

Rancangan Spektroskop Sederhana untuk Analisis Spektrum Cahaya

Design of a Simple Spectroscope for Light Spectrum Analysis

Nurhamidah^{1*}, Alda Febrianti²

Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang

*Corresponding Author: nurhamidah_uin@radenfatah.ac.id

Kata Kunci

difraksi;
 dispersi;
 pembelajaran fisika;
 spektroskop sederhana;
 spektrum cahaya.

ABSTRAK

Spektroskop merupakan instrumen optik yang digunakan untuk mengamati spektrum cahaya melalui fenomena difraksi dan dispersi. Keterbatasan ketersediaan instrumen tersebut di lingkungan pendidikan mendorong pengembangan spektroskop sederhana yang mudah dibuat, berbiaya rendah, dan efektif sebagai media pembelajaran fisika. Penelitian ini bertujuan merancang spektroskop sederhana berbasis Compact Disc (CD) sebagai kisi difraksi serta menganalisis kualitas spektrum cahaya berdasarkan variasi tegangan sumber cahaya dan jarak pengamatan. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan sumber cahaya berupa senter bertegangan 3,7 V dan 4,5 V serta variasi jarak pengamatan 3 cm, 5 cm, dan 10 cm. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan panjang spektrum dan secara deskriptif kualitatif berdasarkan kejelasan warna serta karakteristik visual spektrum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata panjang spektrum pada tegangan 3,7 V berturut-turut sebesar 14,6 cm, 12,8 cm, dan 12,3 cm, sedangkan pada tegangan 4,5 V sebesar 13,6 cm, 12,1 cm, dan 11,1 cm. Panjang spektrum cenderung menurun seiring bertambahnya jarak pengamatan. Kualitas spektrum dipengaruhi oleh kondisi sumber cahaya, karakteristik kisi difraksi CD, dan konfigurasi alat. Spektroskop sederhana berbasis CD berpotensi digunakan sebagai media praktikum fisika yang efektif, ekonomis, dan mudah diterapkan untuk mempelajari spektrum cahaya, difraksi, dan dispersi.

Keywords

diffraction;
 dispersion;
 physics education.
 simple spectroscopy;
 light spectrum;

ABSTRACT

A spectroscope is an optical instrument used to observe light spectra through the phenomena of diffraction and dispersion. The limited availability of spectroscopes in educational settings has encouraged the development of simple spectroscopes that are easy to construct, inexpensive, and effective as physics learning media. This study aimed to design a simple spectroscope using a Compact Disc (CD) as a diffraction grating and to analyze the quality of the resulting light spectra based on variations in light-source voltage and observation distance. An experimental method was employed using flashlights with voltages of 3.7 V and 4.5 V and observation distances of 3 cm, 5 cm, and 10 cm. Each treatment was repeated three times. The data were analyzed using quantitative descriptive analysis based on spectrum length and qualitative descriptive analysis based on color clarity and the visual characteristics of the spectra. The results showed that the average spectrum lengths at 3.7 V were 14.6 cm, 12.8 cm, and 12.3 cm, respectively, while those at 4.5 V were 13.6

cm, 12.1 cm, and 11.1 cm, respectively. Spectrum length tended to decrease as the observation distance increased. Spectrum quality was influenced by the light-source conditions, the characteristics of the CD diffraction grating, and the instrument configuration. The simple CD-based spectroscopy has potential as an effective, economical, and accessible physics laboratory medium for studying light spectra, diffraction, and dispersion.

Received 04/07/2026; Revised 23/07/2026; Accepted 02/08/2026; Available Online 31/08/2026

How to cite: Nurhamidah, N., & Febrianti, A. (2026). Rancangan Spektroskop Sederhana untuk Analisis Spektrum Cahaya. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 14(2), 171–184.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah mendorong pemanfaatan spektroskopi sebagai salah satu metode analisis optik yang berperan penting dalam berbagai bidang, seperti fisika, kimia, astronomi, ilmu material, hingga pemantauan lingkungan. Melalui analisis spektrum cahaya, karakteristik suatu sumber cahaya dapat diidentifikasi berdasarkan distribusi panjang gelombangnya sehingga memberikan informasi mengenai sifat fisik maupun komposisi suatu objek. Oleh karena itu, konsep spektrum cahaya, difraksi, dan dispersi menjadi materi yang penting dalam pembelajaran fisika karena berkaitan langsung dengan fenomena optik yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari (Carpentieri et al., 2023).

