24
Kuning	$439,1 \pm 23,3$	94,68	5,31
Merah	$477,8 \pm 29,5$	93,83	6,17

Tabel 4.8. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 100 garis/mm pada jarak 50 cm

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	$\lambda_{referensi}(nm)$	Error(%)
Biru	$327,4 \pm 32,4$	443,74	26
Light Hijau	$409,1 \pm 17,3$	561,63	27
Merah	$477,8 \pm 29,5$	590,85	19

2) Difraksi cahaya pada kisi 300 garis/mm dengan jarak 50 cm pada sumber

cahaya Lampu Krypton rekap perhitungan panjang gelombang disajikan pada

Tabel 4.9 dan hasil rekap perhitungan *error* disajikan pada Tabel 4.10

Tabel 4.9. Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang pada orde pertama dari sebelah kanan dan sebelah kiri

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	Ketelitian (%)	Kesalahan Relatif (%)
Biru	$380,9 \pm 6,6$	98,27	1,73
Hijau	$454,7 \pm 1,0$	98,02	1,97
Light Hijau	$495,6 \pm 8,9$	98,20	1,80
Kuning	$522,8 \pm 8,9$	98,29	1,70
Merah	$573,4 \pm 8,8$	98,46	1,54

Tabel 4.10. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 300 garis/mm pada jarak 50 cm

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	$\lambda_{referensi}(nm)$	Error(%)
Biru	$380,9 \pm 6,6$	443,74	14,17
Light Hijau	$495,6 \pm 8,9$	561,63	11,75
Merah	$573,4 \pm 8,8$	590,85	2,96

3) Difraksi cahaya pada kisi 600 garis/mm dengan jarak 50 cm pada sumber

cahaya Lampu Krypton, rekap hasil perhitungan panjang gelombang

disajikan pada Tabel 4.11 dan rekap hasil perhitungan eror disajikan pada

Tabel 4.12

Tabel 4.11. Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang pada orde pertama dari sebelah kanan dan sebelah kiri

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	Ketelitian (%)	Kesalahan Relatif (%)
Biru	$433,5 \pm 8,2$	98,10	1,90
Hijau	$514,8 \pm 7,8$	98,48	1,51
Light Hijau	$554 \pm 8,9$	98,39	1,61

Kuning	$582,1 \pm 7,5$	98,72	1,28
Merah	$589,3 \pm 1,0$	99,83	0,17

Tabel 4.12. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 600 garis/mm pada jarak 50 cm

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	$\lambda_{referensi}(nm)$	Error(%)
Biru	$433,5 \pm 8,2$	443,74	2,30
Light Hijau	$554 \pm 8,9$	561,63	1,36
Merah	$589,3 \pm 1,0$	590,85	0,26

3. Analisis Hasil Uji Praktikum

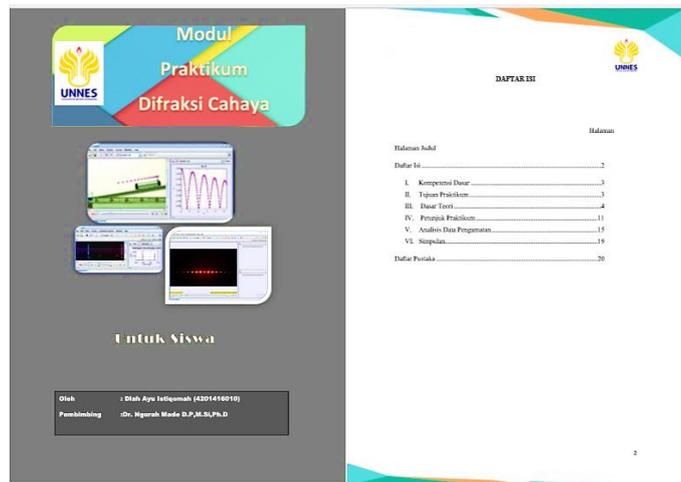
Berdasarkan data diatas, bahwa praktikum yang dilakukan memiliki ketelitian diatas 90% . Pada praktikum sumber cahaya monokromatik yaitu menggunakan laser dengan analisis *tracker* diperoleh ketelitian berada pada kisaran 95% sampai 98%. Pada praktikum sumber monokromatik laser yang dilakukan secara manual diperoleh ketelitian berada pada kisaran 95% sampai 99%. Sedangkan pada sumber cahaya polikromatik yaitu dengan menggunakan lampu Krypton diperoleh ketelitian berada pada kisaran 92% sampai 98%.

Selain itu, dari data tersebut dihitung juga *error* dari panjang gelombang praktek dengan panjang gelombang referensi, Pada sumber cahaya monokromatik yaitu laser dengan hasil data analisis *tracker* didapat *error* berada pada kisaran 0,80% sampai 5,90 %. Sedangkan pada praktikum difraksi cahaya pada sumber monokromatik laser yang dilakukan secara manual diperoleh *error* berada pada kisaran 4% sampai 12,90%. Kemudian, untuk sumber cahaya polikromatik yaitu lampu krypton didapat *error* pada masing-masing warna terhadap panjang gelombang referensinya, *error* warna biru pada kisaran 2,3 % sampai 26 %, untuk *error* warna *light* hijau pada kisaran 1,3 % sampai 27%, untuk *error* warna merah pada kisaran 0,2% sampai 19%.

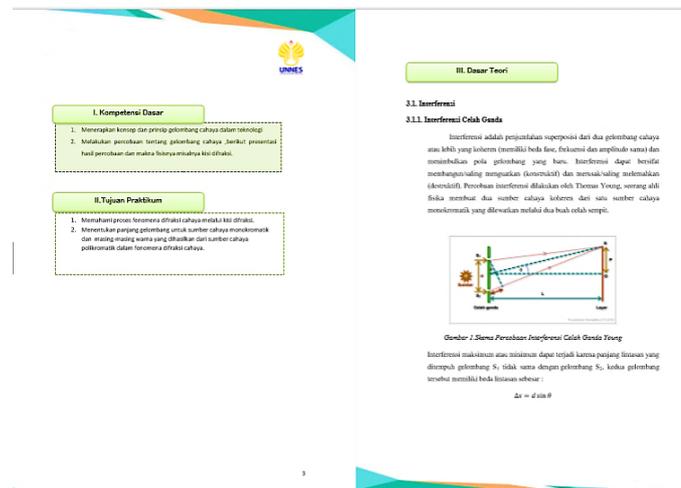
Kesimpulannya yaitu dapat dilakukan semua praktikum, karena dari praktikum yang dilakukan memiliki ketelitian tinggi. Namun, perlu diperhatikan juga besarnya *error* panjang gelombang praktek terhadap panjang gelombang referensinya. Pada *error* sumber cahaya monokromatik yang dilakukan secara manual lebih tinggi dibandingkan dengan hasil analisis *tracker*.

4.1.3 Pengembangan Produk Awal

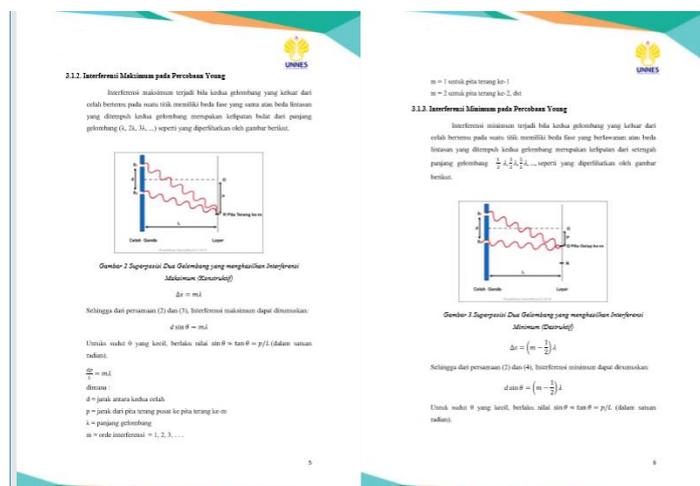
Pengembangan format produk awal dilakukan dengan membuat desain produk. Desain praktikum dibuat berdasarkan analisis praktikum menggunakan *tracker* yang sudah dibuat sebelumnya. Praktikum yang dibuat mengacu pada Kompetensi Dasar (KD) dan Indikator yang terdapat di Kurikulum 2013. Desain modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *tracker* yang telah dibuat terdiri dari beberapa bagian, yaitu : Judul, Kompetensi Dasar, Landasan Teori, Petunjuk Praktikum, Analisis Data Pengamatan, dan Simpulan. Selain itu terdapat juga panduan penggunaan *software tracker* yang dilengkapi tangkapan layar untuk memudahkan siswa dalam menganalisis data. Pada tahapan ini, dititik beratkan kepada pengembangan isi materi dan metode pengambilan data praktikum. Tampilan modul juga dibuat berwarna dan didesain semenarik mungkin untuk menarik minat belajar. Tampilan sampul modul dan daftar isi bisa dilihat pada Gambar 4.3 dan tampilan isi materi modul disajikan pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.7 dan tampilan petunjuk dari praktikum yang terdapat pada modul disajikan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9



Gambar 4.3 Sampul dan Daftar Isi Materi Difraksi Cahaya



Gambar 4.4 KD dan Isi Materi Difraksi Cahaya



Gambar 4.5 Isi Materi Modul

$$\frac{d}{\lambda} = (m - \frac{1}{2})$$

dimana:
 d = jarak antara lekuk celah
 p = jarak dari pita terang pusat ke pita gelap ke- n
 λ = panjang gelombang
 m = orde interferensi = 1, 2, 3, ...
 $m = 1$ untuk pita gelap ke-1
 $m = 2$ untuk pita gelap ke-2, dan
 Untuk jarak pita terang gelap yang berurutan (Δp) dirumuskan dengan:

$$\Delta p = \frac{\lambda}{2}$$

2.2 Difraksi Cahaya
 Difraksi merupakan pembendakan gelombang di sekitar sudut yang terjadi apabila sebagian muka gelombang dipotong oleh halangan atau rintangan sehingga terbentuk pita gelap terang pada layar. Apabila celah berurutan lebar, difraksi tidak akan terlihat, tetapi jika celah dipersempit difraksi akan teramati jelas.

2.2.1 Difraksi Celah Tunggal
 Pita difraksi yang dihasilkan oleh celah tunggal dijelaskan oleh Christian Huygens. Menurut Huygens, tiap bagian celah berfungsi sebagai sumber gelombang sehingga cahaya dari satu bagian celah dapat berinterferensi dengan cahaya dari bagian celah lainnya. Perhatikan Gambar 2.6.

2.2.2 Difraksi Celah Banyak
 Kita adalah orang-orang yang telah melihat layar celah tunggal yang lebar dan jarak antar celahnya sama. Kita bisa dapat dibuat dengan menggunakan sebuah kawat tipis untuk menggosokkan banyak alur yang berjarak sama (perisai tipis) pada sebuah kaca atau permukaan logam. Jika seberkas cahaya monokromatis diarahkan pada kisi, pita difraksi yang dihasilkan pada layar berupa garis terang dan garis gelap secara bergantian. Pita difraksi yang dihasilkan oleh kisi jauh lebih tajam dibandingkan dengan interferensi celah ganda. Semakin banyak celah pada sebuah kisi yang memiliki lebar yang sama, semakin tajam pita difraksi yang dihasilkan pada layar.

Gambar 4 Analisis pita terang gelap pada difraksi celah banyak: (a) Cahaya monokromatis yang melewati celah sempit akan menghasilkan pita terang gelap; (b) Interferensi minimum terjadi jika gelombang 1 dan 3 atau 2 dan 4 memiliki beda lintasan sebesar $\frac{1}{2}$ sin θ dan beda fase kedua gelombang sebesar $\frac{1}{2}$ panjang gelombang.
 Interferensi minimum yang menghasilkan garis gelap pada layar akan terjadi jika gelombang 1 dan 3 atau 2 dan 4 berbeda fase $\frac{1}{2}$, atau lintasannya sebesar setengah panjang gelombang. Berdasarkan Gambar tersebut, diperoleh beda lintasan kedua gelombang $d \sin \theta = \frac{1}{2} \lambda$
 $\lambda = 2d \sin \theta$ dan $\lambda = 2d \sin \theta$, jadi $d \sin \theta = \frac{1}{2} \lambda$
 Jika celah tunggal itu dibagi menjadi empat bagian, pita interferensi minimumnya menjadi:
 $\lambda = 4d \sin \theta$ dan $\lambda = 4d \sin \theta$, jadi $d \sin \theta = \frac{1}{4} \lambda$
 Berdasarkan persamaan persamaan d atau maka interferensi minimum (absorpsi) yang menghasilkan pita gelap dirumuskan dengan:
 $d \sin \theta = m \lambda$
 dengan:
 d : lebar celah

Gambar 4.6 Isi Materi Modul

λ : panjang gelombang
 m : Orde interferensi (0, 1, 2, 3, ...)

untuk sudut θ yang kecil nilai $\sin \theta \approx \tan \theta$ (dalam satuan radian). Berdasarkan gambar, $\tan \theta = p/\lambda$. Sehingga persamaan (1) di atas menjadi:

$$\frac{d}{\lambda} = m \lambda$$

Untuk jarak pita terang gelap yang berurutan (Δp) dirumuskan dengan:

$$\Delta p = \frac{\lambda}{2}$$

dimana:
 p = jarak dari pita terang pusat ke pita gelap ke- n
 Δp = jarak pita terang-pelap yang berurutan
 λ = jarak dari celah ke layar

2.2.2 Difraksi Kisi
 Kita adalah orang-orang yang telah melihat layar celah tunggal yang lebar dan jarak antar celahnya sama. Kita bisa dapat dibuat dengan menggunakan sebuah kawat tipis untuk menggosokkan banyak alur yang berjarak sama (perisai tipis) pada sebuah kaca atau permukaan logam. Jika seberkas cahaya monokromatis diarahkan pada kisi, pita difraksi yang dihasilkan pada layar berupa garis terang dan garis gelap secara bergantian. Pita difraksi yang dihasilkan oleh kisi jauh lebih tajam dibandingkan dengan interferensi celah ganda. Semakin banyak celah pada sebuah kisi yang memiliki lebar yang sama, semakin tajam pita difraksi yang dihasilkan pada layar.

Gambar 5 Difraksi kisi
 Sinar yang memukul sebuah celah kisi akan didiffraksikan dengan sudut sebesar θ . Sinar akan terkumpul di titik P yang berjauhan dari terang pusat O. Interferensi maksimum terjadi bila beda lintasan cahaya datang dari dua celah yang berdekatan sebesar kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang.
 $\lambda = d \sin \theta$ dan $\lambda = 2d \sin \theta$, $\lambda = 3d \sin \theta$,
 Sehingga interferensi maksimum yang terjadi pada kisi difraksi dapat dirumuskan sebagai berikut:
 $d \sin \theta = m \lambda$
 Jika $\theta = \sin^{-1}(\lambda/d)$, maka:
 $\tan \theta = \frac{y}{L}$
 $\sin \theta = \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}}$
 Untuk:
 $d \sin \theta = m \lambda$
 $d \frac{y}{\sqrt{L^2 + y^2}} = m \lambda$

Gambar 4.7 Isi materi Difraksi Cahaya

Dimana:
 $d = \frac{1}{N}$

Untuk garis Gelap Diperoleh:

$$d \sin \theta = (n - \frac{1}{2}) \lambda$$

Untuk sudut sangat kecil di perisai (garis gelap)

$$\frac{y}{L} = (n - \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{d}$$

Untuk sudut sangat kecil di perisai (garis terang)

$$\frac{y}{L} = n \frac{\lambda}{d}$$

IV. PETUNJUK PRAKTIKUM

1. Alat dan Bahan yang diperlukan

a. Kisi Difraksi	: 1 buah
b. Tali Benang	: 1 buah
c. Sumber cahaya:	
• Monokromatis (Laser merah)	: 1 buah
• Polikromatis (Lampu Krypton)	: 1 buah
d. Kamera (Difraksi/Interferensi)	: 1 buah
e. Laptop (program Software Phasik*)	: 1 buah
f. Karton Hitam (sebagai layar)	: 1 lembar
g. Meter	: 1 buah

Catatan: (*) jika tidak terpasang/ditutupi data

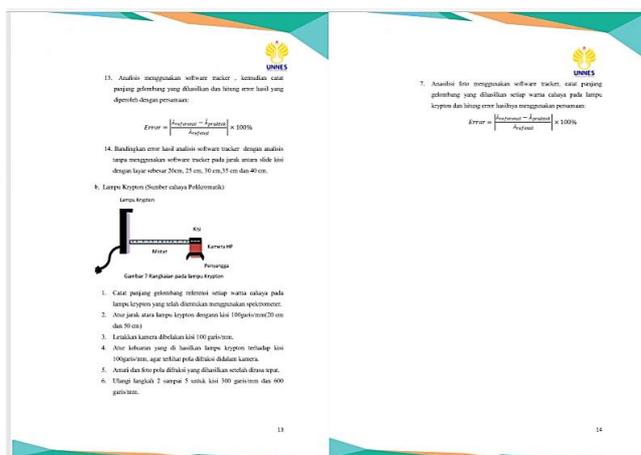
2. Langkah Perbuatan

a. Laser Merah (Sumber cahaya Monokromatis)

Gambar 6 Rangkaian pada Laser

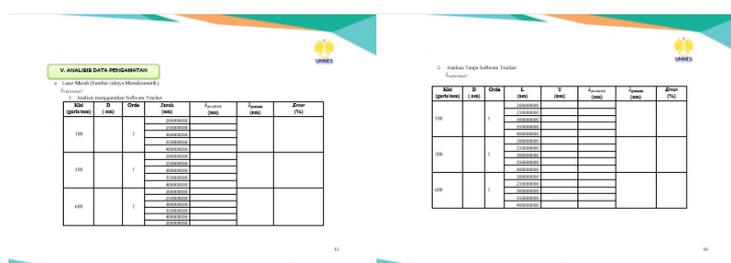
1. Catat panjang gelombang referensi laser merah yang telah ditentukan oleh pabrik produsen laser.
2. Atur keputeran sinar laser merah dengan slide kisi (0 derajat)
3. Atur jarak slide kisi dengan layar.
4. Pasang kamera dibelakang kisi.
5. Nyatakan laser, lalu atur dan fite pada difraksi nyang terjadi.
6. Ubang langkah 2 sampai 5 untuk kisi 300 garis/cm dan 600 garis/cm.
7. Catat panjang gelombang referensi laser merah yang telah ditentukan oleh pabrik produsen laser.
8. Atur keputeran sinar laser merah dengan slide kisi (0 derajat)
9. Atur jarak slide kisi dengan layar.
10. Pasang kamera dibelakang kisi.
11. Nyatakan laser, lalu atur dan fite pada difraksi nyang terjadi.
12. Ubang langkah 2 sampai 5 untuk kisi 300 garis/cm dan 600 garis/cm.

Gambar 4.8 Isi Materi Difraksi Cahaya dan Petunjuk Praktikum



Gambar 4.9 Petunjuk Praktikum

Pengembangan isi materi modul difraksi cahaya berbasis analisis tracker bertujuan menyajikan materi secara lengkap dan terperinci, berharap siswa mendapatkan pemahaman mengenai materi sebelum melakukan praktikum. Pada isi materi modul terdapat beberapa pembahasan yaitu tentang interferensi yang dimana sebagai pengantar sebelum masuk ke bahasan difraksi cahaya, dalam bahasan interferensi terdapat pengertian, interferensi minimum, dan interferensi maksimum, kemudian pada bahasan difraksi cahaya terdiri dari pengertian, difraksi celah tunggal, dan difraksi kisi. Pada setiap bahasan disertakan gambar ilustrasi seperti peristiwa interferensi dan difraksi agar memudahkan siswa dalam memahami materi. Kemudian rumus disajikan dalam penurunan bertahap, agar siswa dapat mengaitkan materi interferensi dan difraksi. Tampilan analisis data pengamatan dari praktikum disajikan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11



Gambar 4.10 Analisis Data Pengamatan (1)

a. Lembar Kisi (Sumber cahaya Polikromatik)

Kisi (grating)	d (nm)	Orde	jarak (cm)	Warna	Amplop (nm)
100	1	1	50		
		-1			
	-1				
300	1	1	50		
		-1			
	-1				
600	1	1	50		
		-1			
	-1				

• Error pada Lembar Kisi

Warna	Kisi (grating)	Acurasi (nm)	Amanat (nm)	Error (%)
Biru	100	0.1%		
Ungu	100	0.1%		
Kuning	100	0.1%		
Biru	300	0.1%		
Ungu	300	0.1%		
Kuning	300	0.1%		
Biru	600	0.1%		
Ungu	600	0.1%		
Kuning	600	0.1%		

Jawablah pertanyaan berikut

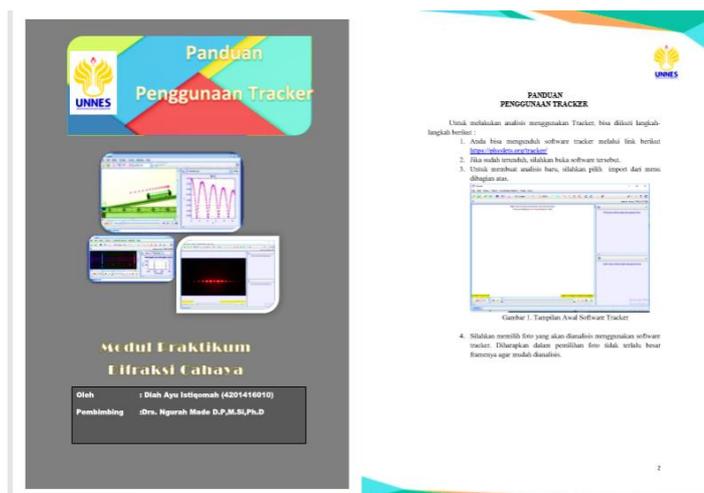
- Temukan variabel bebas dan variabel terikat dari praktikum tracker!
- Bagaimana bentuk grafik antara orde dengan (Y) pada analisis terpa tracker pada sumber cahaya monokromatik?
- bagaimana posisi panjang gelombang terhadap grafik yang diujikan hasil analisis Tracker?
- Tentukan persamaan dalam mencari panjang gelombang yang harus disediakan lembaran tracker!
- Bagaimana grafik yang dihasilkan pada analisis Tracker? Berapa atau sinusoidal?
- bandingkan nilai panjang gelombang monokromatik yang dihasilkan dari analisis tracker dengan analisis manual (hand)?
- Bagaimana hasil perbandingan dari hasil analisis menggunakan tracker dengan panjang gelombang referensi pada sumber cahaya polikromatik?
- Bagaimana error antara (hand) dengan panjang gelombang yang dihasilkan oleh Tracker?
- Apa saja yang mempengaruhi nilai panjang gelombang dalam fenomena difraksi cahaya?

Gambar 4.11 Analisis Data Pengamatan (2)

Pada analisis data pengamatan dibagi menjadi beberapa bagian pertama, tabel panjang gelombang monokromatik dengan analisis *tracker*, kemudian tabel panjang gelombang pada sumber cahaya monokromatik secara manual dengan variasi jarak kisi terhadap layar, tabel panjang gelombang pada sumber cahaya polikromatik, dan soal evaluasi. Soal evaluasi bertujuan untuk melihat kemampuan siswa memahami grafik dan mengarahkan kepada tujuan praktikum difraksi cahaya. Soal evaluasi disusun berdasarkan indikator TOGS yang dinyatakan Mustain (2015) yang meliputi:

- 1) Mengidentifikasi grafik dari data,
- 2) Menentukan variabel bebas dan terikat kedalam grafik,
- 3) Menentukan nilai data dari *range* variabel,
- 4) Menentukan nama variabel pada koordinat (X,Y),
- 5) Menentukan data (X,Y) pada grafik,
- 6) Memprediksi data antara dua pengukuran pada grafik,
- 7) Menentukan ekstrapolasi dari data pengukuran pada grafik,
- 8) Menentukan hubungan variabel pada grafik.

Panduan dan modul praktikum dipisah agar lebih memudahkan siswa dalam melakukan analisis. Dalam panduan ini terdapat petunjuk teknis untuk mendapatkan hasil praktikum yang diinginkan. Tampilan panduan penggunaan *tracker* disajikan pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Panduan Penggunaan *Tracker*

4.1.4 Uji Coba Awal

Tahap berikutnya adalah melakukan uji coba awal. Uji coba dilakukan terhadap dua kelompok responden, yaitu validasi tim ahli dan responden mahasiswa. Validasi tim ahli diberikan kepada dosen dan guru sebagai praktisi dilapangan. Hasil validasi kemudian digunakan untuk mengetahui kelayakan dari modul praktikum yang sedang dikembangkan. Sedangkan untuk kelompok kedua terdiri atas responden mahasiswa dilakukan dengan membagikan angket dan menerima tanggapan tentang modul praktikum.

1. Uji Kelayakan Modul Praktikum Difraksi Cahaya oleh Ahli

Modul yang dikembangkan harus diuji kelayakannya oleh ahli. Terdapat empat komponen yang dinilai dalam modul, yaitu komponen kelayakan isi, komponen kelayakan kebahasaan, komponen kelayakan penyajian, dan komponen kelayakan

kegrafisan. Hasil kelayakan modul didapat dari pakar dengan menggunakan lembar validasi disajikan pada Tabel 4.13. Terdapat dosen ahli dan satu guru sebagai praktisi dalam uji kelayakan modul ini, yaitu :

- 1) Dr. Suharto Linuwih, M.Si., (Dosen Fisika Universitas Negeri Semarang)
- 2) Ponisih, S.Pd., (Guru Fisika SMA Negeri 1 Patikraja).

Tabel 4.13 Rekap Hasil Kelayakan Modul Praktikum

No.	Komponen Penilaian	Skor
1.	Komponen Kelayakan Isi	90%
2.	Komponen Kelayakan Kebahasaan.	89%
3.	Komponen Kelayakan Penyajian.	90%
4.	Komponen Kelayakan Kegrafisan	85%
Rerata		88%
Kriteria		Sangat Layak

Berdasarkan tabel 4.13 hasil penilaian kelayakan modul mendapatkan skor 88% dengan kriteria sangat layak dengan perhitungan lengkap terdapat pada Lampiran 9. Pada hasil penilaian menunjukkan bahwa modul praktikum yang dikembangkan telah memenuhi semua komponen. Sehingga dari data tersebut bahwa modul praktikum sangat layak digunakan dalam kegiatan praktikum. Namun, peneliti tetap memperhatikan saran yang diberikan oleh pakar guna keperluan revisi.

2. Hasil Angket Responden Mahasiswa

Setelah dilakukannya validasi ahli terhadap modul praktikum dilaksanakan, maka langkah selanjutnya yaitu menyebarkan angket melalui *google form* kepada sepuluh mahasiswa jurusan fisika guna mengetahui tanggapan terhadap modul praktikum yang telah dibuat. Tanggapan ini diperlukan untuk mengetahui keterbacaan modul secara umum setelah membaca, mempelajari, dan menanyakan hal yang lebih detail kepada peneliti. Tanggapan responden mahasiswa diperoleh

dari angket yang telah dipersiapkan oleh peneliti. Rekap hasil angket responden mahasiswa ditunjukkan pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Rekap Hasil Tanggapan Responden Mahasiswa Terhadap Modul

No.	Indikator/Aspek Penilaian	Skor
1.	Prosedur dan langkah kerja mudah dipahami	85%
2.	Prosedur dan langkah kerja disajikan secara sistematis dan runtut.	89%
3.	Materi yang disajikan dalam modul mudah dipahami	86%
4.	Materi yang disampaikan dalam modul sudah lengkap.	89%
5.	Kalimat yang digunakan dalam modul mudah dipahami.	91%
6.	Gambar dalam modul sesuai dengan materi.	91%
7.	Gambar yang disajikan modul jelas dan bewarna.	89%
8.	Keterangan gambar sesuai dengan gambar yang dijelaskan.	87%
9.	Huruf yang digunakan dalam modul mudah dibaca	89%
10.	Soal evaluasi dalam modul mudah dimengerti.	84%
Rerata		88%
Kriteria		Sangat Baik

Berdasarkan tabel 4.14 rekap hasil tanggapan responden mahasiswa terhadap modul praktikum memperoleh persentase skor 88% yang termasuk dalam kriteria sangat baik dengan perhitungan lengkap terdapat pada Lampiran 14. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas penyajian dan tampilan modul praktikum sangat baik karena sudah sesuai dan mudah dipahami.

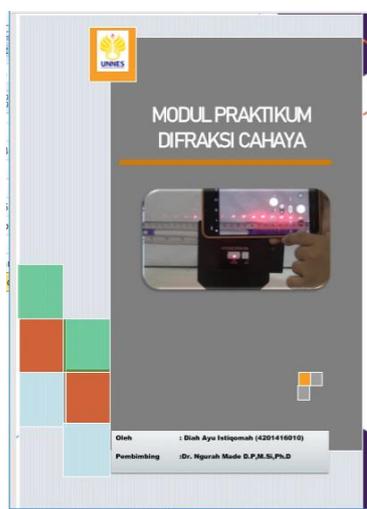
4.1.5 Revisi Produk

Revisi produk merupakan langkah yang dilakukan dalam rangka perbaikan pada modul praktikum berdasarkan kritik dan saran dari pakar ketika

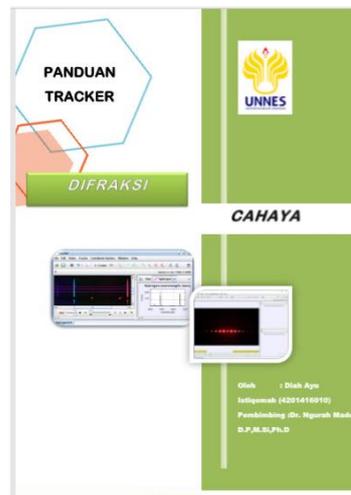
melaksanakan validasi. Kritik dan saran dari pakar untuk perbaikan modul praktikum disajikan sebagai berikut:

- 1) Sampul modul dan panduan praktikum diperbaiki agar lebih menarik dan dibedakan.
- 2) Pada panduan praktikum untuk gambar 14 Tampilan Grafik ke 2 dan nilai panjang gelombang, tutup atau hilangkan kotak dialog yang tidak digunakan.
- 3) Pada bagian tujuan praktikum diberikan penambahan kalimat “melaksanakan percobaan untuk...”
- 4) Pada bagian simpulan belum ada.

Kritik pada poin pertama langsung dengan mengubah sampul pada modul dan panduan praktikum ditampilkan pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14



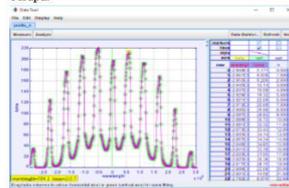
Gambar 4.13 Sampul Modul Praktikum yang Telah direvisi



Gambar 4.14 Sampul Panduan *Tracker* yang telah direvisi

Pada poin yang kedua yaitu menghilangkan kotak dialog yang tidak digunakan, disajikan pada Gambar 4.15

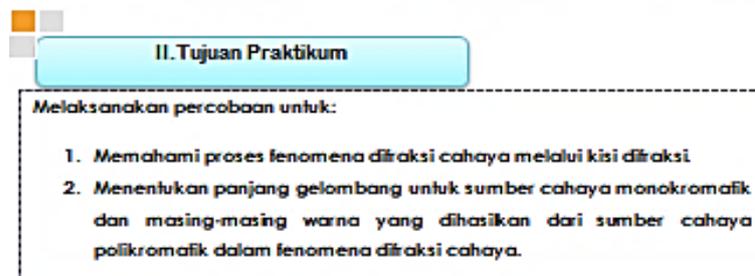
12. Agar mengetahui nilai panjang gelombang pada terang pusat orde 1 (sebelah kanan), maka klik dua kali pada titik puncak terang pusat orde 1. Akan muncul tampilan grafik kedua yang terdapat titik-titik besar panjang gelombang terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan foto. Kemudian klik lagi pada bagian titik puncak grafik terang pusat orde 1, akan muncul pada bagian bawah posisi tersebut terletak pada panjang gelombang berapa dan pada intensitas berapa.



Gambar. 14 Tampilan Grafik ke 2 dan nilai panjang gelombang

Gambar 4.15 Hasil Perbaikan untuk menghilangkan kotak dialog yang tidak digunakan

Pada saran poin ketiga dilakukan langsung perbaikan dengan penambahan kalimat pada tujuan praktikum, disajikan pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 Hasil Perbaikan Penambahan Kalimat pada Tujuan Praktikum

Pada saran poin keempat yaitu pada bagian simpulan, diberikan perintah agar peserta didik dapat memberikan simpulan mengenai praktikum yang dilakukan, disajikan pada Gambar 4.17

The image shows a worksheet page with a header containing the UNNES logo. Below the header, there are two sections for student input:

- VI. Simpulan**: A section with a blue header box containing the text "Berilah simpulan mengenai praktikum yang telah dilakukan!". Below this is a large rectangular area outlined with a dashed orange border for writing the conclusion.
- VII. Saran**: A section with a blue header box containing the text "Berilah saran mengenai praktikum yang telah dilakukan!". Below this is a rectangular area outlined with a dashed black border for writing suggestions.

The page number "17" is located at the bottom center of the page.

Gambar 4.17 Hasil Penambahan Kalimat dan Tempat pada Bagian Akhir

4.2 Pembahasan Hasil Penelitian

4.2.1 Hasil Praktikum Difraksi Cahaya

Peneliti pada tahap awal melakukan beberapa praktikum guna menentukan praktikum yang cocok dikembangkan menjadi modul. Praktikum yang dilakukan yaitu penentuan panjang gelombang pada peristiwa difraksi cahaya pada sumber cahaya monokromatik dan polikromatik dengan perhitungan lengkap terdapat pada lampiran 3. Pada sumber cahaya monokromatik dilakukan dua cara yaitu dengan perhitungan atau cara manual dan dengan analisis berbasis *tracker*.

Hasil praktikum yang dilakukan ditampilkan pada tabel 4.1 sampai tabel 4.12. Pada praktikum difraksi cahaya sumber cahaya monokromatik yaitu menggunakan laser dengan panjang gelombang referensi 632 nm. Langkah praktikum yang dilakukan hampir sama antara manual dan berbasis *tracker*.

Praktikum ini dilakukan dengan lima kali percobaan untuk kisi 100 garis/mm, 300 garis/mm, dan 600 garis/mm. Jarak kisi terhadap layar yang digunakan yaitu 20 cm, 25 cm, 30cm, 35 cm, dan 40 cm. Didapat bahwa panjang gelombang dari praktikum menggunakan laser dengan analisis *tracker* pada kisi 100 garis/mm $594,3 \pm 27,3 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 4,59%, dan *error* sebesar 5,90%. Pada kisi 300 garis/mm panjang gelombang sebesar $615,2 \pm 13,8 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 2,24% dan *error* sebesar 2,60%. Pada kisi 600 garis/mm panjang gelombang yang didapat sebesar $626,6 \pm 9,6 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,52% dan *error* 0,80%. Sedangkan panjang gelombang pada praktikum yang dilakukan secara manual untuk kisi 100 garis/mm $676,47 \pm 19,02 \text{ nm}$, dengan kesalahan relatif 2,82% dan *error* 7,00%. Pada kisi 300 garis/mm panjang gelombang yang didapat $658,11 \pm 4,21 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 0,64% dan *error* 4,10%. Pada kisi 600 garis/mm panjang gelombang didapat $713,91 \pm 31,83 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 4,46% dan *error* 12,90%.

Pada praktikum dengan menggunakan sumber cahaya polikromatik berupa lampu Krypton dengan jarak lampu terhadap kisi sebesar 50 cm dan panjang gelombang yang dicari pada orde pertama sebelah kanan dan orde pertama pada sebelah kiri. Sebelum dilakukan praktikum dicari panjang gelombang referensi untuk masing warna dengan menggunakan spektrometer. Panjang gelombang referensi yang diperoleh yaitu untuk warna biru $443,47 \text{ nm}$, warna *light* hijau atau hijau terang $561,63 \text{ nm}$ dan warna merah $590,85 \text{ nm}$. Hasil praktikum ini, untuk kisi 100 garis/mm untuk panjang gelombang warna biru $327,4 \pm 32,4 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 7,14% dan *error* 26%, untuk warna hijau panjang

gelombang sebesar $383,3 \pm 17,3 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 4,53%. Warna *light* hijau atau hijau terang panjang gelombang yang didapat $409,1 \pm 17,3 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 4,24% dan *error* 27%, pada warna kuning panjang gelombang yang didapat sebesar $439,1 \pm 23,3 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 5,31% dan pada warna merah panjang gelombang yang didapat sebesar $477,8 \pm 29,5 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 6,17% dan *error* 19%.

Pada kisi 300 garis/mm untuk panjang gelombang warna biru $380,9 \pm 6,6 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,73% dan *error* 14,17%, untuk warna hijau panjang gelombang sebesar $454,7 \pm 9,0 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,97%. Warna *light* hijau atau hijau terang panjang gelombang yang didapat $495,6 \pm 8,9 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,80% dan *error* 11,75%, pada warna kuning panjang gelombang yang didapat sebesar $522,8 \pm 8,9 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,70% dan pada warna merah panjang gelombang yang didapat sebesar $573,4 \pm 8,8 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,54% dan *error* 2,96%.

Kemudian, pada kisi 600 garis/mm untuk panjang gelombang warna biru $433,5 \pm 8,20 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,90% dan *error* 2,30%, untuk warna hijau panjang gelombang sebesar $514,8 \pm 7,8 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,51% . Warna *light* hijau atau hijau terang panjang gelombang yang didapat $554 \pm 8,9 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,61% dan *error* 1,36%, pada warna kuning panjang gelombang yang didapat sebesar $582,1 \pm 7,5 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 1,28% dan pada warna merah panjang gelombang yang didapat sebesar $589,3 \pm 1,0 \text{ nm}$ dengan kesalahan relatif 0,17% dan *error* 0,26%. Dari

praktikum sumber polikromatik yang dapat dihitung error hanya pada warna biru, *light* hijau atau hijau terang, dan warna merah.

Dari praktikum yang dilakukan menghasilkan panjang gelombang yang memiliki kesalahan relatif cukup kecil. Terutama pada sumber cahaya monokromatik, dari percobaan secara manual maupun berbasis analisis tracker keduanya memiliki kesalahan relatif kecil, tetapi *error* terhadap panjang gelombang referensi pada percobaan berbasis analisis *tracker* lebih kecil daripada *error* pada percobaan yang dilakukan secara manual, kemudian bisa terjadi kesalahan pengukuran pada praktikum pada percobaan yang dilakukan secara manual. Sehingga peneliti lebih memilih percobaan berbasis analisis tracker pada sumber cahaya monokromatik. Sedangkan pada praktikum menggunakan sumber cahaya polikromatik dapat dilakukan tetapi dengan memperhatikan besarnya *error* terhadap panjang gelombang referensinya.

4.2.2 Uji Validitas Modul Praktikum

Uji Validitas dilaksanakan untuk mengetahui kelayakan modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *tracker* yang peneliti kembangkan. Uji validitas ini dilakukan oleh satu dosen ahli dan satu guru fisika sebagai praktisi lapangan. Aspek yang dinilai dari uji ini adalah aspek kelayakan isi, kelayakan kebahasaan, kelayakan penyajian, dan kelayakan kegrafisan dengan perhitungan lengkap terdapat pada Lampiran 9.

1. Komponen Kelayakan Isi

Uji kelayakan komponen isi modul ini dilakukan oleh ahli materi dan media. Skor hasil penilaian uji kelayakan komponen isi secara lengkap bisa dilihat

pada tabel 4.13. yaitu sebesar 90% diperoleh bahwa komponen isi pengembangan modul memperoleh kategori sangat baik.

Modul disusun kedalam unit-unit yang lebih spesifik pada tiga kegiatan belajar sesuai dengan kompetensi dasar dan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan dan juga terdapat kesesuaian contoh yang digunakan dalam materi. Hal ini sesuai dengan kriteria *self instructional* penulisan modul oleh Depdiknas (2008) yang menyatakan bahwa modul harus memuat tujuan pembelajaran yang jelas, spesifik materi pembelajarannya, menyediakan contoh yang dapat memperjelas pemaparan materi pembelajaran. Dengan kriteria *self instructional* ini, melalui modul peserta didik mampu membelajarkan diri sendiri, artinya peserta didik dimungkinkan untuk belajar secara mandiri dan tidak bergantung pada pihak lain (Depdiknas,2008).

Modul yang disusun dengan memperhatikan keruntutan dan koherensi alur pikir ini bersesuaian dengan kriteria *self contained* penulisan modul oleh Depdiknas (2008) yang menyatakan bahwa seluruh materi pembelajaran yang dibutuhkan harus terdapat dalam modul tersebut sehingga peserta didik dapat mempelajari materi pembelajaran yang tuntas. Karena materi yang termuat didalamnya sudah lengkap sesuai dengan kompetensi dasar serta memiliki kebenaran konsep maka modul ini sudah cukup untuk digunakan tanpa bergantung pada bahan ajar lain. Hal ini menunjukkan bahwa modul masuk kriteria *stand alone* modul oleh Depdiknas (2008) yang menyatakan bahwa, modul harus bisa digunakan tanpa bergantung pada bahan ajar lain.

Modul ini berdasarkan penilaian validator juga memenuhi kemampuan menumbuhkan kemampuan berpikir, melatih kemampuan menganalisis. Rahmawati (2016: 15) berpendapat bahwa kemampuan berpikir yang baik dapat menjadi modal kuat bagi peserta didik di Asia untuk dapat menghadapi permasalahan kompleks yang ada pada perkembangan jaman yang modern. Sehingga modul memenuhi kriteria *adaptive* modul oleh Depdiknas (2008) yaitu mampu menyesuaikan dengan perkembangan zaman. Materi pada modul mudah dipahami berdasarkan penilaian validator. Hal ini bersesuaian dengan kriteria *user friendly* modul oleh Depdiknas (2008) yang menyatakan bahwa setiap instruksi dan pemberian informasi mudah dimengerti dan tidak berbelit-belit, sehingga peserta didik mudah mendapatkan kemudahan dalam penggunaannya.

2. Komponen Kelayakan Penyajian

Berdasarkan uji kelayakan yang dilakukan oleh validator, diperoleh bahwa komponen penyajian pengembangan modul memperoleh kategori sangat baik. Skor hasil penilaian uji kelayakan komponen penyajian pada tabel 4.13 sebesar 89%.

Modul disajikan dengan gambar, daftar isi, dan daftar pustaka. Selain itu modul juga memenuhi indikator dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri. Hal ini sesuai dengan kriteria *self instructional* penulisan modul oleh Depdiknas (2008). *Self instructional* berarti mampu membelajarkan peserta didik secara mandiri. Modul juga dilengkapi dengan petunjuk penggunaan modul, sehingga peserta didik dapat mengetahui sendiri cara praktikum agar berhasil mempelajari modul sesuai dengan tujuan kompetensi yang telah ditetapkan.

Modul di cetak *full colour* hampir disemua halaman. Penyajian modul modul yang berwarna bertujuan agar modul memiliki daya tarik untuk dibaca. Penggunaan warna pada penyajian modul sesuai dengan pendapat Ashyar (2012: 53), untuk membuat media menjadi menarik bahkan dapat mempertinggi realisme dan menciptakan respon emosional diperlukan warna. Penyajian modul dilengkapi dengan ilustrasi gambar yang disesuaikan dengan materi yang sedang dibahas. Gambar ilustrasi merupakan gambar yang berfungsi sebagai penegas atau gambaran pendukung dari sebuah cerita atau sebuah wacana (Andriani & Mainur, 2016: 23-30).

Penyajian materi pada modul didesain agar mampu menuntun peserta didik menggali informasi melalui kegiatan praktikum dalam modul tanpa bergantung dengan bahan ajar lain, sehingga modul memenuhi kriteria *self contained* penulisan modul oleh Depdiknas (2008). Modul disajikan dengan memenuhi indikator penyajian sistematis menimbulkan suasana menyenangkan, *familiar* (tidak asing) dengan peserta didik, variatif, dan komunikatif berdasarkan hasil penilaian dari validator. Hal ini bersesuaian dengan kriteria *user friendly* modul oleh Depdiknas (2008)

3. Komponen Kelayakan Kebahasaan

Berdasarkan uji kelayakan yang dilakukan oleh validator, diperoleh bahwa komponen kebahasaan pengembangan modul memperoleh kategori sangat baik. Skor hasil penilaian uji kelayakan komponen kebahasaan pada tabel 4.13 sebesar 90%

Bahasa yang digunakan adalah bahasa yang mudah dipahami oleh peserta didik sehingga memenuhi kriteria *user friendly*. Selain itu modul memiliki konsistensi terhadap penggunaan istilah dan simbol, sehingga tidak menimbulkan kebingungan peserta didik saat menggunakan modul secara mandiri. Hal ini memenuhi kriteria *self instructional*. Sehingga modul memenuhi kriteria *adaptive* modul oleh Depdiknas (2008) yaitu mampu menyesuaikan dengan perkembangan zaman.

4. Komponen Kelayakan Kegrafisan

Berdasarkan uji kelayakan yang dilakukan oleh validator, diperoleh bahwa komponen kegrafisan pengembangan modul memperoleh kategori sangat baik. Skor hasil penilaian uji kelayakan komponen kegrafisan pada tabel 4.13 sebesar 85%.

Berdasarkan hasil validasi diperoleh bahwa ilustrasi pada modul memudahkan peserta didik dalam memahami konsep. Hal ini memenuhi kriteria *self instructional*. Modul juga disusun dengan memperhatikan tipografi, tata letak dan ilustrasi sehingga memenuhi kriteria *user friendly*

4.2.3 Tanggapan Responden Mahasiswa Terhadap Modul

Tanggapan responden mahasiswa terhadap modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *tracker* dilakukan dengan menyebarkan angket. Angket ini disebar atau diberikan kepada mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Gelombang dalam jumlah sepuluh orang mahasiswa. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tanggapan mahasiswa mengenai modul praktikum yang telah dibuat.