Meskipun memiliki peranan yang penting, kegiatan praktikum mengenai spektroskopi di sekolah maupun perguruan tinggi masih menghadapi berbagai kendala. Instrumen spektroskop komersial umumnya memiliki harga yang relatif tinggi sehingga tidak semua laboratorium pendidikan mampu menyediakannya. Akibatnya, proses pembelajaran sering kali hanya berfokus pada penjelasan teoritis tanpa memberikan pengalaman eksperimen secara langsung kepada peserta didik. Padahal, pembelajaran berbasis praktikum terbukti mampu meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan proses sains, serta kemampuan peserta didik dalam menghubungkan teori dengan fenomena nyata (Herlina et al., 2022).

Sebagai upaya mengatasi keterbatasan tersebut, berbagai penelitian mulai mengembangkan spektroskop sederhana dengan memanfaatkan bahan-bahan yang mudah diperoleh, murah, dan mudah dirakit. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan menekan biaya pembuatan alat, tetapi juga memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami prinsip kerja spektroskop melalui proses perancangan dan pengujian alat secara mandiri. Pengembangan instrumen sederhana semacam ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran berbasis eksperimen (*hands-on learning*), yang menempatkan peserta didik sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa spektrometer berbiaya rendah mampu menghasilkan pengukuran spektrum yang cukup akurat sehingga layak dimanfaatkan sebagai media pembelajaran fisika dan kimia di sekolah maupun perguruan tinggi.

Salah satu bahan yang banyak dimanfaatkan dalam pembuatan spektroskop sederhana adalah *compact disc (CD)*. Permukaan CD tersusun atas alur-alur mikroskopis yang berjarak sangat rapat sehingga dapat berfungsi sebagai kisi difraksi reflektif. Ketika cahaya putih mengenai permukaan CD, setiap panjang gelombang mengalami sudut difraksi yang berbeda sehingga cahaya terurai menjadi spektrum warna tampak. Fenomena tersebut merupakan penerapan langsung dari prinsip difraksi dan dispersi cahaya, yaitu proses pembelokan serta pemisahan cahaya berdasarkan panjang gelombangnya. Karena memiliki struktur periodik yang seragam, CD mampu menghasilkan spektrum yang cukup jelas untuk keperluan demonstrasi maupun praktikum dasar optik tanpa memerlukan kisi difraksi laboratorium yang harganya relatif mahal.

Selain rancangan alat, kualitas spektrum yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor eksperimen, antara lain karakteristik sumber cahaya, ukuran celah (*slit*), posisi kisi difraksi, jarak pengamatan, serta konfigurasi geometris alat. Perubahan pada salah satu faktor tersebut dapat memengaruhi ketajaman warna, panjang spektrum, maupun intensitas cahaya yang diamati. Oleh sebab itu, pengaturan konfigurasi alat menjadi aspek penting dalam memperoleh hasil pengamatan yang optimal. Pemahaman mengenai hubungan antara konfigurasi alat dan karakteristik spektrum tidak hanya memperkuat konsep difraksi, tetapi juga membantu peserta didik memahami bagaimana suatu instrumen optik bekerja dalam menghasilkan data pengamatan.