Hasil rekap tanggapan mahasiswa terdapat dalam tabel 4.14 , tabel tersebut menunjukkan bahwa skor rerata tanggapan mahasiswa sebesar 88%. Hasil tersebut menunjukkan tanggapan mahasiswa sangat baik terhadap modul dengan perhitungan lengkap terdapat pada Lampiran 14. Terdapat sepuluh indikator penilaian yang dijadikan duapuluh tujuh pernyataan yang merupakan ringkasan dari empat kelayakan menurut BNSP(2007).

4.3 Keterbatasan Peneliti

Peneliti juga menyadari bahwa penelitian yang sudah dilakukan masih jauh dari sempurna. Terdapat beberapa keterbatasan selama penelitian diantaranya yaitu: (1) modul praktikum tidak sempat diuji coba oleh responden, (2) pengambilan data pada sumber cahaya polikromatik kurang bervariasi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan , didapat simpulan sebagai berikut:

1. Modul praktikum dan panduan *tracker* dibuat berdasarkan hasil praktikum yang telah dilakukan terlebih dahulu oleh peneliti yang terdiri atas praktikum pada sumber cahaya monokromatik yang disimpulkan bahwa semakin banyak kisi difraksi maka semakin kecil kesalahan relatif dari panjang gelombang tersebut, begitu juga *error* dari masing panjang gelombang setiap kisi difraksi terhadap panjang gelombang referensinya. Pada praktikum sumber cahaya polikromatik menghasilkan beberapa spektrum warna yaitu biru, hijau, hijau terang, kuning, dan merah, apabila kisi yang digunakan semakin banyak maka kesalahan relatifnya semakin kecil. Tahapan operasional prosedur kerja praktikum dan hasil pengukuran yang teliti.
2. Uji kelayakan yang didapat penulis dari validasi terhadap modul praktikum yang telah dikembangkan sebesar 88% sehingga modul dinilai sangat layak untuk digunakan dalam pembelajaran dengan rincian penilaian untuk kelayakan isi sebesar 90%, kelayakan kebahasaan sebesar 89%, kelayakan penyajian sebesar 90%, dan kelayakan kegrafikan sebesar 85%. Sedangkan yang didapat dari respon mahasiswa terhadap sebesar 88%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya uji coba terhadap siswa.

2. Perlu dilakukan variasi percobaan pada praktikum difraksi cahaya, agar menambah ketrampilan siswa,
3. Apabila hendak diujicobakan, siswa perlu dibekali mengenai penggunaan *software* untuk mengenalkan,
4. Perlunya dibuat rencana pembelajaran yang efektif dan efisien untuk pembelajaran dalam menggunakan *software tracker* agar tidak memakan waktu,
5. Perlunya menambahkan redaksi yang bisa memacu sifat kritis siswa pada modul praktikum yang sudah dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, A. P. & Mainur. (2016). Pembelajaran Menggambar Ilustrasi Lingkungan Sekolah Menggunakan Media Pensil Warna pada Kelas X SMK Negeri 1 Palembang. *Sitakara*, 2(2): 23-30. Tersedia di <http://www.univpgri-palembang.ac.id/> [diakses 14-6-2020]
- Apriyanto, N. (2012). *Seluk Beluk Tunagrahita dan Strategi Pembelajarannya*. Jogjakarta: Javalitera.
- Ashyar, R. (2012). *Kreatif Mengembangkan Media Pembelajaran*. Jakarta: Referensi Jakarta.
- Badan Standar Nasional Pendidikan dan Pusat Perbukuan. (2014). *Instrumen Penilaian Tahap I dan Tahap II Buku Teks Pelajaran Pendidikan Dasar dan Menengah*. Tersedia [online] <http://bsnp-indonesia.org/?p=1340>.
- Borg, R.W., & Gall. (1989). *Educational Research. An Introduction Fifth Edition*. New York: Longman.
- Brown, D. (2019). *Tracker Video Analysis and Modelling tools*. tersedia [Online] <https://physlets.org/tracker/>
- _____, and Cox, A. J. (2009). Innovative Uses of Video analysis. *The Physics Teacher*, 47(3), 145-150.
- Departemen Pendidikan Nasional. (2008). *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas.
- Giancoli, Douglas C. (2001). *Fisika Jilid 2 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga
- Hockicko, P., Krišt'ák, L. U., & Němec, M. (2015). Development of Students' Conceptual Thinking by Means of Video Analysis and Interactive Simulations at Technical Universities. *European Journal of Engineering Education*, 40(2), 145-166.
- Hofstein, A., Kipnis, M., & Kind, P. (2008). Enhancing Students' meta-Cognition And Argumentation Skills. *Science education issues and developments*, 59.
- Kemendikbud. Difraksi dan Interferensi Cahaya (diakses pada tanggal 8 Mei 2020) pada Laman :
<https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/sumberbelajar/tampil/Difraksi-dan-Interferensi-Cahaya-2016-2016/menu9.html>
- _____. Pendidikan Indonesia Belajar dari Hasil PISA 2018 (diakses pada tanggal 20 September 2020) pada Laman :

<http://repositori.kemdikbud.go.id/16742/1/Laporan%20Nasional%20PISA%202018%20Indonesia.pdf>

- Maharani, M., Wati, M., & Hartini, S. (2017). Pengembangan Alat Peraga pada Materi Usaha dan Energi untuk Melatihkan Keterampilan Proses Sains Melalui Model Inquiry Discovery Learning (IDL Terbimbing). *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(3), 351–367.
- Marliani, F., Wulandari, S., Fauziah, M., & Nugraha, M. G. (2015). Penerapan Analisis Video Tracker dalam Pembelajaran Fisika SMA untuk Menentukan Nilai Koefisien Viskositas Fluida. *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains*, 333-336.
- Mukminan. (2008). *Pengembangan Media Pembelajaran*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nurseto, T. (2011). Membuat Media pembelajaran yang menarik. *Jurnal Ekonomi dan pendidikan*, 8(1).
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume 1) : What Student Know and Can Do* (Vol. I). Paris: OECD Publishing.
- Oktafiani, P., Subali, B., & Edie, S. S. (2017). Pengembangan Alat Peraga Kit Optik Serbaguna (AP-KOS) untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 3(2), 189. <https://doi.org/10.21831/jipi.v3i2.14496>
- Purnomo, T.H., Sugiyanto, Akhlis, I. Educational Computer Game Materi Listrik Dinamis Sebagai Media Pembelajaran Fisika untuk Siswa SMA. *Jurnal pendidikan fisika indonesia*, [s.l.], v. 7, n. 2, july 2011. Issn 2355-3812.
- Prastowo, Andi. (2012). *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar*. Jakarta: Diva Press
- Raflesiana V., Herlina, K., & Wahyudi, I. (2019). *Pengaruh Penggunaan Pada Pembelajaran Grak Harmonik Sederhana Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Keterampilan Interpretasi Grafik Siswa*. Lampung: Universitas lampung.
- Rahmawati, N. (2016). *Analisis Keterampilan Dan Proses*. Universitas Negeri Semarang.
- Ramlan, Taufik. (2001). *Gelombang dan Optik*. UPI Jurusan Pendidikan Fisika :Bandung

- Rodrigues, M., Marques, M. B., & Carvalho, P. S. (2015). How to Build a Low Cost Spectrometer with Tracker for Teaching Light Spectra. *Physics Education*, 51(1), 014002.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). An overview of recent research on multiple representations. In *AIP Conference Proceedings*, 883(1):149-152
- Sadiman, A. S. (2012). *Media Pendidikan, Pengertian, Pengembangan, dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Raja Grafindo.
- Setyono, A., Nugroho, S.E., & Yulianti, I. (2016). Analisis kesulitan dalam Memecahkan Fisika Berbentuk Grafik. *Unnes Physics Education Journal*, 5(3): 32-39
- Setyosari, P.(2010), *Metode Penelitian:Penelitian dan Pengembangan*.Jakarta: Kencana
- Sofi'ah, S., Sugianto dan Sugiyanto. (2017). Pengembangan Laboratorium Virtual Berbasis VRML(Virtual Reality Modelling Language) pada Materi Teori Kinetik Gas. *Unnes Physics Education Journal*, 6 (1) : 82 – 90.
- Sugiyono. (2014). *Memahami Penelitian Kualitatif*.Bandung: Alfabeta.
- _____. (2015). *Metode Penelitian Pendidikan*.Bandung: Alfabeta.
- Suhandi, A. (2012). Pendekatan Multi Reprerentasi dalam Pembelajaran Usaha Energi dan Dampak Terhadap Pemahaman Konsep Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*,8(1): 1-7
- Widodo, A., & Ramdaningsih, V. (2006). Analisis kegiatan praktikum biologi di SMP dengan menggunakan video. *Jurnal UPI Metalogika*, 9(2), 146-158.
- Widyaningtiyas, L., Siswoyo., & Bakri, F. (2015). Pengaruh Pendekatan Multirepresentasi dalam Pembelajaran Fisika terhadap Kemampuan Kognitif Siswa SMA. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika (JPPPF)*, 1 (1):31-38
- Yulianti, D., & Khanafiyah, S. (2012). Penerapan Virtual Experiment Berbasis Inkuiri untuk Mengembangkan Kemandirian Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8(2).
- Zamista, A. A., & Kaniawati, I. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Process Oriented Guided Inquiry Learning Terhadap Keterampilan Proses Sains dan Kemampuan Kognitif Siswa pada Mata Pelajaran Fisika. *Edusains*, 7(2), 191-201.

LAMPIRAN

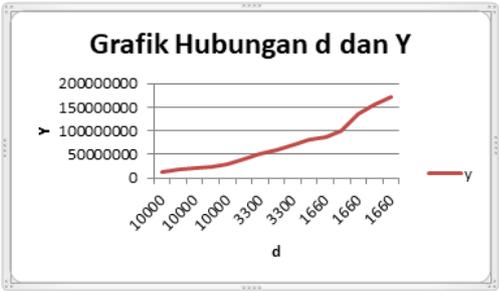
Lampiran 1: Kisi-Kisi Soal Evaluasi

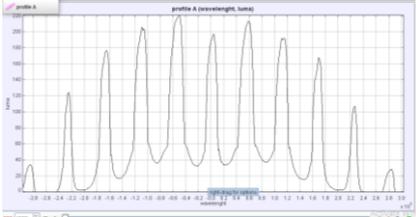
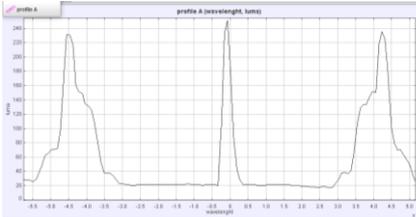
KISI-KISI SOAL EVALUASI

No.	Indikator Soal	Nomor Soal
1.	Mengidentifikasi grafik dari data	b
2.	Menentukan data variabel bebas dan terikat kedalam grafik	a
3.	Menentukan nilai data dari range variabel	h
4.	Menentukan nama variabel pada koordinat (X,Y)	c,e
5.	Menentukan data (X,Y) pada grafik	d
6.	Memprediksi data antara dua pengukuran pada grafik	f,g
7.	Menentukan ekstrapolasi dari data pengukuran pada grafik	j
8.	Menentukan hubungan variabel pada grafik.	k

Lampiran 2 Kunci Jawaban

KUNCI JAWABAN SOAL EVALUASI

Indikator Soal	Soal	Jawaban	Nilai
Mengidentifikasi grafik dari data	b. Bagaimana bentuk grafik antara (d) dengan (Y) pada analisis tanpa tracker pada sumber cahaya monokromatik?		15
Menentukan data variabel bebas dan terikat kedalam grafik	a. Tentukan variabel bebas dan variabel terikat dari praktikum tersebut !	Variabel bebas : d dan λ Variabel terikat : Y dan intensitas cahaya	3
Menentukan nilai data dari range variabel	h. Bagaimana error antara (λ_{ref}) dengan panjang gelombang yang dihasilkan oleh Tracker?	<p>Error pada sumber cahaya monokromatik (laser $\lambda_{ref} = 632 \text{ nm}$):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100 garis/mm yaitu 5.90% • 300 garis/mm yaitu 2.60% • 600 garis/mm yaitu 0.80% <p>Error pada sumber cahaya polikromatik :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 100garis/mm jarak 50cm: <ul style="list-style-type: none"> -Biru: 26% -Light hijau : 27% -Merah: 19% • 300garis/mm jarak 50 cm: <ul style="list-style-type: none"> -Biru : 14,17% -light hijau : 11,75% -Merah: 2,96% • 600 garis/mm jarak 50 cm: <ul style="list-style-type: none"> -Biru : 2,30% -Light hijau : 1,36% -Merah : 0.26% 	20
Menentukan nama variabel pada koordinat (X,Y)	c. bagaimana posisi panjang gelombang terhadap grafik yang disajikan hasil analisis Tracker?	Posisi panjang gelombang dalam grafik yang ditampilkan Tracker berada diposisi sumbu X karena merupakan variabel bebas. Dan posisi intensitas cahaya berada disumbu Y karena merupakan variabel terikat.	2

	<p>e. Bagaimana grafik yang dihasilkan pada analisis Tracker?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pada sumber cahaya monokromatik (laser merah $\lambda_{ref}= 632 \text{ nm}$  <ul style="list-style-type: none"> • Pada Sumber cahaya Polikromatik: 	20
<p>Menentukan data (X,Y) pada grafik</p>	<p>d.Tuliskan persamaan dalam mencari panjang gelombang yang harus dimasukan kedalam tracker !.</p>	<p>Persamaan panjang gelombang yang di masukan kedalam analisis Tracker :</p> $d \frac{Y}{n\sqrt{Y^2 + L^2}} = \lambda$ <p>Untuk nilai $n= 1$, karena pada orde pertama</p>	5
<p>Memprediksi data antara dua pengukuran pada grafik</p>	<p>f.Bandingkan nilai panjang gelombang monokromatik yang dihasilkan dari analisis tracker dengan analisis manual!</p>	<p>Hasil panjang gelombang yang dihasilkan dari analisis Tracker lebih kecil selisihnya dengan panjang gelombang referensinya. Daripada hasil analisis tanpa tracker.Hal tersebut dapat dilihat dari hasil perhitungan mencari <i>error</i> panjang gelombang saat praktikum dengan panjang gelombang referensinya.</p>	3

	<p>g. Bagaimana hasil perbandingan dari hasil analisis menggunakan tracker dengan panjang gelombang referensi pada sumber cahaya polikromatik?</p>	<p><i>Tabel 3.5. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 600 garis/mm pada jarak 50 cm</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Warna</th> <th>$\lambda_{praktek}$ (nm)</th> <th>$\lambda_{referensi}$ (nm)</th> <th>Error(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Biru</td> <td>433,5 ± 8,20</td> <td>443,74</td> <td>2,30</td> </tr> <tr> <td>Light Hijau</td> <td>554 ± 8,91</td> <td>561,63</td> <td>1,36</td> </tr> <tr> <td>Merah</td> <td>589,3 ± 0,99</td> <td>590,85</td> <td>0,26</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Tabel 3.6. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 300 garis/mm pada jarak 50 cm</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Warna</th> <th>$\lambda_{praktek}$ (nm)</th> <th>$\lambda_{referensi}$ (nm)</th> <th>Error(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Biru</td> <td>380,85 ± 6,58</td> <td>443,74</td> <td>14,17</td> </tr> <tr> <td>Light Hijau</td> <td>495,60 ± 8,91</td> <td>561,63</td> <td>11,75</td> </tr> <tr> <td>Merah</td> <td>573,35 ± 8,83</td> <td>590,85</td> <td>2,96</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Tabel 3.8. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 100 garis/mm pada jarak 50 cm</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Warna</th> <th>$\lambda_{praktek}$ (nm)</th> <th>$\lambda_{referensi}$ (nm)</th> <th>Error(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Biru</td> <td>327,35 ± 32,40</td> <td>443,74</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Light Hijau</td> <td>409,05 ± 17,32</td> <td>561,63</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>Merah</td> <td>477,75 ± 29,48</td> <td>590,85</td> <td>19</td> </tr> </tbody> </table>	Warna	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\lambda_{referensi}$ (nm)	Error(%)	Biru	433,5 ± 8,20	443,74	2,30	Light Hijau	554 ± 8,91	561,63	1,36	Merah	589,3 ± 0,99	590,85	0,26	Warna	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\lambda_{referensi}$ (nm)	Error(%)	Biru	380,85 ± 6,58	443,74	14,17	Light Hijau	495,60 ± 8,91	561,63	11,75	Merah	573,35 ± 8,83	590,85	2,96	Warna	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\lambda_{referensi}$ (nm)	Error(%)	Biru	327,35 ± 32,40	443,74	26	Light Hijau	409,05 ± 17,32	561,63	27	Merah	477,75 ± 29,48	590,85	19	25
Warna	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\lambda_{referensi}$ (nm)	Error(%)																																																
Biru	433,5 ± 8,20	443,74	2,30																																																
Light Hijau	554 ± 8,91	561,63	1,36																																																
Merah	589,3 ± 0,99	590,85	0,26																																																
Warna	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\lambda_{referensi}$ (nm)	Error(%)																																																
Biru	380,85 ± 6,58	443,74	14,17																																																
Light Hijau	495,60 ± 8,91	561,63	11,75																																																
Merah	573,35 ± 8,83	590,85	2,96																																																
Warna	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\lambda_{referensi}$ (nm)	Error(%)																																																
Biru	327,35 ± 32,40	443,74	26																																																
Light Hijau	409,05 ± 17,32	561,63	27																																																
Merah	477,75 ± 29,48	590,85	19																																																
Menentukan ekstrapolasi dari data pengukuran pada grafik	i. Apa sajakah yang mempengaruhi nilai panjang gelombang dalam fenomena difraksi cahaya?	<p>Yang mempengaruhi fenomena difraksi cahaya secara persamaan umumnya yaitu :</p> $d \sin \theta = n\lambda$ <p>Atau</p> $\frac{dY}{L} = n\lambda$ <p>Dimana di pengaruhi oleh :</p> <p>d = lebar celah Y = jarak pita gelap/terang ke-n L = jarak celah ke layar n = orde dari difraksi θ = sudut simpang cahaya</p>	4																																																
Menentukan hubungan variabel pada grafik	j. Apakah dengan memperbesar intensitas cahaya dapat memperbesar juga nilai panjang gelombang yang dihasilkan pada analisis tracker ? Mengapa?	<p>Iya, dengan memperbesar intensitas cahaya dapat memperbesar panjang gelombang.</p> <p>Tetapi karena mata manusia hanya dapat melihat cahaya dengan panjang gelombang sekitar 400nm – 700nm, sehingganga hanya warna-warna tertentu saja yang dapat terlihat dari sumber cahaya.</p>	3																																																
TOTAL NILAI			100																																																

Lampiran 3 Hasil Praktikum

HASIL PRAKTIKUM**1. Pada Sumber Monokromatik (Laser Merah)**

- a. Pada praktikum ini menggunakan laser merah dengan panjang gelombang referensi 632 nm menggunakan analisis Tracker.

1) Difraksi cahaya pada kisi 100garis/mm

Hasil panjang gelombang yang diperoleh berdasarkan analisis *Tracker* tersaji pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rekap Hasil Perhitungan panjang Gelombang Kisi 100 garis/mm

d (nm)	Jarak (nm)	$\lambda_{praktek}(nm)$
10000	200000000	593,3
10000	250000000	629
10000	300000000	554,8
10000	350000000	587,1
10000	400000000	607,1
$\bar{\lambda}$		594,3

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 27,3 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 594,3 \pm 27,3 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{27,3}{594,3} \times 100\% = 4,59\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{praktek}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 5,90\%$$

$$\text{Ketelitian} = 95,41\%$$

2) Difraksi Cahaya pada kisi 300 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh berdasarkan analisis *Tracker* ditampilkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Rekap hasil Perhitungan panjang gelombang

d (nm)	Jarak (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
3300	200000000	610,3
3300	250000000	632,7
3300	300000000	597,2
3300	350000000	611,1
3300	400000000	624,9
$\bar{\lambda}$		615,2

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 13,83 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 615,2 \pm 13,8 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{13,8}{615,2} \times 100\% = 2,24\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 2,60\%$$

$$\text{Ketelitian} = 97,76\%$$

3) Difraksi Cahaya pada kisi 600 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh berdasarkan analisis *Tracker* disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang

d (nm)	jarak (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
1660	200000000	621,8
1660	250000000	620,2
1660	300000000	630,8
1660	350000000	618,8
1660	400000000	641,6
$\bar{\lambda}$		626,6

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 9,6 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 626,6 \pm 9,6 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{9,6}{626,6} \times 100\% = 1,52\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 0,80\%$$

$$\text{Ketelitian} = 98,48\%$$

b. Pada praktikum ini menggunakan laser merah dengan panjang gelombang referensi 632 nm, praktikum ini dilakukan secara manual atau tanpa bantuan analisis tracker.

1) Difraksi cahaya pada kisi 100garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh pada kisi 100 garis/mm dengan analisis manual disajikan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Rekap Hasil Perhitungan panjang Gelombang

d (nm)	L (nm)	Y (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
10000	200000000	13000000	650
10000	250000000	17000000	680
10000	300000000	20000000	666,67
10000	350000000	24000000	685,71
10000	400000000	28000000	700
$\bar{\lambda}$			676,47

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 19,02 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 676,47 \pm 19,02 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{19,02}{676,47} \times 100\% = 2,82\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 7,00\%$$

$$\text{Ketelitian} = 97,18\%$$

2) Difraksi Cahaya pada kisi 300 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh pada kisi 100 garis/mm dengan analisis manual disajikan pada Tabel 4.5

Tabel 4.5.Rekap hasil Perhitungan panjang gelombang

d (nm)	L (nm)	Y (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
3300	200000000	40000000	660
3300	250000000	50000000	660
3300	300000000	60000000	660

3300	350000000	69000000	650,57
3300	400000000	80000000	660
$\bar{\lambda}$			658,11

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 4,21 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 658,11 \pm 4,21 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{4,21}{658,11} \times 100\% = 0,64\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 4,10\%$$

$$\text{Ketelitian} = 99,36\%$$

3) Difraksi Cahaya pada kisi 600 garis/mm

Hasil panjang gelombang pada orde pertama yang diperoleh :

Tabel 4.6 Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang

d (nm)	L (nm)	Y (nm)	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
1660	200000000	86000000	713,80
1660	250000000	100000000	664
1660	300000000	135000000	747
1660	350000000	155000000	735,14
1660	400000000	171000000	709,65
$\bar{\lambda}$			713,91

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(\lambda_i - \bar{\lambda})^2}{n-1}} = 31,83 \text{ nm}$$

$$\text{Panjang Gelombang} = 713,91 \pm 31,83 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{31,83}{713,91} \times 100\% = 4,46\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{praktek}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 12,90\%$$

$$\text{Ketelitian} = 95,54\%$$

2. Sumber cahaya polikromatik

Pada eksperimen ini sumber cahaya yang digunakan berupa lampu krypton panjang gelombang referensi yang digunakan merupakan hasil dari

alat spektrometer yang dapat mendeteksi dengan akurat masing-masing panjang gelombang.

- 1) Difraksi cahaya pada kisi 100 garis/mm dengan jarak 50 cm pada sumber cahaya Lampu Krypton. Hasil panjang gelombang yang diperoleh orde pertama yang dihitung dari sebelah kanan dan sebelah kiri disajikan pada Tabel 4.7. Kemudian rekap hasil panjang gelombangnya disajikan pada Tabel 4.8 dan rekap perhitungan *error* disajikan pada Tabel 4.9

Tabel 4.7. Rekap Hasil Panjang gelombang pada orde pertama untuk sebelah kanan dan sebelah kiri dari terang pusat

Warna	Orde	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
Biru	-1	343,9
Hijau	-1	395,5
Light Hijau	-1	421,3
Kuning	-1	455,6
Merah	-1	498,6
Biru	1	310,8
Hijau	1	371
Light Hijau	1	396,8
Kuning	1	422,6
Merah	1	456,9

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan error pada warna biru.

Warna/Orde	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$
Biru/(-1)	343,9
Biru/(1)	310,8
$\lambda_{\text{rata-rata}}$	327,4

$$s(\lambda_{\text{biru}}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{\text{kiri}} - \bar{\lambda}_{\text{biru}})^2 + (\lambda_{\text{kanan}} - \bar{\lambda}_{\text{biru}})^2}{n - 1}} = 23,40 \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{biru}} = 327,4 \pm 23,4 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{23,4}{327,4} \times 100\% = 7,14\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{\text{referensi}} - \bar{\lambda}_{\text{biru}}}{\lambda_{\text{referensi}}} \right| \times 100\% = 26\%$$

$$\text{Ketelitian} = 92,86\%$$

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan error pada warna light hijau.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Light Hijau/(-1)	421,3
Light Hijau/(1)	396,8
$\lambda_{rata-rata}$	409,1

$$s(\lambda_{light\ hijau}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{light\ hijau})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{light\ hijau})^2}{n-1}} = 17,32nm$$

$$\lambda_{light\ hijau} = 409,1 \pm 17,3\ nm$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{17,3}{409,1} \times 100\% = 4,24\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{biru}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 27\%$$

$$\text{Ketelitian} = 95,76\%$$

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan error pada warna merah.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Merah/(-1)	498,6
Merah/(1)	456,9
$\lambda_{rata-rata}$	477,8

$$s(\lambda_{merah}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{merah})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{merah})^2}{n-1}} = 29,5\ nm$$

$$\lambda_{merah} = 477,8 \pm 29,5\ nm$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{29,5}{477,8} \times 100\% = 6,17\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{merah}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 19\%$$

$$\text{Ketelitian} = 93,83\%$$

Tabel 4.8. Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang pada orde pertama dari sebelah kanan dan sebelah kiri

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	Ketelitian (%)	Kesalahan Relatif (%)
Biru	$327,4 \pm 32,4$	92,86	7,14
Hijau	$383,2 \pm 17,3$	95,47	4,53
Light Hijau	$409,1 \pm 17,3$	95,76	4,24
Kuning	$439,1 \pm 23,3$	94,68	5,31
Merah	$477,8 \pm 29,5$	93,83	6,17

Tabel 4.9. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 100 garis/mm pada jarak 50 cm

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	$\lambda_{referensi}(nm)$	Error(%)
Biru	$327,4 \pm 32,4$	443,74	26
Light Hijau	$409,1 \pm 17,3$	561,63	27
Merah	$477,8 \pm 29,5$	590,85	19

- 2) Difraksi cahaya pada kisi 300 garis/mm dengan jarak 50 cm pada sumber cahaya Lampu Krypton. Hasil panjang gelombang yang diperoleh orde pertama yang dihitung dari sebelah kanan dan sebelah kiri disajikan pada Tabel 4.10. Kemudian rekap hasil panjang gelombangnya disajikan pada Tabel 4.11 dan rekap perhitungan *error* disajikan pada Tabel 4.12

Tabel 4.10. Rekap Hasil Panjang gelombang pada orde pertama untuk sebelah kanan dan sebelah kiri dari terang pusat

Warna	Orde	$\lambda_{praktek}(nm)$
Biru	-1	385,5
Hijau	-1	461
Light Hijau	-1	501,9
Kuning	-1	529,1
Merah	-1	579,6
Biru	1	376,2
Hijau	1	448,3
Light Hijau	1	489,3
Kuning	1	516,5
Merah	1	567,1

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan *error* pada warna biru.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Biru/(-1)	385,5
Biru/(1)	376,2
$\lambda_{rata-rata}$	380,9

$$s(\lambda_{biru}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{biru})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{biru})^2}{n - 1}} = 6,6 \text{ nm}$$

$$\lambda_{biru} = 380,9 \pm 6,6 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{6,6}{380,9} \times 100\% = 1,73\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{biru}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 14,17\%$$

$$\text{Ketelitian} = 98,27\%$$

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan *error* pada warna light hijau.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Light Hijau/(-1)	501,9
Light Hijau/(1)	489,3
$\lambda_{rata-rata}$	495,6

$$s(\lambda_{light\ hijau}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{light\ hijau})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{light\ hijau})^2}{n - 1}} = 8,9 \text{ nm}$$

$$\lambda_{light\ hijau} = 495,6 \pm 8,9 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{8,9}{495,6} \times 100\% = 1,80\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{light\ hijau}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 11,75\%$$

$$\text{Ketelitian} = 98,20\%$$

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan error pada warna merah.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Merah/(-1)	579,6
Merah/(1)	567,1
$\lambda_{rata-rata}$	573,4

$$s(\lambda_{merah}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{merah})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{merah})^2}{n-1}} = 8,8 \text{ nm}$$

$$\lambda_{merah} = 573,4 \pm 8,8 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{8,8}{573,4} \times 100\% = 1,54\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{merah}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 2,96\%$$

$$\text{Ketelitian} = 98,46\%$$

Tabel 4.11. Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang pada orde pertama dari sebelah kanan dan sebelah kiri

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	Ketelitian (%)	Kesalahan Relatif (%)
Biru	$380,9 \pm 6,6$	98,27	1,73
Hijau	$454,7 \pm 9,0$	98,02	1,97
Light Hijau	$495,6 \pm 8,9$	98,20	1,80
Kuning	$522,8 \pm 8,9$	98,29	1,70
Merah	$573,4 \pm 8,8$	98,46	1,54

Tabel 4.12. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 300 garis/mm pada jarak 50 cm

Warna	$\lambda_{praktek}(nm)$	$\lambda_{referensi}(nm)$	Error(%)
Biru	$380,9 \pm 6,6$	443,74	14,17
Light Hijau	$495,6 \pm 8,9$	561,63	11,75
Merah	$573,4 \pm 8,8$	590,85	2,96

- 3) Difraksi cahaya pada kisi 600 garis/mm dengan jarak 50 cm pada sumber cahaya Lampu Krypton. Hasil panjang gelombang yang diperoleh orde pertama yang dihitung dari sebelah kanan dan sebelah kiri disajikan pada

Tabel 4.13. Kemudian rekap hasil panjang gelombangnya disajikan pada

Tabel 4.14 dan rekap perhitungan *error* disajikan pada Tabel 4.15

Tabel 4.13. Rekap Hasil Panjang gelombang pada orde pertama untuk sebelah kanan dan sebelah kiri dari terang pusat

Warna	Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Biru	-1	439,3
Hijau	-1	520,3
Light Hijau	-1	560,3
Kuning	-1	587,4
Merah	-1	602,2
Biru	1	427,7
Hijau	1	509,3
Light Hijau	1	547,7
Kuning	1	576,8
Merah	1	588,6

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan error pada warna biru.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Biru/(-1)	385,5
Biru/(1)	439,3
$\lambda_{rata-rata}$	433,5

$$s(\lambda_{biru}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{biru})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{biru})^2}{n - 1}} = 8,2 \text{ nm}$$

$$\lambda_{biru} = 433,5 \pm 8,20 \text{ nm}$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{8,2}{433,5} \times 100\% = 1,90\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{biru}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 2,30\%$$

$$\text{Ketelitian} = 98,10\%$$

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan error pada warna light hijau.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Light Hijau/(-1)	560,3
Light Hijau/(1)	547,7
$\lambda_{rata-rata}$	554

$$s(\lambda_{light\ hijau}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{light\ hijau})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{light\ hijau})^2}{n-1}} = 8,9\ nm$$

$$\lambda_{light\ hijau} = 554 \pm 8,9\ nm$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{8,9}{554} \times 100\% = 1,61\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{biru}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 1,36\%$$

$$\text{Ketelitian} = 98,39\%$$

- Perhitungan kesalahan relatif, ketelitian, dan error pada warna merah.

Warna/Orde	$\lambda_{praktek} (nm)$
Merah/(-1)	602,2
Merah/(1)	588,6
$\lambda_{rata-rata}$	589,3

$$s(\lambda_{merah}) = \sqrt{\frac{(\lambda_{kiri} - \bar{\lambda}_{merah})^2 + (\lambda_{kanan} - \bar{\lambda}_{merah})^2}{n-1}} = 1,0\ nm$$

$$\lambda_{merah} = 589,3 \pm 1,0\ nm$$

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{1,0}{589,3} \times 100\% = 0,17\%$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{merah}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\% = 0,26\%$$

$$\text{Ketelitian} = 99,83\%$$

Tabel 4.12.. Rekap Hasil Perhitungan Panjang Gelombang pada orde pertama dari sebelah kanan dan sebelah kiri

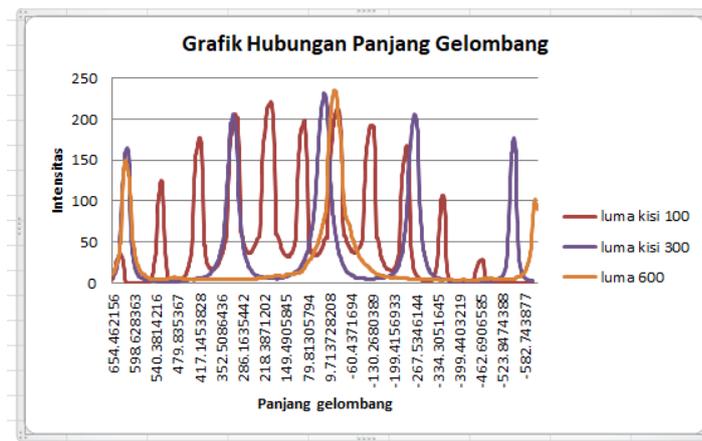
Warna	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$	Ketelitian (%)	Kesalahan Relatif (%)
Biru	$433,5 \pm 8,2$	98,10	1,90
Hijau	$514,8 \pm 7,8$	98,48	1,51
Light Hijau	$554 \pm 8,9$	98,39	1,61
Kuning	$582,1 \pm 7,5$	98,72	1,28
Merah	$589,3 \pm 1,0$	99,83	0,17

Tabel 4.13. Hasil Rekap Perhitungan Error terhadap Panjang Gelombang Referensi kisi 600 garis/mm pada jarak 50 cm

Warna	$\lambda_{\text{praktek}}(\text{nm})$	$\lambda_{\text{referensi}}(\text{nm})$	Error(%)
Biru	$433,5 \pm 8,2$	443,74	2,30
Light Hijau	$554 \pm 8,9$	561,63	1,36
Merah	$589,3 \pm 1,0$	590,85	0,26

3. Grafik Data

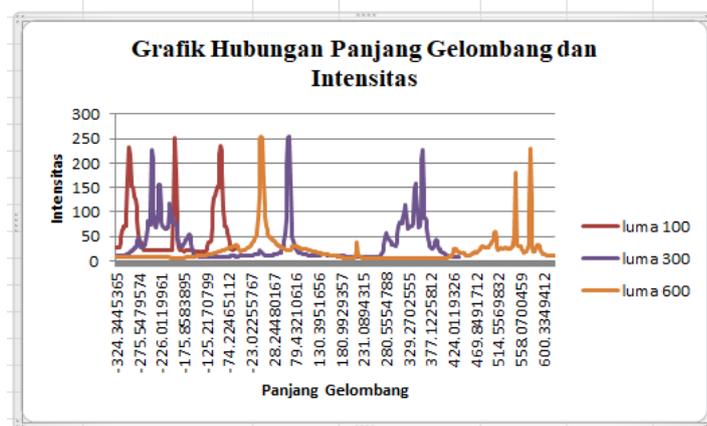
- Grafik hubungan panjang gelombang dengan intensitas pada kisi 100 garis/mm, 300 garis/mm, dan 600garis/ mm. Grafik ini berasal dari data hasil analisis *tracker* sumber cahaya monokromatik.



- Grafik hubungan jarak orde pertama terhadap terang pusat dengan lebar kisi pada kisi 100 garis/ mm, 300 garis/mm,600 garis/nm, Pada praktikum sumber cahaya Monokromatik secara manual.



- Grafik hubungan jarak orde pertama terhadap terang pusat dengan lebar kisi pada kisi 100 garis/ mm, 300 garis/mm,600 garis/nm, Pada praktikum sumber cahaya Monokromatik secara manual.



Lampiran 4 Kisi-Kisi Uji Kelayakan

KISI-KISI ANGKET UJI KELAYAKAN

MODUL			
Aspek	Komponen	Indikator	Butir
<i>Self Instructional</i>	Isi	<ul style="list-style-type: none"> • Sesuai dengan kompetensi dasar • Sesuai dengan contoh yang digunakan dalam materi 	1 3
	Penyajian	<ul style="list-style-type: none"> • Materi dilengkapi dengan gambar • Gambar foto • Daftar isi • Daftar pustaka • Dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri 	11 16 18 17 15
	Bahasa	Konsistensi istilah dan simbol	22
	Kegrafisan	• Grafis atau gambar yang memperjelas dan mempermudah	29
<i>Self Contained</i>	Isi	Koherensi dan keruntutan alur pikir	4
	Penyajian	Dapat menuntun peserta didik menggali informasi	12
<i>Stand Alone</i>	Isi	<ul style="list-style-type: none"> • Benar konsep • Sesuai kompetensi dasar 	2 1
<i>Adaptive</i>	Isi	Modul praktikum dilengkapi dengan panduan penggunaan analisis <i>Tracker</i>	6,7
	Bahasa	Memperinci adanya Analisis <i>Tracker</i>	19,20
<i>User Friendly</i>	Isi	Mudah dipahami	5
	Penyajian	<ul style="list-style-type: none"> • Penyajian sistematis • Menimbulkan suasana menyenangkan • <i>Familiar</i> (tidak asing) dengan peserta didik • Variatif • Komunikatif 	8 9 10 13 14
	Kegrafisan	<ul style="list-style-type: none"> • Tipografi • Tata letak • Ilustrasi 	23,24 25,26,27 29,30
	Bahasa	Mudah dipahami	21

Lampiran 5 Lembar Uji Kelayakan

LEMBAR UJI KELAYAKAN
MODUL PRAKTIKUM DIFRAKSI CAHAYA BERBASIS ANALISIS
TRACKER

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis *Tracker*
 Materi Pokok : Difraksi Cahaya
 Sasaran Program : Mahasiswa Jurusan Fisika
 Peneliti : Diah Ayu Istiqomah
 Validator :

Petunjuk pengisian !

1. Lembar uji kelayakan digunakan untuk mendapatkan informasi dari Bapak/Ibu terkait kualitas modul pembelajaran yang telah dikembangkan.
2. Lembar uji kelayakan ini meliputi komponen kelayakan isi, komponen kelayakan penyajian, komponen kelayakan kebahasaan, komponen kelayakan kegrafisan.
3. Bapak/Ibu dapat memberikan tanda “√” untuk menyatakan setiap pendapat pada kolom nilai yang tersedia.
4. Atas kesediaan Bapak/ Ibu, saya ucapkan terimakasih.

A. KOMPONEN KELAYAKAN ISI

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar					
2	Kebenaran konsep					
3	Kesesuaian contoh yang digunakan dalam materi					
4	Koherensi dan keruntutan alur pikir					
5	Materi mudah dipahami					
6	Menumbuhkan kemampuan berpikir					
7	Menumbuhkan kemampuan dalam penggunaan teknologi yaitu berupa analisis berbasis Software Tracker					

B. KOMPONEN KELAYAKAN PENYAJIAN

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
8	Penyajian materi secara sistematis					
9	Penyajian materi menimbulkan suasana					

	menyenangkan					
10	Penyajian materi <i>familiar</i> (tidak asing) dengan peserta didik					
11	Penyajian materi dilengkapi dengan gambar					
12	Penyajian materi dapat menuntun siswa menggali informasi					
13	Penyajian materi variatif					
14	Penyajian materi komunikatif					
15	Penyajian materi dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri					
16	Penyajian gambar foto					
17	Penyajian daftar pustaka					
18	Penyajian daftar isi					

C. KOMPONEN KEBAHASAAN

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
19	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya kemampuan berpikir					
20	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya teknologi yang digunakan dalam analisis data					
21	Penggunaan bahasa dapat memudahkan peserta didik memahami materi					
22	Konsistensi penggunaan istilah dan penggunaan simbol/ lambang					

D. KOMPONEN KELAYAKAN KEGRAFISAN

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
23	Tipografi (tata huruf) pada cover buku					
24	Tipografi (tata huruf) pada isi buku					
25	Tata letak isi modul yang baik					
26	Unsur tata letak runtut dan sistematis					
27	Penempatan dan penampilan tata letak memuat judul, sub bab judul, ilustrasi.					
28	Tata letak hiasan/ilustrasi yang tepat					
29	Ilustasi memperjelas dan mempermudah pemahaman konsep					
30	Ilustrasi isi menimbulkan daya tarik					

Komentar dan Saran

.....

.....

.....

.....
.....
.....

.....
Modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *Tracker* tersebut dinyatakan *) :

1. Layak digunakan dalam pembelajaran tanpa revisi
2. Layak digunakan dalam pembelajaran dengan revisi
3. Tidak layak digunakan

*) pilih salah satu

Semarang, 2020
Validator

NIP.

Lampiran 6 Rubrik Lembar Uji Kelayakan

RUBRIK LEMBAR UJI KELAYAKAN

Komponen Kelayakan Isi				
No	Indikator penilaian	Kriteria	Alternatif Pilihan	Kategori penilaian
1	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar	Indikator pembelajaran pada kompetensi dasar antara lain: . Mendeskripsikan peristiwa interferensi . Meformulasikan peristiwa interferensi . Mendeskripsikan peristiwa difraksi cahaya oleh celah tunggal . Mendeskripsikan peristiwa difraksi cahaya oleh kisi . Memformulasikan peristiwa difraksi cahaya oleh celah tunggal . Memformulasikan peristiwa difraksi cahaya oleh kisi	5	Semua materi sesuai dengan indikator pembelajaran
			4	Materi sesuai dengan 4-5 indikator pembelajaran
			3	Materi sesuai dengan 2-3 indikator pembelajaran
			2	Materi sesuai dengan 1 indikator pembelajaran
			1	Tidak ada materi yang sesuai
2	Kebenaran konsep	Konsep yang ingin dijelaskan pada modul praktikum difraksi cahaya antara lain: 1. Interferensi 2. Difraksi celah tunggal 3. Difraksi cahaya oleh kisi	5	Semua konsep dalam materi benar dan lengkap
			4	Terdapat 2 konsep yang benar dalam materi dan lengkap
			3	Hanya terdapat 2 konsep yang benar tetapi kurang lengkap
			2	Hanya ada 1 konsep yang benar dan lengkap
			1	Tidak ada konsep yang benar

3	Kesesuaian contoh yang digunakan dalam materi	<p>Contoh yang berada dalam materi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - peristiwa interferensi pada celah ganda Young - Interferensi destruktif - Interferensi Konstruktif - Peristiwa difraksi pada celah tunggal - Peristiwa difraksi oleh kisi 	5	Contoh-contoh yang disajikan relevan dengan 5 materi yang tersedia
			4	Contoh-contoh yang disajikan relevan dengan 4 materi yang tersedia
			3	Contoh-contoh yang disajikan relevan dengan 2 materi yang tersedia
			2	Contoh-contoh yang disajikan relevan dengan 1 materi yang tersedia
			1	Contoh-contoh yang disajikan relevan tidak ada dari materi yang tersedia.
4	Koherensi dan keruntutan alur pikir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penyampaian pesan antar materi pertama dengan sub materi mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi. 2. Penyampaian pesan antar materi ke-2 dengan sub materi ke-2 mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi. 3. Penyampaian pesan antar pokok materi dengan materi lain mencerminkan keruntutan dan keterkaitan isi. 	5	Semua item terpenuhi
			4	Hanya 2 item yang terpenuhi dan lengkap
			3	Hanya 2 item yang terpenuhi, tetapi kurang lengkap
			2	Hanya ada 1 item yang terpenuhi
			1	Tidak ada item yang terpenuhi
5	Materi mudah dipahami	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materi interferensi celah ganda Young jelas sehingga mudah dipahami 2. Materi difraksi cahaya jelas sehingga mudah dipahami 	5	Semua item terpenuhi dan jelas
			4	Hanya 2 item yang terpenuhi

		3. Formula yang ada di materi jelas dan mudah dipahami		dan jelas
			3	Hanya 2 item yang terpenuhi, tetapi kurang jelas
			2	Hanya 1 item yang terpenuhi, dan jelas
			1	Tidak ada item yang terpenuhi
6	Kemampuan menumbuhkan kemampuan berpikir	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materi dapat mengembangkan kemampuan siswa untuk berpikir secara tepat dalam menyelesaikan masalah 2. Materi dapat menumbuhkan kemampuan bekerja 3. Materi dapat menumbuhkan kemampuan bersikap ilmiah 	5	Semua kriteria terpenuhi
			4	Hanya 2 kriteria yang terpenuhi dan lengkap
			3	2 kriteria yang kurang terpenuhi
			2	3 kriteria kurang terpenuhi
			1	Tidak ada kriteria yang terpenuhi
7	Menumbuhkan kemampuan dalam penggunaan teknologi yaitu berupa analisis berbasis Software Tracker	<p>Memenuhi kriteria:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Materi dapat melatih kemampuan menganalisis informasi yang masuk dan membagi-bagi atau menstruktur informasi ke dalam bagian yang lebih kecil untuk mengenali pola atau hubungannya 2. Materi dapat melatih kemampuan mengenali serta membedakan faktor penyebab dan akibat dari sebuah skenario 3. Materi dapat melatih kemampuan mengidentifikasi/ merumuskan pertanyaan 	5	Semua item terpenuhi
			4	Hanya 2 item yang terpenuhi dan lengkap
			3	Hanya 2 item yang terpenuhi dan kurang lengkap
			2	Hanya 1 item yang terpenuhi
			1	Tidak ada item yang terpenuhi