Penelitian mengenai pengembangan media pembelajaran fisika berbasis eksperimen terus mengalami perkembangan sebagai upaya meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah. (Herlina et al., 2022) mengembangkan alat peraga difraksi cahaya berbahan sederhana yang terbukti efektif digunakan sebagai media praktikum untuk membantu peserta didik memahami konsep-konsep optik. Selanjutnya, (Culaba et al., 2023) merancang spektroskop multifungsi yang dapat diaplikasikan untuk berbagai eksperimen pendidikan dan menunjukkan bahwa instrumen sederhana tetap mampu menghasilkan spektrum yang baik apabila konfigurasi optiknya dirancang dengan tepat. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Prayogi et al., 2023) mengembangkan spektrometer murah yang dipadukan dengan perangkat lunak *Tracker* sehingga mampu mengukur panjang gelombang cahaya dengan ketelitian yang memadai untuk kegiatan pembelajaran. Sejalan dengan perkembangan tersebut, penelitian yang dipublikasikan oleh (Jumria et al., 2024), menunjukkan bahwa pemanfaatan media pembelajaran berbasis proyek pada materi alat-alat optik mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Selain itu, (Rafika & Pasaribu, 2024), melaporkan bahwa pengembangan media pembelajaran berbantuan teknologi memberikan kontribusi positif terhadap efektivitas proses pembelajaran fisika melalui peningkatan keterlibatan peserta didik dalam kegiatan belajar. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran fisika telah banyak diarahkan pada peningkatan kualitas proses pembelajaran dan efektivitas media yang digunakan. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengembangan spektroskop sederhana memiliki prospek yang besar sebagai alternatif media praktikum berbiaya rendah.

Meskipun demikian, hasil telaah terhadap penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa fokus penelitian masih didominasi oleh pengembangan media pembelajaran, perancangan instrumen spektroskop, serta pengukuran panjang gelombang menggunakan sistem kalibrasi digital. Belum ditemukan penelitian yang secara spesifik menginvestigasi bagaimana variasi tegangan sumber cahaya memengaruhi karakteristik visual spektrum yang dihasilkan oleh spektroskop sederhana berbasis Compact Disc (CD), terutama jika dikombinasikan dengan variasi jarak sumber cahaya ke lubang pengamatan. Padahal, perubahan tegangan pada sumber cahaya berpotensi memengaruhi intensitas cahaya yang diterima kisi difraksi sehingga dapat berdampak pada panjang spektrum, ketajaman warna, dan kejelasan pemisahan spektrum yang diamati. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) melalui analisis pengaruh variasi tegangan sumber cahaya sebesar 3,7 V dan 4,5 V serta variasi jarak sumber cahaya ke lubang pengamatan terhadap kualitas visual spektrum pada spektroskop sederhana berbasis CD, sehingga diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang memengaruhi performa spektroskop sederhana sebagai media praktikum fisika.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan merancang spektroskop sederhana menggunakan CD sebagai kisi difraksi untuk menganalisis spektrum cahaya yang dihasilkan oleh sumber cahaya senter dengan tegangan 3,7 V dan 4,5 V. Analisis dilakukan melalui pengukuran panjang spektrum, pengamatan kejelasan warna, serta evaluasi karakteristik visual spektrum pada beberapa variasi jarak pengamatan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan alternatif media praktikum fisika yang sederhana, ekonomis, mudah direplikasi,

serta mampu mendukung pembelajaran konsep difraksi, dispersi, dan spektrum cahaya secara lebih kontekstual.

METODE

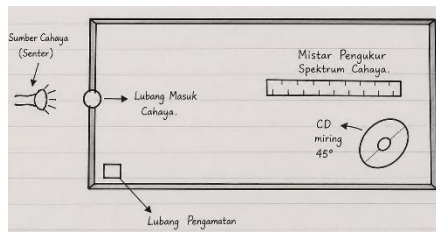
Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan metode kuantitatif yang bertujuan untuk merancang sekaligus mengevaluasi kinerja spektroskop sederhana dalam mengidentifikasi spektrum cahaya. Eksperimen dilakukan melalui proses pembuatan alat spektroskop berbahan sederhana, kemudian dilanjutkan dengan pengamatan spektrum cahaya yang dihasilkan dari dua sumber tegangan berbeda, yaitu 3,7 V dan 4,5 V.