Komponen Kelayakan Penyajian				
8	Penyajian materi secara sistematis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materi pengertian interferensi celah ganda Young yang disajikan dari yang mudah ke sukar, dari yang konkret ke abstrak, dan dari yang sederhana ke kompleks 2. Materi difraksi cahaya yang disajikan dari yang mudah ke sukar, dari yang konkret ke abstrak, dan dari yang sederhana ke kompleks 3. Formula yang digunakan dalam materi disajikan secara berurutan dan sistematis. 	5	Semua item terpenuhi
			4	Hanya 2 item yang terpenuhi dan jelas
			3	Hanya 2 item yang terpenuhi dan kurang jelas
			2	Hanya 1 item yang terpenuhi.
			1	Tidak ada item yang terpenuhi
9	Penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penyajian materi interferensi celah ganda Young tidak hanya naratif, tetapi menggunakan gambar yang dapat memperjelas pesan materi 2. Penyajian materi difraksi cahaya tidak hanya naratif, tetapi menggunakan gambar yang dapat memperjelas pesan materi 	5	Semua item terpenuhi
			4	2 materi ada tetapi hanya narasi
			3	Hanya 1 item yang terpenuhi
			2	1 materi ada tetapi hanya narasi
			1	Semua materi tidak ada
10	Penyajian materi <i>familiar</i> (tidak asing) dengan peserta didik	<ol style="list-style-type: none"> 1. Materi interferensi celah ganda Young yang disajikan dengan pemberian contoh berhubungan dengan peristiwa kehidupan sehari-hari 2. Materi difraksi cahaya yang disajikan dengan pemberian contoh berhubungan dengan peristiwa kehidupan sehari-hari 	5	Semua item terpenuhi dan lengkap
			4	2 item ada tetapi tidak lengkap
			3	Hanya 1 item yang terpenuhi dan lengkap
			2	1 item ada tetapi tidak lengkap
			1	Tidak ada item yang lengkap
11	Penyajian materi dilengkapi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penyajian materi interferensi pada celah ganda Young tidak hanya naratif, tetapi menggunakan gambar yang 	5	Semua item terpenuhi
			4	2 materi ada tetapi hanya

	dengan gambar	dapat memperjelas pesan materi 2. Penyajian materi difraksi cahaya tidak hanya naratif, tetapi menggunakan gambar yang dapat memperjelas pesan materi		narasi
			3	Hanya 1 item yang terpenuhi
			2	1 materi ada tetapi hanya narasi
			1	Tidak ada materi yang lengkap
12	Penyajian materi dapat menuntun siswa menggali informasi	1. Materi interferensi celah ganda Young yang disajikan dapat memotivasi siswa untuk menggali informasi lebih lanjut 2. Materi difraksi cahaya yang disajikan dapat memotivasi siswa untuk menggali informasi lebih lanjut	5	Semua item terpenuhi dan lengkap
			4	Hanya 2 item yang terpenuhi dan lengkap
			3	Hanya 2 item yang terpenuhi tetapi kurang lengkap
			2	Hanya 1 item yang terpenuhi dan lengkap
			1	Tidak ada item yang terpenuhi
13	Penyajian materi variatif	1. Penyajian materi pertama variatif 2. Penyajian materi ke- 2 variatif	5	Semua item terpenuhi
			4	2 materi ada tetapi tidak terpenuhi
			3	Hanya 1 item yang terpenuhi
			2	1 materi ada tetapi tidak terpenuhi
			1	Tidak ada materi yang terpenuhi
14	Penyajian materi komunikatif	1. Penyajian materi pertama komunikatif 2. Penyajian materi ke- 2 komunikatif	5	Semua item terpenuhi
			4	2 materi ada tetapi tidak terpenuhi
			3	Hanya 1 item yang terpenuhi

			2	1 materi ada tetapi tidak terpenuhi
			1	Tidak ada yang terpenuhi.
15	Penyajian materi dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penyajian materi 1 dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri 2. Penyajian materi 2 dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri 3. Penyajian panduan Tracker dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri 	5	Semua item terpenuhi dan lengkap
			4	Hanya 2 item yang terpenuhi dan lengkap
			3	Hanya 2 item yang terpenuhi, tetapi kurang lengkap.
			2	Hanya 1 item terpenuhi
			1	Tidak ada item yang terpenuhi
16	Penyajian gambar foto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terdapat semua penyajian gambar foto pada materi interferensi celah ganda Young 2. Terdapat semua penyajian gambar foto pada materi difraksi Cahaya 3. Terdapat semua penyajian gambar foto pada panduan penggunaan tracker 	5	Semua item terpenuhi dan jelas
			4	Hanya 2 item yang terpenuhi dan jelas
			3	Ada 2 item yang terpenuhi, tetapi kurang jelas
			2	Hanya 1 item yang terpenuhi
			1	Tidak ada item yang terpenuhi
17	Penyajian daftar pustaka	Daftar pustaka ditulis dengan aturan yang benar dan rapi	5	Semua daftar pustaka ditulis dengan rapi dan aturan yang benar
			4	Daftar pustaka ditulis rapi tetapi tidak sesuai aturan.
			3	Daftar pustaka ditulis tidak rapi tetapi sesuai dengan

				aturan
			2	Daftar isi tidak rapi dan tidak sesuai aturan
			1	.Tidak ada daftar pustaka
18	Penyajian daftar isi	-Daftar isi ditulis dengan rapi -Daftar isi sesuai dengan isi modul	5	Semua daftar isi ditulis dengan rapi dan sesuai
			4	Daftar isi ditulis rapi tetapi tidak sesuai isi modul
			3	Daftar isi ditulis tidak rapi tetapi sesuai dengan isi modul
			2	Daftar isi tidak rapi dan tidak sesuai
			1	Tidak ada daftar isi

Komponen Kelayakan Kebahasaan				
No	Indikator penilaian	Kriteria	Alternatif Pilihan	Kategori penilaian
19	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya kemampuan berpikir	Memenuhi kriteria: <ol style="list-style-type: none"> Mengandung unsur kata atau kalimat untuk menganalisis informasi yang masuk dan membagi-bagi atau menstruktur informasi ke dalam bagian yang lebih kecil untuk mengenali pola atau hubungannya dengan makna tersirat atau tidak tersirat Mengandung unsur kata atau kalimat untuk mengenali serta membedakan faktor penyebab dan akibat dari sebuah skenario dengan makna tersirat atau tidak 	5	Semua kriteria terpenuhi
			4	Hanya 2 kriteria yang terpenuhi dan lengkap
			3	Hanya 2 kriteria yang terpenuhi tetapi tidak lengkap
			2	Hanya ada 1 kriteria terpenuhi

		tersirat 3. Mengandung unsur kata atau kalimat untuk mengidentifikasi/ merumuskan pertanyaan dengan makna tersirat atau tidak tersirat	1	Tidak ada kriteria yang terpenuhi
20	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya teknologi yang digunakan dalam analisis data	Memenuhi kriteria: 1. Mengandung unsur kata atau kalimat untuk membuat generalisasi suatu ide atau cara pandang terhadap sesuatu dengan makna tersirat atau tidak tersirat 2. Mengandung unsur kata atau kalimat untuk merancang suatu cara untuk menyelesaikan masalah dengan makna tersirat atau tidak tersirat 3. Mengandung unsur kata atau kalimat untuk mengorganisasikan bagian-bagian menjadi struktur baru dengan makna tersirat atau tidak tersirat	5	Semua kriteria terpenuhi
			4	Hanya 2 kriteria yang terpenuhi dan lengkap
			3	Hanya 2 kriteria yang terpenuhi tetapi tidak lengkap
			2	Hanya ada 1 kriteria terpenuhi
			1	Tidak ada kriteria yang terpenuhi
21	Penggunaan bahasa dapat memudahkan peserta didik memahami materi	Memenuhi kriteria: · Penggunaan bahasa pada bagian materi pertama dalam modul yang memudahkan peserta didik untuk memahami materi · Penggunaan bahasa pada bagian materi ke 2 dalam modul yang memudahkan peserta didik untuk memahami materi · Penggunaan bahasa pada bagian panduan penggunaan Tracker dalam modul yang memudahkan peserta didik untuk memahami materi	5	Semua kriteria terpenuhi
			4	Hanya 2 kriteria yang terpenuhi dan lengkap
			3	Hanya 2 kriteria yang terpenuhi tetapi tidak lengkap
			2	Hanya ada 1 kriteria terpenuhi
			1	Tidak ada kriteria yang terpenuhi
22	Konsistensi penggunaan istilah dan penggunaan	Memenuhi kriteria: 1. Konsisten dari awal sampai akhir 2. Tidak ada salah ketik	5	konsistensi penggunaan istilah dan simbol pada modul memenuhi 3 kriteria dan lengkap

	simbol/ lambang	3. Istilah dan simbol tepat	4	konsistensi penggunaan istilah dan simbol pada modul hanya memenuhi 2 kriteria dan lengkap
			3	konsistensi penggunaan istilah dan simbol pada modul hanya memenuhi 2 kriteria tetapi kurang tepat
			2	konsistensi penggunaan istilah dan simbol pada modul memenuhi 1 kriteria
			1	Tidak ada kriteria yang terpenuhi

Kelayakan Kegrifisan				
23	Tipografi (tata huruf) pada cover buku	Memenuhi kriteria: 1. Ukuran proporsional 2. Warna kontras 3. Tipe huruf jelas	5	Tipografi (tata huruf) pada cover memenuhi 3 Kriteria
			4	Tipografi (tata huruf) pada cover memenuhi 2 Kriteria
			3	Tipografi (tata huruf) pada cover memenuhi 1 Kriteria
			2	Tipografi (tata huruf) pada cover tidak memenuhi Kriteria
			1	Tidak ada cover
24	Tipografi (tata huruf) pada isi	Memenuhi kriteria: 1. Spasi antar baris jelas	5	Tipografi (tata huruf) pada isi buku memenuhi 3 Kriteria

	buku	<ol style="list-style-type: none"> 2. Urutan judul jelas 3. Ukuran Proporsional 	<table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>Tipografi (tata huruf) pada isi buku memenuhi 2 Kriteria dan jelas</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Tipografi (tata huruf) pada isi buku memenuhi 2 Kriteria tetapi tidak jelas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Tipografi (tata huruf) pada isi buku hanya memenuhi 1 Kriteria</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Tipografi (tata huruf) pada isi buku tidak memenuhi Kriteria</td> </tr> </table>	4	Tipografi (tata huruf) pada isi buku memenuhi 2 Kriteria dan jelas	3	Tipografi (tata huruf) pada isi buku memenuhi 2 Kriteria tetapi tidak jelas	2	Tipografi (tata huruf) pada isi buku hanya memenuhi 1 Kriteria	1	Tipografi (tata huruf) pada isi buku tidak memenuhi Kriteria		
4	Tipografi (tata huruf) pada isi buku memenuhi 2 Kriteria dan jelas												
3	Tipografi (tata huruf) pada isi buku memenuhi 2 Kriteria tetapi tidak jelas												
2	Tipografi (tata huruf) pada isi buku hanya memenuhi 1 Kriteria												
1	Tipografi (tata huruf) pada isi buku tidak memenuhi Kriteria												
25	Tata letak isi modul praktikum yang baik	<p>Memenuhi kriteria:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemisahan antar paragraf jelas 2. Penempatan judul bab seragam 3. Unsur tata letak konsisten berdasarkan pola 	<table border="1"> <tr> <td>5</td> <td>Tata letak isi modul praktikum memenuhi 3 kriteria dan jelas</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Tata letak isi modul praktikum memenuhi 2 kriteria dan jelas</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Tata letak isi modul praktikum memenuhi 2 kriteria, tetapi kurang jelas.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Tata letak isi modul praktikum memenuhi 1 kriteria.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Tata letak isi modul praktikum tidak memenuhi kriteria</td> </tr> </table>	5	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 3 kriteria dan jelas	4	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 2 kriteria dan jelas	3	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 2 kriteria, tetapi kurang jelas.	2	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 1 kriteria.	1	Tata letak isi modul praktikum tidak memenuhi kriteria
5	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 3 kriteria dan jelas												
4	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 2 kriteria dan jelas												
3	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 2 kriteria, tetapi kurang jelas.												
2	Tata letak isi modul praktikum memenuhi 1 kriteria.												
1	Tata letak isi modul praktikum tidak memenuhi kriteria												
26	Unsur tata letak runtut dan	<p>Memenuhi kriteria:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Margin</i> proporsional 	<table border="1"> <tr> <td>5</td> <td>Unsur tata letak memenuhi 3 kriteria dan sesuai</td> </tr> </table>	5	Unsur tata letak memenuhi 3 kriteria dan sesuai								
5	Unsur tata letak memenuhi 3 kriteria dan sesuai												

	sistematis	<ol style="list-style-type: none"> 2. Spasi antar teks dan ilustrasi sesuai 3. Kesesuaian ukuran ilustrasi/gambar dengan teks 	<ol style="list-style-type: none"> 4 3 2 1 	<p>Unsur tata letak memenuhi 2 kriteria dan sesuai</p> <p>Unsur tata letak memenuhi 2 kriteria tetapi, kurang sesuai</p> <p>Unsur tata letak memenuhi 1 kriteria</p> <p>Unsur tata letak tidak memenuhi kriteria</p>
27	Penempatan dan penampilan tata letak judul, sub bab judul, ilustrasi yang tepat	<p>Memenuhi kriteria:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penempatan judul dan sub bab sesuai 2. Penempatan ilustrasi tepat 3. Keseimbangan tata letak antara teks dengan ilustrasi baik 	<ol style="list-style-type: none"> 5 4 3 2 1 	<p>Penempatan dan penampilan tata letak judul, sub bab judul, ilustrasi memenuhi 3 kriteria</p> <p>Penempatan dan penampilan tata letak judul, sub bab judul, ilustrasi memenuhi 2 kriteria dan sesuai</p> <p>Penempatan dan penampilan tata letak judul, sub bab judul, ilustrasi memenuhi 2 kriteria tetapi kurang sesuai</p> <p>Penempatan dan penampilan tata letak judul, sub bab judul, ilustrasi memenuhi 1 kriteria</p> <p>Penempatan dan penampilan tata letak judul, sub bab judul, ilustrasi tidak memenuhi kriteria</p>
28	Tata letak hiasan/ilustrasi	<p>Memenuhi kriteria:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hiasan tidak mengganggu judul 	<ol style="list-style-type: none"> 5 	<p>Tata letak hiasan/ilustrasi memenuhi 3 kriteria</p>

	yang tepat	<ul style="list-style-type: none"> 2. Penempatan ilustrasi tidak mengganggu pemahaman 3. Sub judul tidak mengganggu teks 	4	Tata letak hiasan/ilustrasi memenuhi 2 kriteria dan tepat
			3	Tata letak hiasan/ilustrasi memenuhi 2 kriteria tetapi kurang tepat
			2	Tata letak hiasan/ilustrasi memenuhi 1 kriteria
			1	Tata letak hiasan/ilustrasi tidak memenuhi kriteria
29	Ilustasi memperjelas dan mempermudah pemahaman konsep	<p>Memenuhi kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Ilustrasi kontekstual 2. Skala ilustrasi sesuai dg kenyataan 3. Ilustrasi jelas 	5	memenuhi 3 kriteria
			4	memenuhi 2 kriteria
			3	memenuhi 1 kriteria
			2	tidak memenuhi kriteria
			1	Tidak ada ilustrasi.
30	Ilustrasi isi menimbulkan daya tarik	<p>Memenuhi kriteria:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Ilustrasi kreatif 2. Ilustrasi serasi 3. Ilustrasi unik 	5	memenuhi 3 kriteria
			4	memenuhi 2 kriteria
			3	memenuhi 1 kriteria
			2	tidak memenuhi kriteria
			1	Tidak ada ilustrasi

Lampiran7 Daftar Validasi Ahli

No.	Nama Validator	Instansi
1.	Dr. Suharto Linuwih, M.Si.	Dosen Fisika, UNNES
2.	Ponisih, S.Pd.	Guru Fisika SMA Negeri 1 Patikraja, Banyumas

Lampiran 8 Lembar Hasil Validasi Ahli

Lampiran 2 Lembar Uji Kelayakan

**LEMBAR UJI KELAYAKAN
MODUL PRAKTIKUM DIFRAKSI CAHAYA DENGAN ANALISIS
BERBANTUAN TRACKER**

Judul Penelitian : Pengembangan Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis Tracker
Materi Pokok : Difraksi Cahaya
Sasaran Program : Mahasiswa Jurusan Fisika
Peneliti : Diah Ayu Istiqomah
Validator : Dr. Suharto Ginuwih, M. Si.

Petunjuk pengisian !

1. Lembar uji kelayakan digunakan untuk mendapatkan informasi dari Bapak/Ibu terkait kualitas modul pembelajaran yang telah dikembangkan.
2. Lembar uji kelayakan ini meliputi komponen kelayakan isi, komponen kelayakan penyajian, komponen kelayakan kebahasaan, komponen kelayakan kegrafisan.
3. Bapak/Ibu dapat memberikan tanda “√” untuk menyatakan setiap pendapat pada kolom nilai yang tersedia.
4. Atas kesediaan Bapak/ Ibu, saya ucapkan terimakasih.

A. KOMPONEN KELAYAKAN ISI

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
1	Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar					√
2	Kebenaran konsep					√
3	Kesesuaian contoh yang digunakan dalam materi				√	
4	Koherensi dan keruntutan alur pikir				√	
5	Materi mudah dipahami				√	
6	Menumbuhkan kemampuan berpikir					√
7	Menumbuhkan kemampuan dalam penggunaan teknologi yaitu berupa analisis					√

berbasis Software Tracker

B. KOMPONEN KELAYAKAN PENYAJIAN

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
8	Penyajian materi secara sistematis					✓
9	Penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan				✓	
10	Penyajian materi <i>familiar</i> (tidak asing) dengan peserta didik				✓	
11	Penyajian materi dilengkapi dengan gambar					✓
12	Penyajian materi dapat menuntun siswa menggali informasi					✓
13	Penyajian materi variatif				✓	
14	Penyajian materi komunikatif				✓	
15	Penyajian materi dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri					✓
16	Penyajian gambar foto				✓	
17	Penyajian daftar pustaka				✓	
18	Penyajian daftar isi				✓	✓

C. KOMPONEN KEBAHASAAN

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
19	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya kemampuan berpikir					✓
20	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya teknologi yang digunakan dalam analisis data				✓	
21	Penggunaan bahasa dapat memudahkan peserta didik memahami materi					✓
22	Konsistensi penggunaan istilah dan penggunaan simbol/ lambang				✓	

D. KOMPONEN KELAYAKAN KEGRAFISAN

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian				
		1	2	3	4	5
23	Tipografi (tata huruf) pada cover buku				✓	
24	Tipografi (tata huruf) pada isi buku				✓	
25	Tata letak isi modul yang baik				✓	
26	Unsur tata letak runtut dan sistematis					✓
27	Penempatan dan penampilan tata letak memuat judul, sub bab judul, ilustrasi.				✓	
28	Tata letak hiasan/ilustrasi yang tepat				✓	

29	Ilustrasi memperjelas dan mempermudah pemahaman konsep				✓	
30	Ilustrasi isi menimbulkan daya tarik					✓

Komentar dan Saran

- Bagian kotak pada gambar grafik dihilangkan

- Bedakan cover modul dan panduan

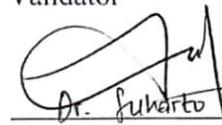
Modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis *Tracker* tersebut dinyatakan *) :

1. Layak digunakan dalam pembelajaran tanpa revisi
2. Layak digunakan dalam pembelajaran dengan revisi
3. Tidak layak digunakan

*) pilih salah satu

Semarang, 8 Juli 2020

Validator


 Dr. Suharto Cijuwih, M.Si.
 NIP. 196807141996031005

Angket Kelayakan Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis Tracker

1. Lembar uji kelayakan digunakan untuk mendapatkan informasi dari Bapak/Ibu terkait kualitas modul praktikum yang telah dikembangkan.
2. Lembar uji kelayakan ini meliputi komponen kelayakan isi, komponen kelayakan penyajian, komponen kelayakan kebahasaan, komponen kelayakan kegrafisan.
3. Bapak/Ibu dapat mengklik untuk menyatakan setiap pendapat pada kolom nilai yang tersedia.
4. Atas kesediaan Bapak/ Ibu, saya ucapkan terimakasih

* Required

Email address *

pinisihps@gmail.com

Nama *

Dr. Suharto Linuwih, M.Si.

Ponisih, S.Pd

A. KOMPONEN KELAYAKAN ISI

Kesesuaian materi dengan kompetensi dasar *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Kebenaran konsep *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Kesesuaian contoh yang digunakan dalam materi *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Koherensi dan keruntutan alur pikir *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Materi mudah dipahami *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Menumbuhkan kemampuan berpikir *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Menumbuhkan kemampuan dalam penggunaan teknologi yaitu berupa analisis berbasis Software Tracker *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

B. KOMPONEN KELAYAKAN PENYAJIAN

Penyajian materi secara sistematis *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Penyajian materi familiar (tidak asing) dengan peserta didik *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penyajian materi dilengkapi dengan gambar *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Penyajian materi dapat menuntun siswa menggali informasi *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Penyajian materi variatif *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penyajian materi komunikatif *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penyajian materi dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penyajian gambar foto *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penyajian daftar pustaka *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Ac
Go

Penyajian daftar isi *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

C. KOMPONEN KEBAHASAAN

Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya kemampuan berpikir *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya teknologi yang digunakan dalam analisis data *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penggunaan bahasa dapat memudahkan peserta didik memahami materi *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Konsistensi penggunaan istilah dan penggunaan simbol/ lambang *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Ac
Go

D. KOMPONEN KELAYAKAN KEGRAFISAN

Tipografi (tata huruf) pada cover buku *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Tipografi (tata huruf) pada isi buku *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Tata letak isi modul yang baik *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Unsur tata letak runtut dan sistematis *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Penempatan dan penampilan tata letak memuat judul, sub bab judul, ilustrasi. *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SB

Tata letak hiasan/ilustrasi yang tepat *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Ilustrasi memperjelas dan mempermudah pemahaman konsep *

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Ilustrasi isi menimbulkan daya tarik

	1	2	3	4	5	
STB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SB

Modul praktikum difraksi cahaya berbasis analisis Tracker tersebut dinyatakan *

- Layak digunakan, tanpa revisi
- Layak digunakan, dengan revisi
- Tidak layak digunakan

Komentar dan saran *

1. untuk vidio mungkin bisa disertai penjelasan.
2. tujuan pembelajaran no 2, mungkin di awal kalimat ditambah dg " melaksanakan percobaan untuk ..."
3. simpulan belum ada

Submitted 7/12/20, 6:28 PM

Lampiran 9 Tabulasi Data Uji Kelayakan ahli

A. KOMPONEN KELAYAKAN ISI					
No.	Indikator Penilaian	Validator		Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2		
1	Kesesuaian materi dengan kompetensi Dasar	5	4	4.5	5
2	Kebenaran Konsep	5	5	5	5
3	Kesesuaian contoh yang digunakan dalam materi	4	4	4	5
4.	Koherensi dan keruntutan alur piker	4	5	4.5	5
5.	Materi mudah dipahami	4	4	4	5
6.	Menumbuhkan kemampuan berpikir	5	4	4.5	5
7.	Menumbuhkan kemampuan dalam penggunaan teknologi yaitu berupa analisis berbasis <i>Software Tracker</i>	5	5	5	5
B. KOMPONEN KELAYAKAN PENYAJIAN					
No.	Indikator Penilaian	Validator		Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2		
8.	Penyajian materi secara sistematis	5	5	5	5
9.	Penyajian materi menimbulkan suasana menyenangkan.	4	5	4.5	5

10.	Penyajian materi <i>familiar</i> (tidak asing) dengan peserta didik.	4	4	4	5
11.	Penyajian materi dilengkapi dengan gambar	5	5	5	5
12.	Penyajian materi dapat menuntun siswa menggali informasi.	5	5	5	5
13.	Penyajian materi variatif	4	4	4	5
14.	Penyajian materi komunikatif	4	4	4	5
15.	Penyajian materi dapat dipergunakan peserta didik untuk belajar secara mandiri.	5	4	4.5	5
16.	Penyajian gambar foto.	4	4	4	5
17.	Penyajian daftar pustaka	4	4	4	5
18.	Penyajian daftar isi	5	5	5	5

C. KOMPONEN KEBAHASAAN

No.	Indikator Penilaian	Validator		Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2		
19.	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya kemampuan berpikir	5	4	4.5	5
20.	Penggunaan bahasa dapat mencirikan adanya teknologi yang digunakan dalam analisis data.	4	4	4	5
21.	Penggunaan bahasa dapat memudahkan peserta didik memahami materi.	5	5	5	5
22.	Konsistensi penggunaan istilah dan penggunaan simbol/lambang	4	5	4.5	5

D. KOMPONEN KELAYAKAN KEGRAFISAN					
No.	Indikator Penilaian.	Validator		Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2		
23.	Tipografi (tata huruf) pada cover	4	4	4	5
24.	Tipografi (tata huruf) pada isi buku	4	5	4.5	5
25.	Tata letak isi modul yang baik	4	4	4	5
26.	Unsur tata letak runtut dan sistematis.	5	4	4.5	5
27.	Penempatan dan penampilan tata letak memuat judul, sub bab judul, ilustrasi.	4	5	4.5	5
28.	Tata letak hiasan/ilustrasi yang tepat	4	4	4	5
29.	Ilustrasi memperjelas dan mempermudah pemahaman konsep.	4	4	4	5
30.	Ilustrasi menimbulkan daya Tarik	5	4	4.5	5
Total				132,5	150
Persentase				88%	

Lampiran 10 Kisi-Kisi Angket

Kisi-Kisi Respon Peserta Didik terhadap Modul

No	Indukator/Aspek Penilaian	Jumlah Pernyataan	Nomor Indikator
1	Prosedur dan langkah-langkah kerja mudah dipahami	3	1, 2, 3
2	Prosedur dan langkah-langkah kerja disajikan secara sistematis dan runtut	4	4,5,6,7
3	Materi yang disajikan dalam modul mudah dipahami	3	8,9,10
4	Materi yang disampaikan dalam modul sudah lengkap	2	11,12
5	Kalimat yang digunakan dalam modul mudah dipahami	3	13,14,15
6	Gambar dalam modul sesuai dengan materi	2	16,17
7	Gambar yang disajikan dalam modul jelas dan berwarna	3	18,19,20
8	Keterangan gambar sesuai dengan gambar yang dijelaskan	2	21,22
9	Huruf yang digunakan dalam modul mudah dibaca	3	23,24
10	Soal evaluasi dalam modul mudah dimengerti	3	25,26,27

Lampiran 11 Angket Respon Terhadap Modul

**Angket Respon Peserta Didik terhadap Modul Praktikum Difraksi Cahaya
Berbasis Analisis Tracker**

Nama :

NIM :

Berilah tanda (√) pada kolom yang sesuai dengan jawaban anda

5 : Sangat Setuju**4: Setuju****3: Cukup****2 : Tidak Setuju****1 : Sangat Tidak Setuju**

No.	Pernyataan	1	2	3	4	5
1	Saya paham dengan prosedur yang disajikan dalam modul praktikum tersebut					
2	Saya paham dengan langkah kerja yang disajikan dalam modul praktikum tersebut.					
3	Prosedur dan langkah kerja mudah untuk saya ikuti					
4	Prosedur yang disajikan pada modul yaitu secara runtut					
5	Prosedur yang disajikan pada modul yaitu secara sistematis					
6	Langka-langkah kerja yang disajikan pada modul yaitu secara runtut.					
7	Langkah kerja yang disajikan pada modul yaitu secara sistematis.					
8	Saya paham dengan materi yang disajikan pada modul					
9	Pokok bahasan yang dijelaskan dalam modul menarik dan mudah untuk saya pelajari					
10	Materi yang disajikan sudah saya ketahui.					
11	Menurut saya materi yang disampaikan pada modul sudah lengkap					
12	Menurut saya materi yang disajikan pada modul sudah sesuai					

	dengan kompetensi dasar					
13	Saya paham dengan kalimat yang digunakan dalam modul					
14	Bahasa yang digunakan dalam penyajian modul sudah sesuai dengan penggunaan bahasa Indonesia yang baik dan benar					
15	Kalimat yang digunakan efektif					
16	Gambar yang disajikan sesuai dengan materi, sehingga saya lebih paham					
17	Dengan adanya gambar dalam materi membuat saya lebih tertarik untuk mempelajari modul tersebut.					
18	Gambar yang disajikan dalam modul sangat jelas					
19	Gambar yang disajikan dalam modul berwarna					
20	Gambar yang disajikan membuat saya tertarik untuk memahaminya.					
21	Keterangan gambar terhadap gambar yang disajikan sangat jelas sehingga mudah dipahami					
22	Ukuran huruf dan jenis huruf yang digunakan sesuai sehingga mudah untuk saya baca					
23	Tata letak huruf yang digunakan sudah sesuai ,sehingga saya mudah membacanya.					
24	Ejaan huruf yang digunakan dalam modul sudah tepat					
25	Saya paham apa yang dimaksudkan dalam soal evaluasi pada modul					
26	Soal evaluasi yang disajikan sangat jelas dan mudah dimengerti					
27	Soal evaluasi yang disajikan sudah runtut					

Lampiran 12 Daftar Nama Responden

No.	Nama Mahasiswa	NIM
1.	Wiyani	4201417029
2.	Afifah Putri Yasminia	4201418013
3.	Dwi Ragil Prasetyo	4211417030
4.	Nurul Adima Auliya' u Rofi'ah	4201417020
5.	Izal Nur Widagdo	4201417019
6.	Febrianti Dian Pramono	4211417012
7.	Fathimah	4201418029
8.	Ecyclovira Rizki Aini	4201417021
9.	Ananda Amelia Putri	4211417028
10	Rizanti Amalia	4201417013

Lampiran 13 Lembar Hasil Tanggapan Mahasiswa

Angket Respon Modul Praktikum Difraksi Cahaya Berbasis Analisis Tracker

Silahkan mengeklik pada kolom yang sesuai dengan jawaban anda
 5 : Sangat Setuju (SS)
 4: Setuju (S)
 3: Cukup(C)
 2 : Tidak Setuju (TS)
 1 : Sangat Tidak Setuju (STS)

*** Required**

Nama Lengkap *
 Wiyani

NIM *
 4201417029

Saya paham dengan prosedur yang disajikan dalam modul praktikum tersebut *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Saya paham dengan langkah kerja yang disajikan dalam modul praktikum tersebut. *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Prosedur dan langkah kerja mudah untuk saya ikuti *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Prosedur yang disajikan pada modul yaitu secara runtut *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Prosedur yang disajikan pada modul yaitu secara sistematis *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Langka-langkah kerja yang disajikan pada modul yaitu secara runtut. *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Langkah kerja yang disajikan pada modul yaitu secara sistematis. *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Saya paham dengan materi yang disajikan pada modul *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Pokok bahasan yang dijelaskan dalam modul menarik dan mudah untuk saya pelajari *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Materi yang disajikan sudah saya ketahui. *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Menurut saya materi yang disampaikan pada modul sudah lengkap *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Menurut saya materi yang disajikan pada modul sudah sesuai dengan kompetensi dasar *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Saya paham dengan kalimat yang digunakan dalam modul *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Bahasa yang digunakan dalam penyajian modul sudah sesuai dengan penggunaan bahasa Indonesia yang baik dan benar *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Kalimat yang digunakan efektif *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Gambar yang disajikan sesuai dengan materi, sehingga saya lebih paham *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Dengan adanya gambar dalam materi membuat saya lebih tertarik untuk mempelajari modul tersebut. *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Gambar yang disajikan dalam modul sangat jelas *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Gambar yang disajikan dalam modul berwarna *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	SS

Gambar yang disajikan membuat saya tertarik untuk memahaminya *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Keterangan gambar terhadap gambar yang disajikan sangat jelas sehingga mudah dipahami *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Ukuran huruf dan jenis huruf yang digunakan sesuai sehingga mudah untuk saya baca *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Tata letak huruf yang digunakan sudah sesuai ,sehingga saya mudah membacanya. *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Ejaan huruf yang digunakan dalam modul sudah tepat *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Saya paham apa yang dimaksudkan dalam soal evaluasi pada modul *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Soal evaluasi yang disajikan sangat jelas dan mudah dimengerti *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Soal evaluasi yang disajikan sudah runtut *

	1	2	3	4	5	
STS	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	SS

Komentar *

Sudah baik, perlu diperhatikan hiasan yang ada agar tidak tumpang tindih dengan tulisan

Submitted 7/19/20, 11:10 PM

Lampiran 14 Tabulasi Data Hasil Respon Responden

1) Prosedur dan langkah Mudah Dipahami													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Saya Paham dengan prosedur yang disajikan dalam modul praktikum	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4,3	5
2	Saya paham dengan langkah kerja yang disajikan dalam modul praktikum tersebut	5	5	4	5	4	4	5	4	4	4	4,4	5
3	Prosedur dan langkah kerja mudah untuk saya ikuti	4	5	3	5	4	4	5	3	4	3	4	5
2) Prosedur dan Langkah Kerja Disajikan Secara Runtut dan Sistematis													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4	Prosedur yang disajikan pada modul yaitu secara runtut	5	5	4	5	5	4	5	3	5	3	4,4	5
5	Prosedur yang disajikan pada modul yaitu secara sistematis	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4,5	5
6	Langkah kerja yang disajikan dalam modul yaitu secara runtut	5	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4,5	5
7	Langkah kerja yang disajikan pada modul yaitu secara sistematis	5	5	5	5	5	4	4	4	5	3	4,5	5
3) Materi yang Disajikan pada Modul Mudah Dipahami.													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
8	Saya paham dengan materi yang	4	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4,4	5

	disajikan dalam modul												
9	Pokok bahasan yang dijelaskan dalam modul menarik dan mudah untuk saya pelajari	4	5	4	5	3	4	5	3	4	5	4,2	5
10	Materi yang disajikan sudah saya ketahui	4	5	4	5	4	4	5	5	4	3	4,3	5

4) Materi yang Disampaikan dalam Modul Sudah Lengkap

No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
11	Menurut saya materi yang disampaikan pada modul sudah lengkap.	5	5	4	5	3	4	5	5	4	4	4,4	5
12	Menurut saya materi yang disajikan modul sudah sesuai dengan kompetensi dasar.	4	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4,5	5

5) Kalimat yang Digunakan dalam Modul Mudah Dipahami

No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
13	Saya paham dengan kalimat yang digunakan dalam modul	5	5	4	5	3	4	5	4	4	5	4,4	5
14	Bahasa yang digunakan dalam penyajian modul sudah sesuai dengan penggunaan bahasa Indonesia yang baik dan benar	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4,6	5
15	Kalimat yang digunakan Efektif	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	4,6	5

6) Gambar dalam Modul Sesuai dengan Materi													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
16	Gambar yang disajikan sesuai dengan materi ,sehingga saya lebih paham	5	5	4	5	5	4	5	3	4	4	4,4	5
17	Dengan adanya gambar dalam materi membuat saya lebih tertarik untuk mempelajari modul tersebut	5	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4,7	5
7) Gambar yang Disajikan dalam Modul Jelas dan Bewarna													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
18	Gambar yang disajikan modul sangat jelas	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	4,5	5
19	Gambar yang disajikan modul bewarna	5	5	4	5	5	4	5	3	5	4	4,5	5
20	Gambar yang disajikan membuaat saya lebih tertarik untuk mempelajari modul tersebut	4	5	4	5	5	4	5	3	5	4	4,4	5
8) Keterangan Gambar Sesuai dengan Gambar yang Dijelaskan													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
21	Keterangan gambar terhadap gambar yang disajikan sangat jelas sehingga mudah dipahami	4	5	3	5	4	4	5	4	5	4	4,3	5
22	ukuran huruf dan jenis huruf yang digunakan sesuai sehingga mudah untuk saya baca	4	5	4	5	5	4	5	3	5	4	4,4	5

9) Huruf yang Digunakan dalam Modul Mudah Ddibaca													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Sor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
23	Tata letak huruf yang digunakan sudah sesuai , sehingga saya mudah membacanya.	4	5	4	5	5	4	5	4	5	4	4,5	5
24	Ejaan huruf yang digunakan dalam modul sudah tepat	4	5	4	5	5	4	4	4	5	4	4,4	5
10) Soal Evaluasi dalam Modul Mudah Dipahami													
No.	Pernyataan	Responden										Rerata Skor	Skor Maksimum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25	Saya paham apa yang dimaksudkan dalam soal evaluasi pada modul	4	5	4	4	5	4	5	3	4	4	4,2	5
26	Soal evaluasi yang disajikan sangat jelas dan mudah dimengerti	4	5	4	4	5	4	4	3	4	4	4,1	5
27	Soal evaluasi yang disajikan sudah runtut	4	5	4	5	5	4	5	3	5	3	4,3	5
Total											118,7	135	
Persentase											88%		

Lampiran 15 Dokumentasi



Gambar 1 Alat yang digunakan untuk sumber Monokromatik



Gambar 2 Difraksi cahaya Sumber Monokromatik

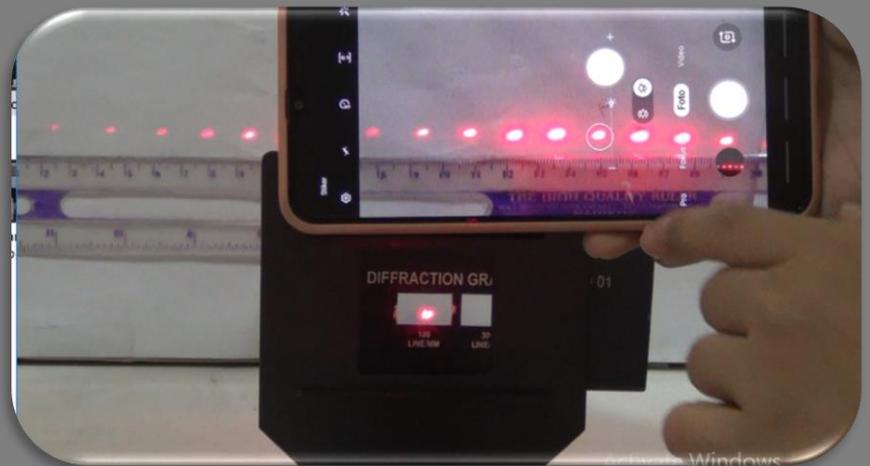


Gambar 3. Alat yang digunakan Sumber Polikromatik



Gambar 4 Difraksi Cahaya sumber Polikromatik pada sumber

MODUL PRAKTIKUM DIFRAKSI CAHAYA



Oleh : Diah Ayu Istiqomah (4201416010)

Pembimbing : Drs. Ngurah Made D.P,M.Si,Ph.D

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	
Daftar Isi.....	1
I. Kompetensi Dasar.....	2
II. Tujuan Praktikum.....	2
III. Dasar Teori.....	2
IV. Petunjuk Praktikum.....	9
V. Analisis Data Pengamatan	12
VI. Simpulan	17
VII. Saran	17
Daftar Pustaka	18

I. Kompetensi Dasar

1. Menerapkan konsep dan prinsip gelombang cahaya dalam teknologi
2. Melakukan percobaan tentang gelombang cahaya ,berikut presentasi hasil percobaan dan makna fisisnya misalnya kisi difraksi.

II. Tujuan Praktikum

Melaksanakan percobaan untuk:

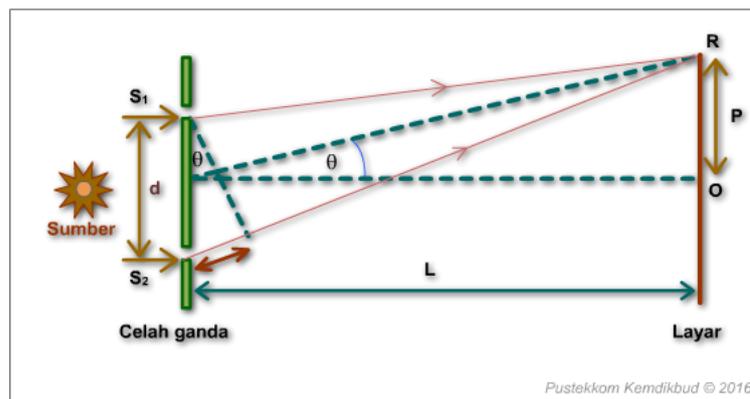
1. Memahami proses fenomena difraksi cahaya melalui kisi difraksi.
2. Menentukan panjang gelombang untuk sumber cahaya monokromatik dan masing-masing warna yang dihasilkan dari sumber cahaya polikromatik dalam fenomena difraksi cahaya.

III. Landasan Teori

3.1. Interferensi

3.1.1. Interferensi Celah Ganda

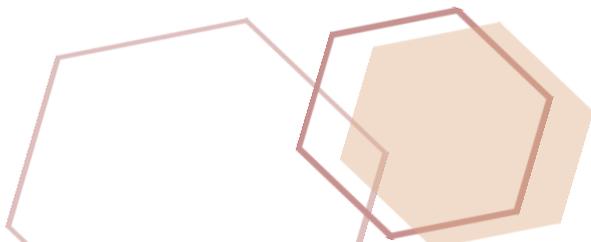
Interferensi adalah penjumlahan superposisi dari dua gelombang cahaya atau lebih yang koheren (memiliki beda fase, frekuensi dan amplitudo sama) dan menimbulkan pola gelombang yang baru. Interferensi dapat bersifat membangun/saling menguatkan (konstruktif) dan merusak/saling melemahkan (destruktif). Percobaan interferensi dilakukan oleh Thomas Young, seorang ahli fisika membuat dua sumber cahaya koheren dari satu sumber cahaya monokromatik yang dilewatkan melalui dua buah celah sempit.



Gambar 1. Skema Percobaan Interferensi Celah Ganda Young

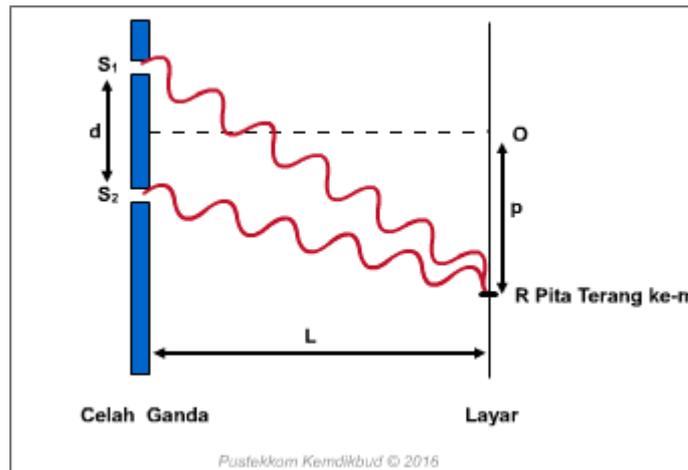
Interferensi maksimum atau minimum dapat terjadi karena panjang lintasan yang ditempuh gelombang S_1 tidak sama dengan gelombang S_2 , kedua gelombang tersebut memiliki beda lintasan sebesar :

$$\Delta s = d \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$



3.1.2. Interferensi Maksimum pada Percobaan Young

Interferensi maksimum terjadi bila kedua gelombang yang keluar dari celah bertemu pada suatu titik memiliki beda fase yang sama atau beda lintasan yang ditempuh kedua gelombang merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombang ($\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$) seperti yang diperlihatkan oleh gambar berikut.



Gambar 2 Superposisi Dua Gelombang yang menghasilkan Interferensi Maksimum (Konstruktif)

$$\Delta s = m\lambda \dots \dots \dots (2)$$

Sehingga dari persamaan (2) dan (3), Interferensi maksimum dapat dirumuskan:

$$d \sin \theta = m\lambda \dots \dots \dots (3)$$

Untuk sudut θ yang kecil, berlaku nilai $\sin \theta \approx \tan \theta = p/L$ (dalam satuan radian).

$$\frac{dp}{L} = m\lambda \dots \dots \dots (4)$$

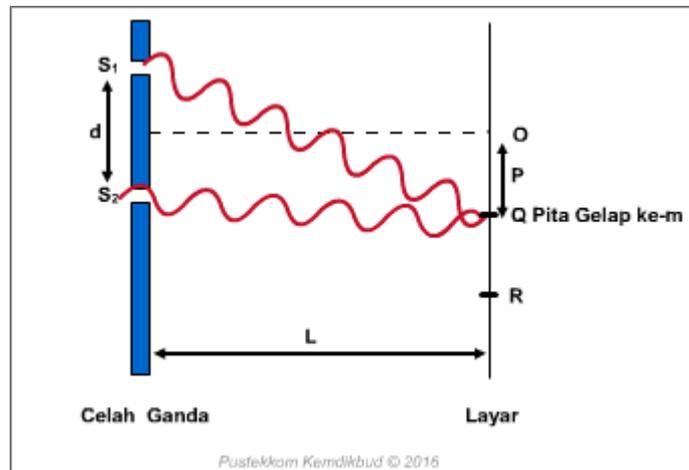
dimana :

- d = jarak antara kedua celah
- p = jarak dari pita terang pusat ke pita terang ke-m
- λ = panjang gelombang
- m = orde interferensi = 1, 2, 3, . . .
- m = 1 untuk pita terang ke-1
- m = 2 untuk pita terang ke-2, dst

3.1.3. Interferensi Minimum pada Percobaan Young

Interferensi minimum terjadi bila kedua gelombang yang keluar dari celah bertemu pada suatu titik memiliki beda fase yang berlawanan atau beda lintasan

yang ditempuh kedua gelombang merupakan kelipatan dari setengah panjang gelombang $\frac{1}{2} \lambda, \frac{3}{2} \lambda, \frac{5}{2} \lambda, \dots$, seperti yang diperlihatkan oleh gambar berikut.



Gambar 3. Superposisi Dua Gelombang yang menghasilkan Interferensi Minimum (Destruktif)

$$\Delta s = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \dots \dots \dots (4)$$

Sehingga dari persamaan (2) dan (4), Interferensi minimum dapat dirumuskan:

$$d \sin \theta = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \dots \dots \dots (5)$$

Untuk sudut θ yang kecil, berlaku nilai $\sin \theta \approx \tan \theta = p/L$ (dalam satuan radian).