Eksperimen dilakukan dalam kondisi lingkungan yang dikendalikan, yaitu pada ruang dengan pencahayaan redup hingga gelap, untuk meminimalkan interferensi cahaya luar yang dapat memengaruhi hasil pengamatan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juni tahun 2026 bertempat di lingkungan rumah. Seluruh rangkaian eksperimen dilakukan pada ruang tertutup dengan kondisi pencahayaan terkontrol (redup/gelap) agar proses pembentukan spektrum cahaya dapat diamati dengan lebih jelas dan konsisten.

Dalam penelitian ini peneliti melibatkan tiga variabel, *pertama* variabel bebas terdiri atas tegangan sumber cahaya dan jarak pengamatan. Tegangan sumber cahaya yang digunakan memiliki dua variasi, yaitu 3,7 V dan 4,5 V, sedangkan jarak pengamatan ditetapkan pada tiga tingkat, yaitu 3 cm, 5 cm, dan 10 cm. Variasi kedua variabel tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap spektrum cahaya yang dihasilkan oleh spektroskop. *Kedua* variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik spektrum cahaya yang diperoleh sebagai respons terhadap perubahan variabel bebas. Parameter yang diamati meliputi panjang spektrum cahaya yang diukur dalam satuan sentimeter (cm), serta karakteristik visual spektrum yang mencakup tingkat kecerahan dan ketajaman warna yang dihasilkan. *Ketiga*, untuk memastikan bahwa perubahan hasil pengamatan hanya dipengaruhi oleh variabel bebas, beberapa faktor dikendalikan sebagai variabel kontrol. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis LED yang digunakan sebagai sumber cahaya, bentuk dan ukuran spektroskop, posisi cakram CD yang berfungsi sebagai kisi difraksi, ukuran celah (slit), serta kondisi lingkungan selama pelaksanaan percobaan. Seluruh variabel kontrol tersebut dipertahankan dalam kondisi yang sama pada setiap perlakuan agar hasil penelitian memiliki tingkat validitas dan konsistensi yang baik.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi penggaris 15 cm, cutter, gunting, lem kertas, isolasi hitam, serta kamera smartphone untuk dokumentasi. Selain itu bahan penelitian terdiri dari kardus sebagai badan spektroskop, kepingan compact disc (CD) sebagai kisi difraksi, karton hitam sebagai pelapis bagian luar untuk mengurangi refleksi cahaya, serta senter LED sebagai sumber cahaya. Sumber tegangan terdiri atas tiga baterai AAA 1,5 V yang disusun seri (total 4,5 V) dan satu baterai lithium-ion 3,7 V sebagai pembanding.

Spektroskop dirancang dalam bentuk kotak tertutup yang berfungsi untuk menciptakan kondisi ruang gelap (*dark chamber*) sehingga gangguan cahaya dari lingkungan luar dapat diminimalkan selama proses pengamatan spektrum. Desain tertutup ini bertujuan agar cahaya yang masuk ke dalam alat hanya berasal dari sumber cahaya yang diuji, sehingga pola difraksi dan dispersi warna yang terbentuk dapat diamati dengan lebih jelas dan akurat. Struktur alat terdiri dari beberapa bagian utama yang memiliki fungsi berbeda dalam mendukung proses pembentukan dan pengamatan spektrum cahaya, yaitu:



Gambar 1. Rancangan Spektroskop Sederhana

Spektroskop sederhana yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas beberapa komponen utama yang saling mendukung dalam proses pembentukan dan pengamatan spektrum cahaya. Komponen pertama berupa kardus yang berfungsi sebagai ruang gelap sekaligus wadah utama bagi seluruh bagian spektroskop. Kardus dirancang dalam kondisi tertutup rapat untuk mencegah masuknya cahaya dari lingkungan sekitar sehingga interferensi cahaya dapat diminimalkan. Dengan demikian, spektrum cahaya yang terbentuk dapat diamati dengan lebih jelas. Pada salah satu sisi kardus dibuat sebuah lubang kecil sebagai jalur masuk cahaya yang berasal dari sumber cahaya berupa senter. Lubang ini dirancang dengan ukuran yang relatif sempit agar berkas cahaya yang masuk tetap terarah dan dapat diteruskan secara optimal menuju komponen difraksi di dalam spektroskop.

Di bagian dalam kardus dipasang sebuah cakram padat (Compact Disc/CD) yang ditempatkan pada posisi miring dengan kemiringan sekitar 30° hingga 45° . CD tersebut berperan sebagai kisi difraksi sederhana yang mampu menguraikan cahaya putih menjadi spektrum berbagai warna berdasarkan prinsip difraksi cahaya. Posisi pemasangan yang miring bertujuan untuk menghasilkan pantulan dan penguraian cahaya yang optimal sehingga spektrum dapat terlihat dengan baik. Selanjutnya, pada sisi kardus yang berlawanan dibuat lubang pengamatan yang berfungsi sebagai tempat untuk mengamati spektrum cahaya yang dihasilkan. Lubang ini diposisikan sejajar dengan arah pantulan cahaya dari permukaan CD sehingga spektrum yang terbentuk dapat diamati secara jelas dan memberikan hasil pengamatan yang lebih akurat.

Tahap awal penelitian dilakukan dengan merakit spektroskop sederhana sesuai desain yang telah ditentukan. Setelah perakitan selesai, dilakukan uji coba alat untuk memastikan bahwa spektrum cahaya dapat terbentuk dengan jelas. Pengambilan data dilakukan menggunakan dua variasi sumber tegangan, yaitu baterai lithium-ion 3,7 V dan rangkaian tiga baterai AAA dengan tegangan total 4,5 V.

Pada masing-masing kondisi tegangan, dilakukan pengamatan spektrum pada tiga variasi jarak, yaitu 3 cm, 5 cm, dan 10 cm. Setiap pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk meningkatkan keandalan data. Spektrum yang muncul didokumentasikan menggunakan kamera telepon pintar dengan posisi yang dibuat tetap pada setiap pengambilan gambar. Selanjutnya dilakukan pengukuran panjang spektrum menggunakan penggaris dalam satuan sentimeter. Selain data kuantitatif, juga dilakukan pengamatan kualitatif terhadap tingkat kecerahan, ketajaman warna, serta keterpisahan spektrum pada setiap kondisi percobaan.

Data diperoleh melalui observasi langsung terhadap spektrum cahaya yang dihasilkan spektroskop. Data kuantitatif berupa panjang spektrum diukur sebanyak tiga kali pada setiap variasi perlakuan, kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Sementara itu, data kualitatif diperoleh melalui pengamatan visual yang mencakup tingkat kecerahan, ketajaman warna, dan kejelasan pemisahan spektrum. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif berdasarkan parameter panjang spektrum, serta analisis deskriptif kualitatif terhadap kejelasan warna dan karakteristik visual spektrum. Nilai rata-rata panjang spektrum dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

- $\bar{x}$ = rata-rata panjang spektrum (cm)
- x_i = hasil pengukuran setiap pengulangan
- n = jumlah pengulangan

Selain menghitung nilai rata-rata, penelitian ini juga menganalisis perbedaan (selisih) panjang spektrum antara variasi tegangan 3,7 V dan 4,5 V pada setiap jarak pengamatan. Selisih dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta x = x_{\max} - x_{\min} \quad (2)$$

Keterangan:

- Δx = Rentang data (cm)
- $x_{\max}$ = nilai panjang spektrum terbesar dari hasil pengulangan
- $x_{\min}$ = nilai panjang spektrum terkecil dari hasil pengulangan