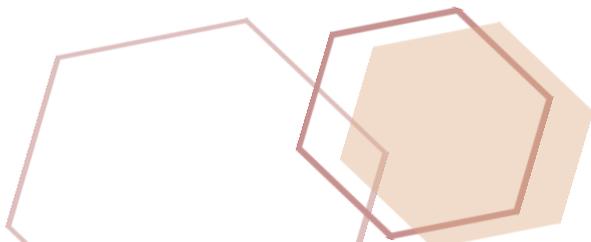
$$\frac{dp}{L} = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda \dots \dots \dots (6)$$

dimana :

- d = jarak antara kedua celah
- p = jarak dari pita terang pusat ke pita gelap ke-m
- λ = panjang gelombang
- m = orde interferensi = 1, 2, 3, . . .
- m = 1 untuk pita gelap ke-1
- m = 2 untuk pita gelap ke-2, dst

Untuk Jarak pita terang/gelap yang berurutan (Δp) dirumuskan dengan:

$$\Delta p = \frac{\lambda L}{d} \dots \dots \dots (7)$$

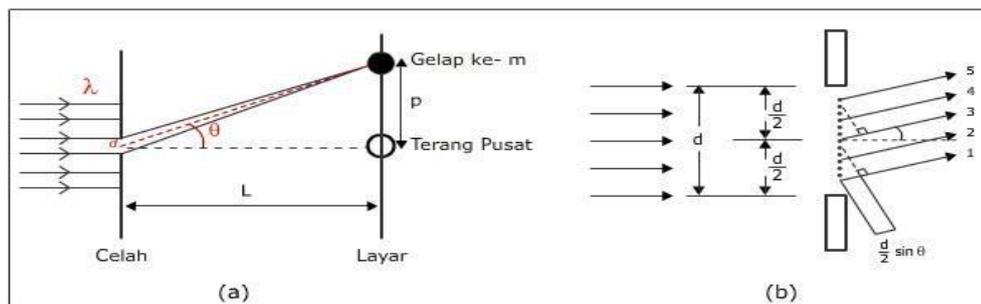


3.2 Difraksi Cahaya

Difraksi merupakan pembelokan gelombang disekitar sudut yang terjadi apabila sebagian muka gelombang dipotong oleh halangan atau rintangan sehingga terbentuk pola gelap terang pada layar. Apabila celah berukuran lebar, difraksi tidak jelas terlihat, tetapi jika celah dipersempit difraksi akan tampak jelas.

3.2.1 Difraksi Celah Tunggal

Pola difraksi yang disebabkan oleh celah tunggal dijelaskan oleh Christian Huygens. Menurut Huygens, tiap bagian celah berfungsi sebagai sumber gelombang sehingga cahaya dari satu bagian celah dapat berinterferensi dengan cahaya dari bagian celah lainnya. Perhatikan Gambar



Pustekkom Kemdikbud © 2016

Gambar 4 Analisis pola terang/gelap pada difraksi celah tunggal; (a) Cahaya monokromatis yang melewati celah sempit menghasilkan pola terang/gelap; (b) Interferensi minimum terjadi jika gelombang 1 dan 3 atau 2 dan 4 memiliki beda lintasan sebesar $d/2 \sin \theta$ dan beda fase kedua gelombang sebesar $\frac{1}{2}$ panjang gelombang.

Interferensi minimum yang menghasilkan garis gelap pada layar akan terjadi jika gelombang 1 dan 3 atau 2 dan 4 berbeda fase $\frac{1}{2}$, atau lintasannya sebesar setengah panjang gelombang. Berdasarkan Gambar tersebut, diperoleh beda lintasan kedua gelombang $(d \sin \theta)/2$.

$$\Delta S = (d \sin \theta)/2 \text{ dan } \Delta S = \frac{1}{2} \lambda, \text{ jadi } d \sin \theta = \lambda$$

Jika celah tunggal itu dibagi menjadi empat bagian, pola interferensi minimumnya menjadi :

$$\Delta S = (d \sin \theta)/4 \text{ dan } \Delta S = \frac{1}{2} \lambda, \text{ jadi } d \sin \theta = 2\lambda$$

Berdasarkan penurunan persamaan di atas maka interferensi minimum (destruktif) yang menghasilkan pita gelap dirumuskan dengan :

$$d \sin \theta = m\lambda \dots\dots\dots(8)$$

dengan:

d : lebar celah

λ : panjang gelombang

m : Orde interferensi (0,1, 2, 3, . . .)

untuk sudut θ yang kecil nilai $\sin \theta \approx \tan \theta$ (dalam satuan radian).

Berdasarkan gambar, $\tan \theta = p/L$. Sehingga persamaan (8) di atas menjadi:

$$\frac{dp}{L} = m\lambda \dots\dots\dots(9)$$

Untuk Jarak pita terang/gelap yang berurutan (Δp) dirumuskan dengan :

$$\Delta p = \frac{\lambda L}{a} \dots\dots\dots(10)$$

dimana :

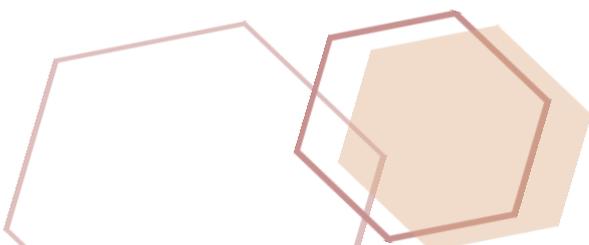
p = jarak dari pita terang pusat ke pita gelap ke-m

Δp = jarak pita terang/gelap yang berurutan

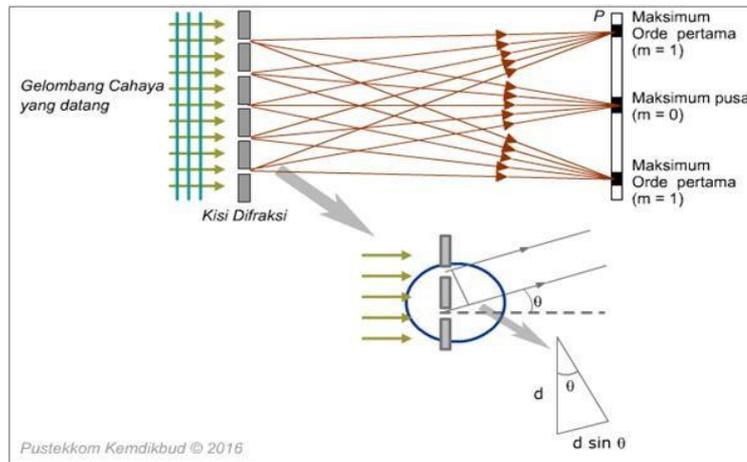
L = jarak dari celah ke layar

3.2.2 Difraksi Kisi

Kisi adalah sebuah susunan dari sejumlah besar celah sejajar yang lebar dan jarak antar celahnya sama. Kisi-kisi dapat dibuat dengan menggunakan sebuah ujung intan untuk menggoreskan banyak alur yang berjarak sama (presisi tinggi) pada sebuah kaca atau permukaan logam. Jika seberkas cahaya monokromatis dilewatkan pada kisi, pola difraksi yang dihasilkan pada layar berupa garis terang dan garis gelap secara bergantian. Pola difraksi yang dihasilkan oleh kisi jauh lebih tajam dibandingkan dengan interferensi celah



ganda. Semakin banyak celah pada sebuah kisi yang memiliki lebar yang sama, semakin tajam pola difraksi yang dihasilkan pada layar.



Gambar 5 Difraksi kisi

Sinar yang masuk melalui celah kisi akan didifraksikan dengan sudut sebesar θ . Sinar akan terkumpul di titik P yang berjarak y dari terang pusat O. Interferensi berdekatan sebesar kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang.

$$\Delta s = d \sin \theta \text{ dan } \Delta s = \lambda, 2\lambda, 3\lambda, \dots$$

Sehingga interferensi maksimum yang terjadi pada kisi difraksi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$d \sin \theta = n\lambda$$

Jika $\theta = \tan^{-1}(Y/L)$ maka :

$$\tan \theta = Y/L$$

$$\sin \theta = \frac{Y}{\sqrt{Y^2+L^2}} \dots \dots \dots (10)$$

Untuk:

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$d \frac{Y}{\sqrt{Y^2+L^2}} = n\lambda \dots \dots \dots (11)$$

Dimana :

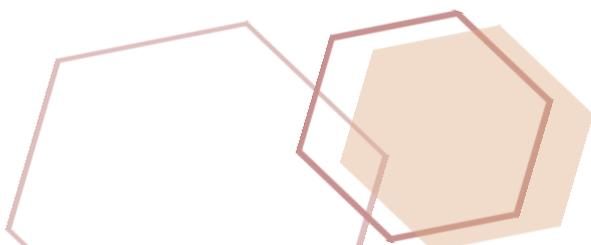
$$d = \frac{1}{N}$$

Untuk garis Gelap Diperoleh:

$$d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda \dots \dots \dots (12)$$

Untuk sudut sangat kecil di peroleh (garis gelap)

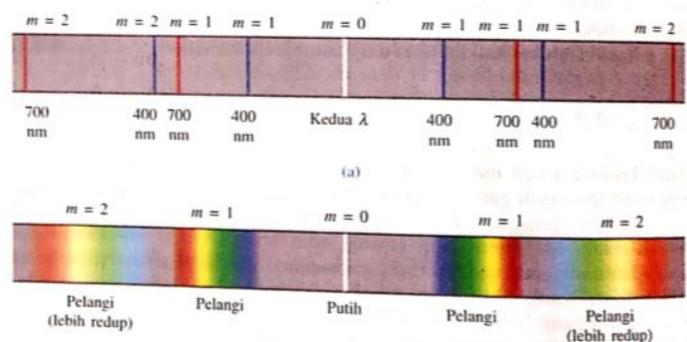
$$\frac{Yd}{L} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda \dots \dots \dots (13)$$



Untuk sudut sangat kecil di peroleh (garis terang)

$$\frac{Yd}{L} = n\lambda \dots \dots \dots (14)$$

Misalkan cahaya yang menimpa kisi difraksi tidak monokromatik, tetapi terdiri dari dua atau lebih panjang gelombang yang berbeda. Maka untuk semua orde selain $m = 0$, setiap panjang gelombang akan menghasilkan maksimum dengan sudut yang berbeda, seperti pada celah ganda. Jika cahaya putih jatuh pada kisi, maksimum tengah ($m = 0$) akan merupakan puncak putih yang tajam. Tetapi untuk semua orde yang lain, akan ada spektrum warna yang jelas yang tersebar melingkupi lebar anguler tertentu. Karena kisi difraksi menyebarkan cahaya menjadi panjang gelombang komponen-komponennya, pola yang dihasilkan disebut spektrum.



Gambar 6 Spektrum yang dihasilkan kisi

IV. Petunjuk Praktikum

1. Alat dan Bahan yang diperlukan :

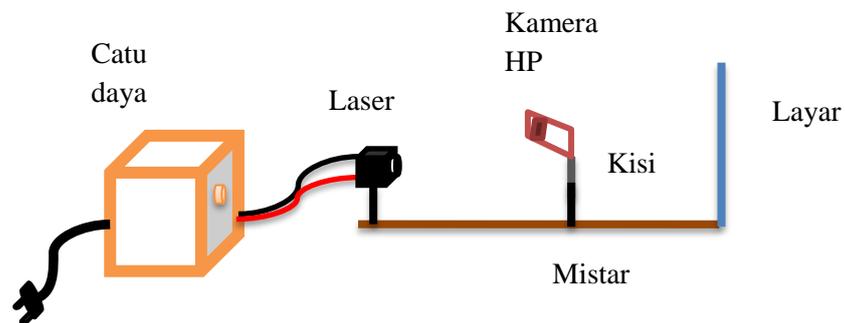
- a. Kisi Difraksi : 1 buah
- b. Rel Posisi : 1 buah
- c. Sumber cahaya :
 - Monokromatik (Laser merah) : 1buah
 - Polikromatik (Lampu Krypton) : 1 buah

- d. Kamera (Dxslr/Handphone) : 1 buah
- e. Laptop (terpasang *Software Tracker**)
- f. Kertas Hvs (sebagai layar) : 1 lembar
- g. Mistar : 1 buah

Catatan : (*)alat untuk menganalisis data

2. Langkah Percobaan

- a. Laser Merah (Sumber cahaya Monokromatik)



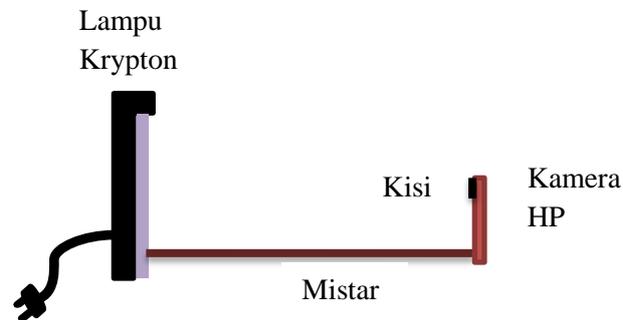
Gambar 7 Rangkaian pada Laser

1. Catat panjang gelombang referensi laser merah yang telah ditentukan oleh pabrik/produsen laser.
2. Atur keluaran sinar laser merah dengan slide kisi 100garis/mm
3. Atur jarak slide kisi dengan layar.
4. Pasang kamera dibelakang kisi.
5. Nyalakan laser, lalu amati dan foto pola difraksi nyang terjadi.
6. Ulangi langkah 2 sampai 5 untuk kisi 300 garis/mm dan 600 garis/mm
7. Catat panjang gelombang referensi laser merah yang telah ditentukan oleh pabrik/produsen laser.
8. Atur keluaran sinar laser merah dengan slide kisi 100garis/mm
9. Atur jarak slide kisi dengan layar.
10. Pasang kamera dibelakang kisi.
11. Nyalakan laser, lalu amati dan foto pola difraksi nyang terjadi.
12. Ulangi langkah 2 sampai 5 untuk kisi 300 garis/mm dan 600 garis/mm.
13. Analisis menggunakan software tracker , kemudian catat panjang gelombang yang dihasilkan dan hitung error hasil yang diperoleh dengan persamaan:

$$Error = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{praktek}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\%$$

14. Bandingkan error hasil analisis software tracker dengan analisis tanpa menggunakan software tracker pada jarak antara slide kisi dengan layar sebesar 20cm, 25 cm, 30 cm,35 cm dan 40 cm.

b. Lampu Krypton (Sumber cahaya Polikromatik)



Gambar 8 Rangkaian pada lampu Krypton

1. Catat panjang gelombang referensi setiap warna cahaya pada lampu krypton yang telah ditentukan menggunakan spektrometer.
2. Atur jarak antara lampu krypton dengann kisi 100garis/mm(20 cm dan 50 cm)
3. Letakkan kamera dibelakan kisi 100 garis/mm.
4. Atur keluaran yang di hasilkan lampu krypton terhadap kisi 100garis/mm, agar terlihat pola difraksi didalam kamera.
5. Amati dan foto pola difraksi yang dihasilkan setelah dirasa tepat.
6. Ulangi langkah 2 sampai 5 untuk kisi 300 garis/mm dan 600 garis/mm.
7. Anasilisi foto menggunakan software tracker, catat panjang gelombang yang dihasilkan setiap warna cahaya pada lampu krypton dan hitung error hasilnya menggunakan persamaan:

$$Error = \left| \frac{\lambda_{referensi} - \bar{\lambda}_{praktek}}{\lambda_{referensi}} \right| \times 100\%$$

V. Analisis Data

a. Laser Merah (Sumber cahaya Monokromatik)

$\lambda_{referensi}$:

1. Analisis menggunakan Software Tracker

Kisi garis/mm)	D nm)	Orde	Jarak (nm)	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\bar{\lambda}_{praktek}$ (nm)	Error (%)
100		1	200000000			
			250000000			
			300000000			
			350000000			
			400000000			
300		1	200000000			
			250000000			
			300000000			
			350000000			
			400000000			
600		1	200000000			
			250000000			
			300000000			
			350000000			
			400000000			
			200000000			

2. Analisis Tanpa Software Tracker

$\lambda_{referensi}$:

Kisi (garis/ mm)	D (nm)	n	L (x 10⁷ nm)	Y (nm)	$\lambda_{praktek}$ (nm)	$\bar{\lambda}_{praktek}$ (nm)	Error (%)
100		1	20				
			25				
			30				
			35				
			40				
300		1	20				
			25				
			30				
			35				
			40				
600		1	20				
			25				
			30				
			35				
			40				

b. Lampu Krypton (Sumber cahaya Polikromatik)

Kisi (garis/mm)	d (nm)	Orde	Jarak (cm)	Warna	$\lambda_{praktek}$ (nm)
100		1	50		
		-1			
300		1	50		
		-1			
600		1	50		
		-1			

- **Error pada Lampu Krypton**

Warna	Kisi (garis/mm)	$\lambda_{referensi}$ (nm)	$\lambda_{praktek}$ (nm)	Error (%)
Biru	100	443,74		
Light Hijau		561,63		
Merah		590,85		
Biru	300	443,74		
Light Hijau		561,63		
Merah		590,85		
Biru	600	443,74		
Light Hijau		561,63		
Merah		590,85		

Jawablah pertanyaan berikut

- Tentukan variabel bebas dan variabel terikat dari praktikum tersebut !
- Bagaimana bentuk grafik antara (d) dengan (Y) pada analisis tanpa tracker pada sumber cahaya monokromatik?
- bagaimana posisi panjang gelombang terhadap grafik yang disajikan hasil analisis Tracker?
- Tuliskan persamaan dalam mencari panjang gelombang yang harus dimasukan kedalam tracker !.
- Bagaimana grafik yang dihasilkan pada analisis Tracker? Linier atau sinusoidal?
- Bandingkan nilai panjang gelombang monokromatik yang dihasilkan dari analisis tracker dengan analisis manual (biasa)!
- Bagaimana hasil perbandingan dari hasil analisis menggunakan tracker dengan panjang gelombang referensi pada sumber cahaya polikromatik?
- Bagaimana error antara (λ_{ref}) dengan panjang gelombang yang dihasilkan oleh Tracker?
- Apa sajakah yang mempengaruhi nilai panjang gelombang dalam fenomena difraksi cahaya?

- j. Apakah dengan memperbesar intensitas cahaya dapat memperbesar juga nilai panjang gelombang yang dihasilkan pada analisis tracker ? Mengapa?

VI. Simpulan

Berilah simpulan mengenai praktikum yang telah dilaksanakan!

VII. Saran

Berilah saran mengenai praktikum yang telah dilaksanakan!

DAFTAR PUSTAKA

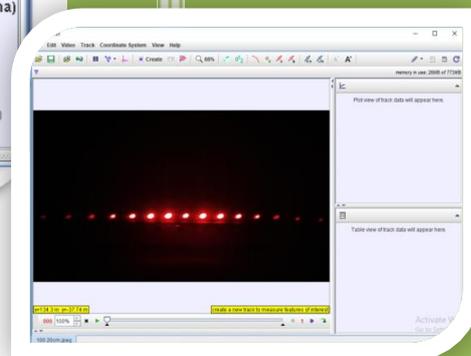
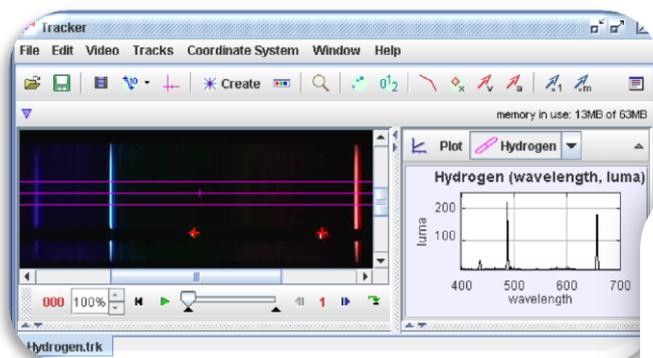
- Kemendikbud. Difraksi dan Interferensi Cahaya (diakses pada tanggal 8 Mei 2020) pada Laman
<https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/sumberbelajar/tampil/Difraksi-dan-Interferensi-Cahaya-2016-2016/menu9.html>
- Giancoli, Douglas C. (2001). Fisika Jilid 2 Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Rodrigues, M., Marques, M. B., & Carvalho, P. S. (2015). How to build a low cost spectrometer with Tracker for teaching light spectra. *Physics Education*, 51(1), 014002.

PANDUAN TRACKER

DIFRAKSI



CAHAYA



Oleh :

**Diah Ayu Istiqomah
(4201416010)**

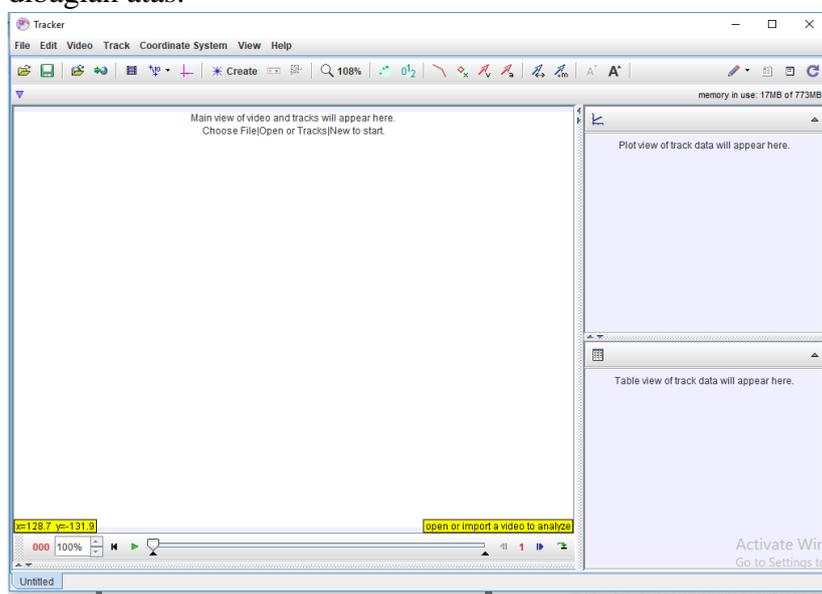
Pembimbing :

**Drs. Ngurah Made D.P.,
M.Si.,P.hD.**

PANDUAN PENGUNAAN TRACKER

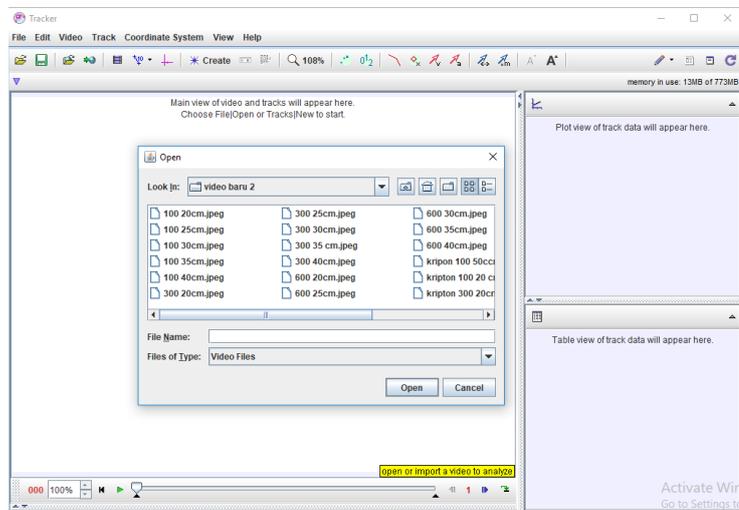
Untuk melakukan analisis menggunakan Tracker, bisa diikuti langkah-langkah berikut :

1. Anda bisa mengunduh software tracker melalui link berikut <https://physlets.org/tracker/>
2. Jika sudah terunduh, silahkan buka software tersebut.
3. Untuk membuat analisis baru, silahkan pilih import dari menu dibagian atas.