Nilai Δx digunakan untuk menunjukkan tingkat kestabilan hasil pengukuran. Semakin kecil nilai Δx , maka semakin konsisten data yang diperoleh pada setiap pengulangan percobaan. Hasil rata-rata dan nilai Δx kemudian disajikan dalam bentuk tabel untuk setiap variasi jarak dan tegangan. Selanjutnya dilakukan analisis kecenderungan perubahan panjang spektrum berdasarkan teori difraksi dan dispersi cahaya serta dievaluasi tingkat konsistensi hasil pengukuran pada setiap kondisi eksperimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perakitan spektroskop sederhana dilakukan dengan memanfaatkan bahan-bahan yang mudah diperoleh dan disusun berdasarkan prinsip difraksi cahaya. Hasil perakitan kemudian diuji menggunakan sumber cahaya putih untuk mengetahui kemampuan alat dalam memisahkan cahaya menjadi spektrum warna. Hasil pengujian dan karakteristik spektroskop yang telah dirakit disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil perakitan spektroskop sederhana

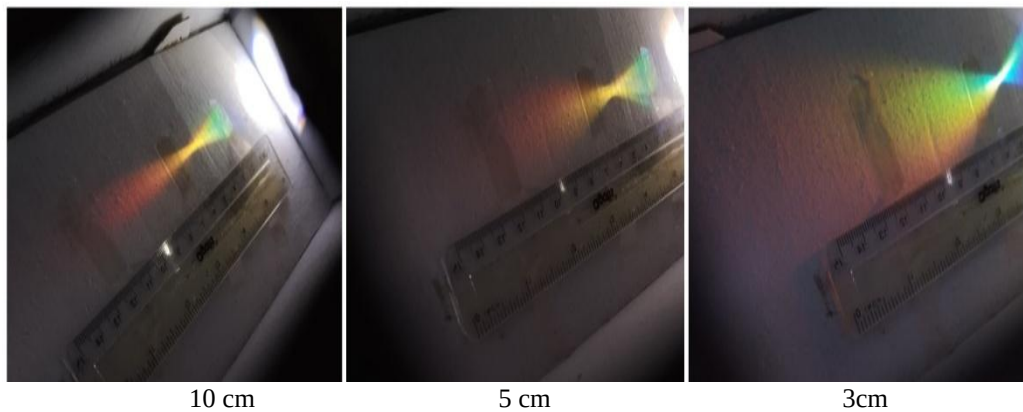
Gambar diatas memperlihatkan hasil dari proses perakitan spektroskop sederhana yang berhasil dilakukan menggunakan bahan-bahan yang mudah didapat, seperti kardus sebagai rangka utama alat, kepingan CD sebagai kisi difraksi, serta lapisan karton hitam untuk meminimalkan pantulan cahaya liar di dalam kotak. Saat diuji, alat ini mampu memecah cahaya putih dari senter menjadi spektrum warna yang tersusun dari ungu hingga merah. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi utama alat sebagai pemisah spektrum cahaya telah tercapai sesuai dengan rancangan awal.

Keberhasilan tersebut sejalan dengan berbagai penelitian spektroskop sederhana berbasis bahan rumah tangga, yang memanfaatkan CD sebagai kisi difraksi berbiaya rendah. Misalnya, perangkat berbasis kardus, DVD, dan webcam telah dilaporkan mampu menguraikan panjang gelombang cahaya tampak dengan tingkat ketelitian yang cukup baik untuk tujuan pembelajaran (Likith et al., 2021). Hasil ini juga mendukung temuan sebelumnya yang menyatakan bahwa alat optik sederhana seperti kardus dan cakram optik bekas tetap dapat menghasilkan pola spektrum yang jelas, asalkan pengaturan posisi kisi difraksi dan celah cahaya dilakukan dengan tepat (Widiatmoko et al., 2011).

Tabel 1. Hasil Pengukuran Panjang Spektrum Menggunakan Senter dengan Baterai 3,7 Volt

No	Jarak dari Celah	Panjang Spektrum			Rata-rata	Selisih	Kejelasan	Keterangan
		Per 1	Per 2	Per 3				
1	3 cm	15	14	15	14,6	1	Sangat Jelas	Spektrum paling terang, warna tajam sehingga warna mudah dipisahkan dan mudah diamati.
2	5 cm	13	13	12,5	12,8	0,5	Kurang Jelas	Warna masih tampak tetapi sedikit lebih redup dan batas warna tidak tegas sehingga susah diamati.
3	10 cm	12	12	13	12,3	1	Jelas	Warna yang tampak dari Ungu- Merah lengkap dengan intensitas yang baik.