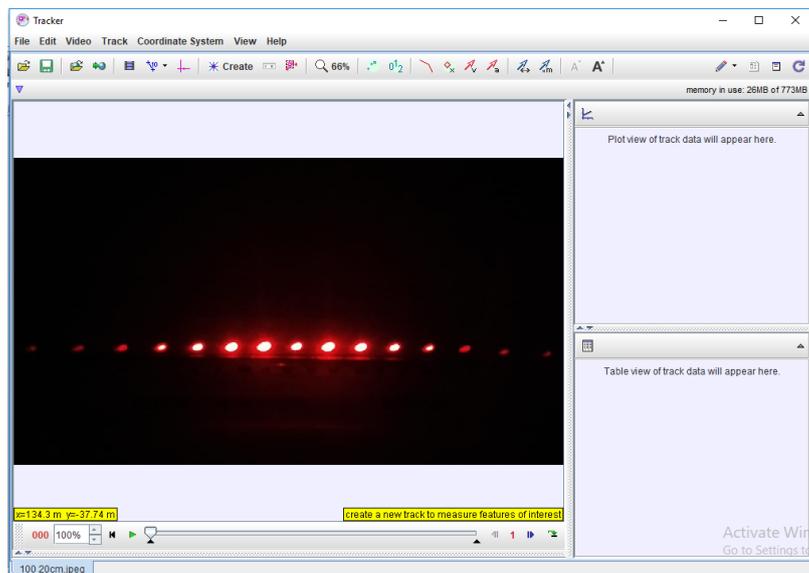
Gambar 1. Tampilan Awal Software Tracker

4. Silahkan memilih foto yang akan dianalisis menggunakan software tracker. Diharapkan dalam pemilihan foto tidak terlalu besar framenya agar mudah dianalisis.



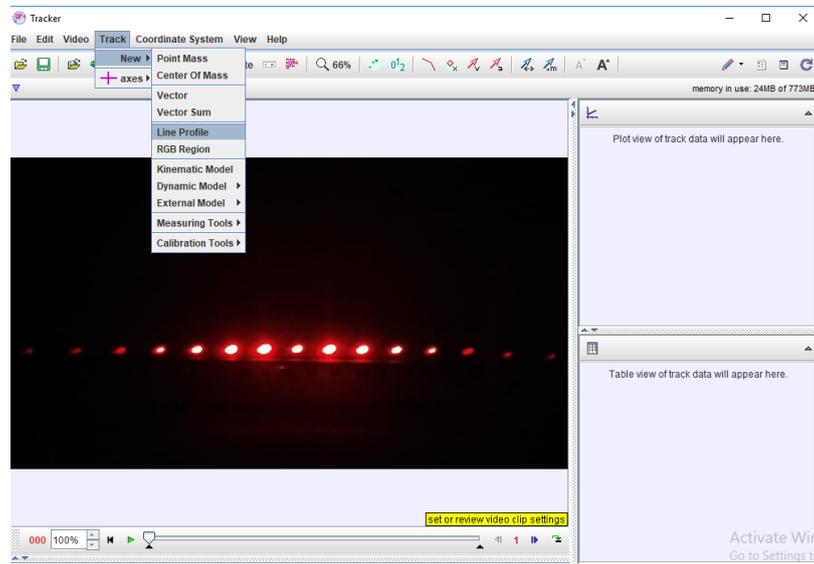
Gamba.2 Memilih foto untuk dianalisis.

5. Ketika sudah dipilih, kemudian klik Open. Maka foto akan berhasil diimport dalam software Tracker.



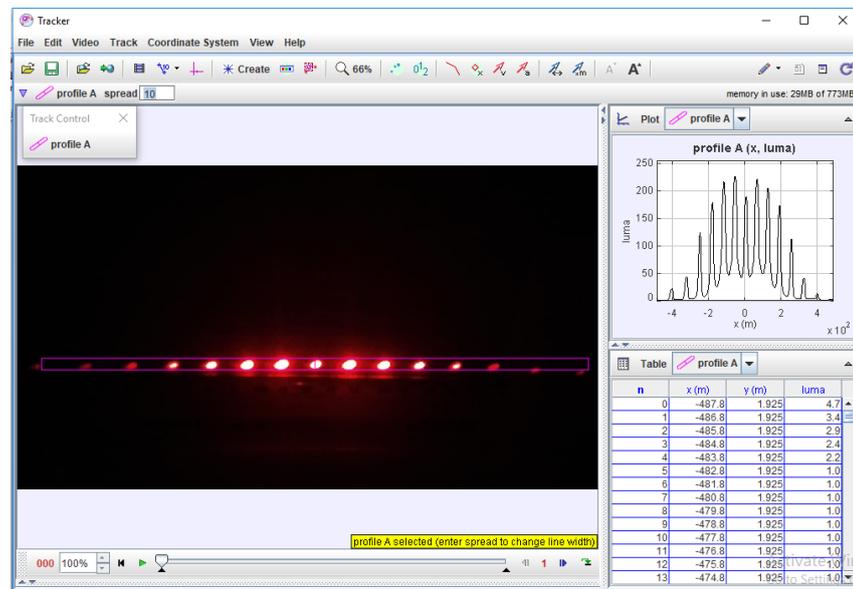
Gambar 3. Tampilan Foto dalam Tracker

- Kemudian, track foto dengan memilih line profile pada menu bagian atas.



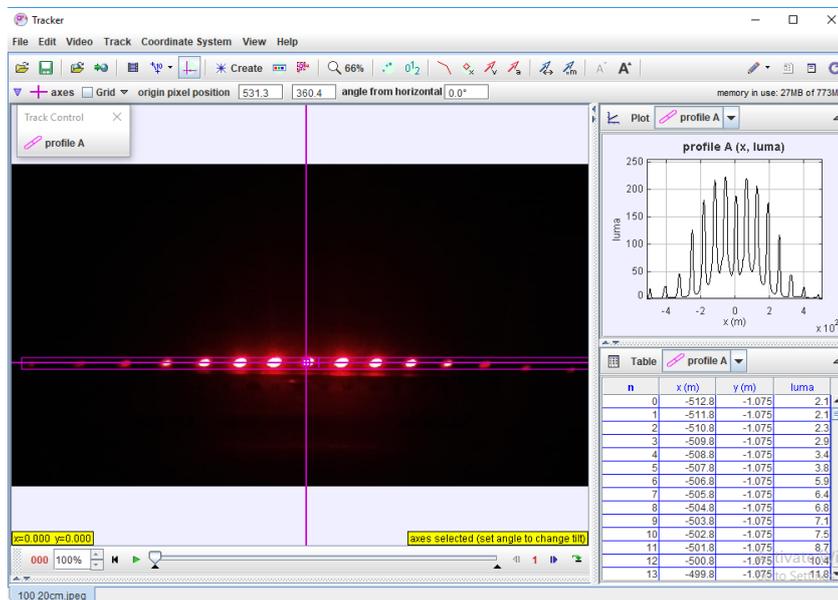
Gambar 4. Memilih line profile untuk track foto

- Agar muncul alat track pada foto maka tekan Shift dengan klik pada mouse atau kursor.



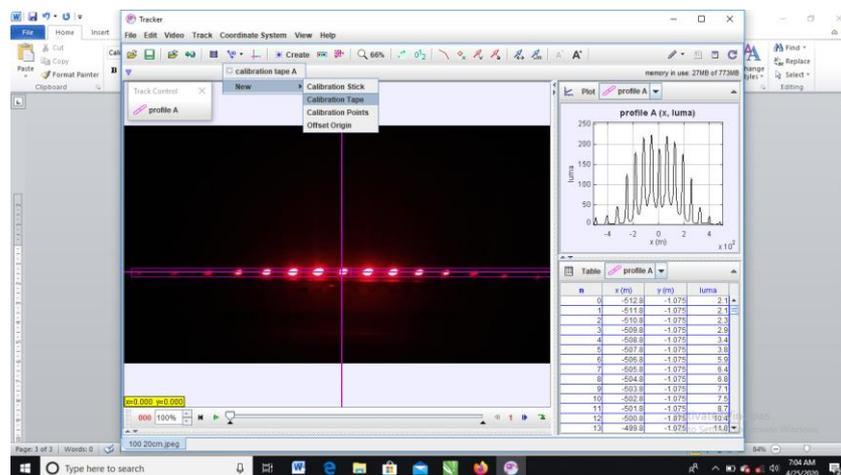
Gambar. 5 Menampilkan alat Track pada foto.

- Atur posisi sumbu koordinat pada foto, dengan memilih ikon koordinat dibagian atas.

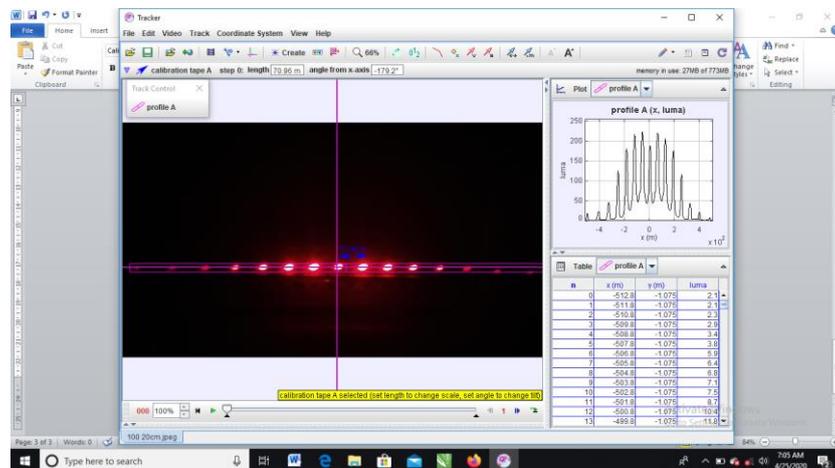


Gambar 6. Tampilann pengaturan sumbu koordinat

- Kalibrasi foto menggunakan ikon “ Calibration Tape” dibagian atas, atur posisi alat kalibrasi dari titik terang pusat ke titik pterang pusat pertama (karena yang akan diicaari panjang gelombangnya adalah pada orde pertama)

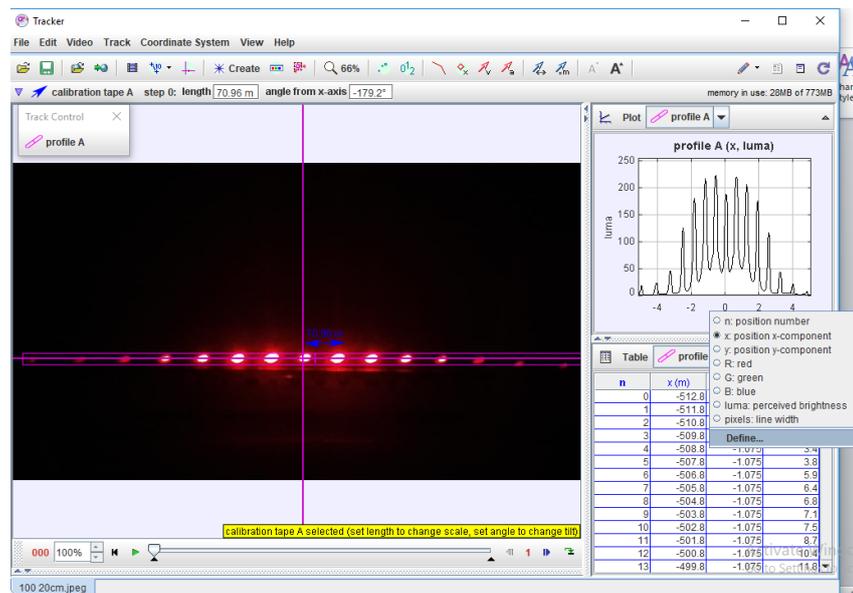


Gambar 7. Ikon Calibration Tape

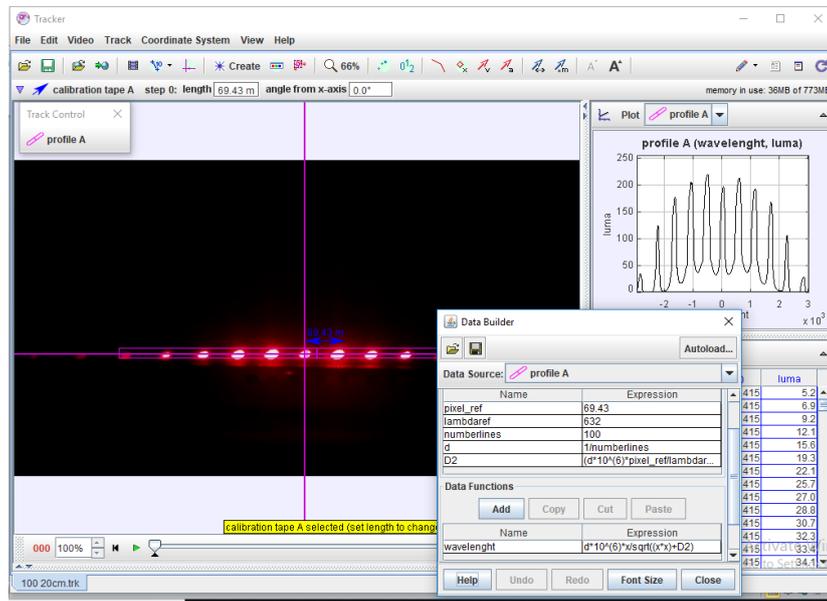


Gambar.8 Tampilan setelah atur posisi Callibration Tape

- Agar dapat memasukan parameter pada persamaan dalam mencari panjang gelombang, klik kanan pada bagian sumbu x grafik. Kemudian pilih define.



Gambar .9 Tampilan ikon Define



Gambar.10 Masukan Parameter

Keterangan :

- Pixel_ref adalah pengukuran yang ditunjukkan oleh calibration tape dimana dalam persamaan sama dengan jarak terang pusat ke titik lainnya.
Pixel_ref = Y
- Lambdaref (λ_{ref}) adalah panjang gelombang yang telah diketahui melalui pabrik atau spectrometer.
- Numbelines adalah kisi yang di gunakan.
Numberlines = N
- d adalah lebar celah yang digunakan.

$$d = \frac{1}{N}$$

- D2 adalah jarak kisi ke layar, karena pada foto jarak kisi ke layar tidak bisa terukur maka dapat diketahui dengan memasukan persamaan :

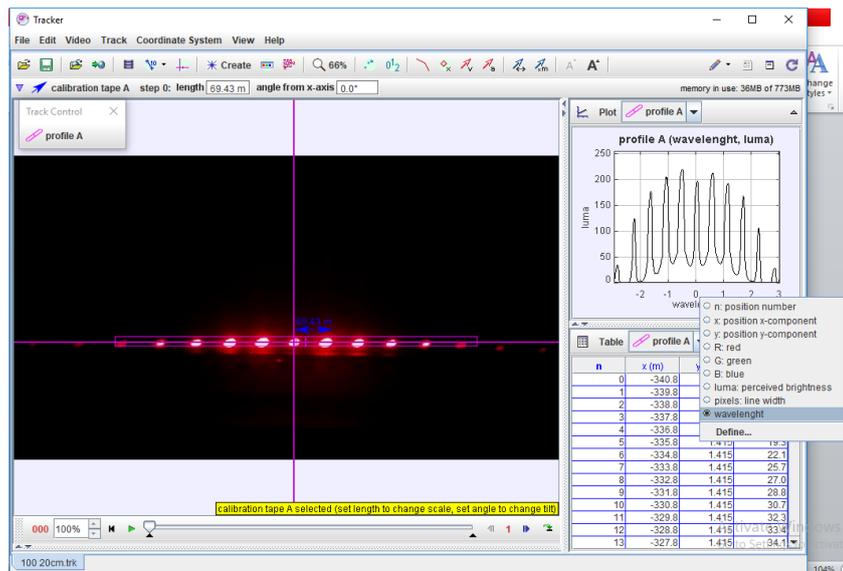
$$\lambda_{ref} = d \frac{Y}{\sqrt{(Y^2 + L^2)}}$$

Pada parameter (d) ubah satuan dari meter (m) ke nanometer (nm) karena pada tracker menggunakan satuan meter (m).

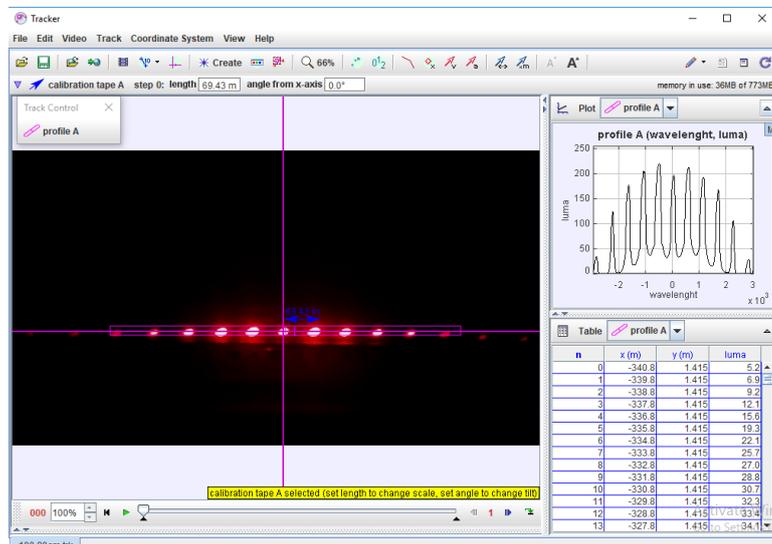
- Kemudian pada bagian *data fuction* masukan persamaan panjang gelombang.

$$\lambda = d \frac{Y}{\sqrt{(Y^2 + L^2)}}$$

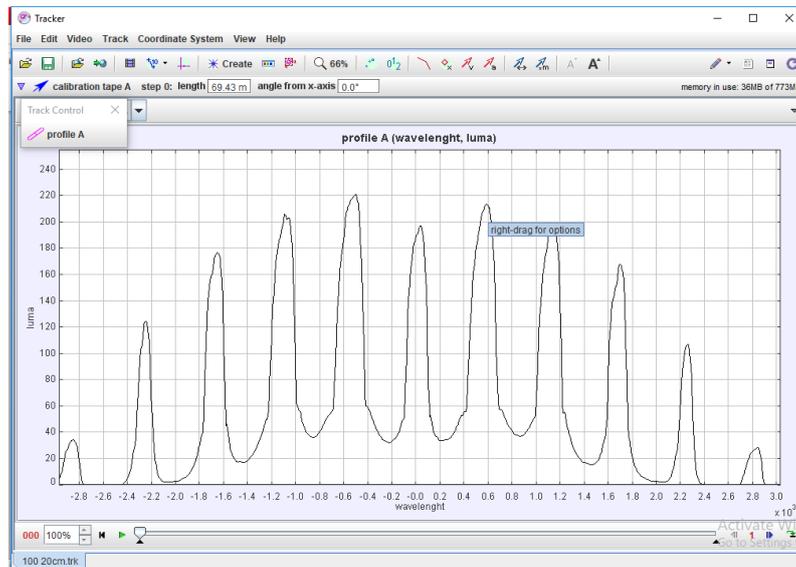
11. Setelah parameter dimasukkan , klik kanan bagian sumbu x pada grafik pilih panjang gelombang (wavelength). Kemudian amati perubahan bentuk grafik, agar grafik di perbesar klik M aximize This View bagian pojok pada grafik.



Gambar.11 Pilih wavelength sebagai sumbu x

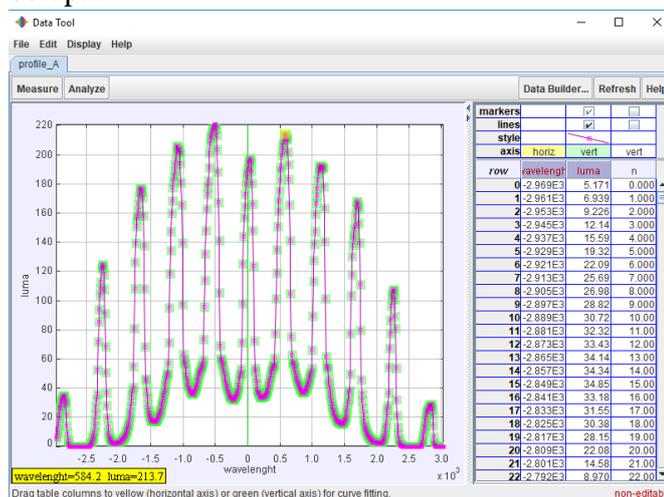


Gambar. 12 Klik Maximize This View



Gambar.13 Tampilan perbesaran Grafik.

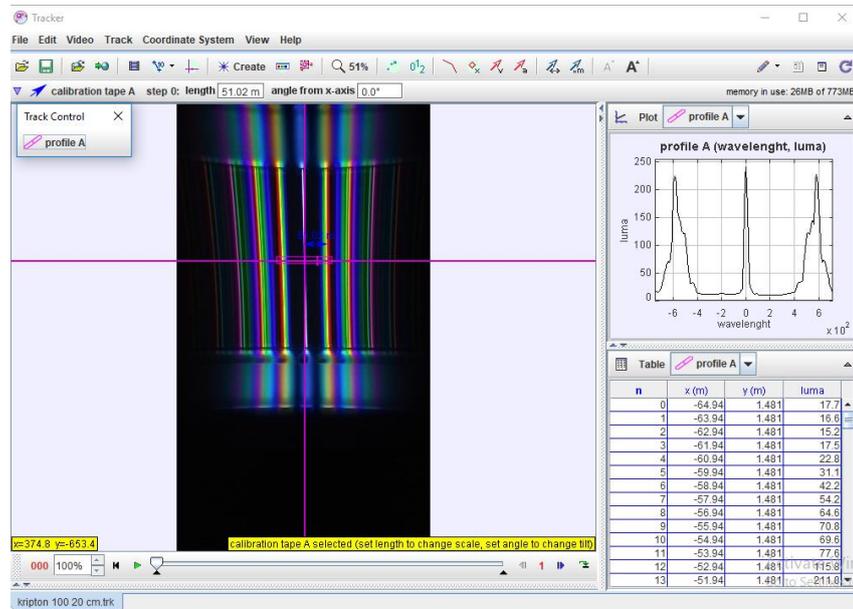
12. Agar mengetahui nilai panjang gelombang pada terang pusat orde 1 (sebelah kanan), maka klik dua kali pada titik puncak terang pusat orde 1. Akan muncul tampilan grafik kedua yang terdapat titik-titik besar panjang gelombang terhadap intensitas cahaya yang dihasilkan foto. Kemudian klik lagi pada bagian titik puncak grafik terang pusat orde 1, akan muncul pada bagian bawah posisi tersebut terletak pada panjang gelombang berapa dan pada intensitas berapa.



Gambar.14 Tampilan Grafik ke 2 dan nilai panjang gelombang

13. Lakukan langkah yang sama untuk variasi kisi yang digunakan.

14. Untuk mengetahui panjang gelombang sumber cahaya polikromatik juga lakukan langkah yang sama. Hanya saja pada mekalibrasi yaitu dari titik pusat sampai seluruh warna pada titik terang orde 1 yang dihasilkan.



Gambar. 15 Contoh analisis pada Lampu Krypton kisi 100garis/mm