Berdasarkan data pada Tabel 1, panjang spektrum yang dihasilkan oleh sumber cahaya dengan tegangan 3,7 V menunjukkan kecenderungan menurun seiring bertambahnya jarak antara sumber cahaya dan celah masuk spektroskop. Rata-rata panjang spektrum tercatat sebesar 14,6 cm pada jarak 3 cm, kemudian menurun menjadi 12,8 cm pada jarak 5 cm dan kembali berkurang menjadi 12,3 cm pada jarak 10 cm. Pola tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan jarak menyebabkan berkurangnya intensitas cahaya yang memasuki celah sehingga rentang spektrum yang dapat diamati menjadi semakin pendek. Secara optik, berkurangnya intensitas cahaya mengakibatkan sebagian komponen spektrum, khususnya pada daerah dengan intensitas relatif rendah, tidak lagi dapat diamati secara jelas sehingga panjang spektrum yang terukur mengalami penurunan. Temuan ini menunjukkan bahwa jarak antara sumber cahaya dan celah merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kualitas hasil pengamatan menggunakan spektroskop sederhana. Dengan demikian, konfigurasi jarak yang lebih dekat mampu menghasilkan spektrum yang lebih panjang dan lebih mudah diamati, sehingga menjadi kondisi yang lebih optimal untuk kegiatan praktikum maupun demonstrasi konsep difraksi dan dispersi cahaya.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Spektrum pada senter 3,7 V pada jarak 3cm, 5cm, dan 10cm

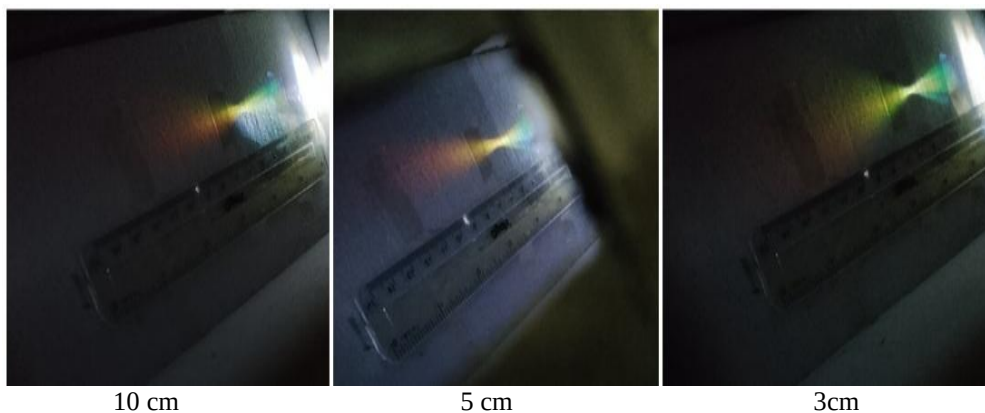
Selain perubahan panjang spektrum, variasi jarak pengamatan juga memengaruhi kualitas visual spektrum yang dihasilkan. Pada jarak 3 cm, spektrum memperlihatkan batas antarwarna yang paling tegas sehingga seluruh rentang warna tampak mudah dibedakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa posisi sumber cahaya yang relatif dekat terhadap celah mampu menghasilkan intensitas cahaya yang cukup untuk membentuk spektrum dengan kontras yang tinggi. Sebaliknya, pada jarak 5 cm terjadi penurunan kejelasan warna yang ditandai oleh memudarnya intensitas spektrum serta berkurangnya ketegasan batas antarwarna. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa perubahan konfigurasi geometris antara sumber cahaya, celah, dan kisi difraksi mulai memengaruhi distribusi cahaya yang diterima oleh sistem optik sehingga kualitas visual spektrum menjadi kurang optimal. Menariknya, pada jarak 10 cm kualitas spektrum kembali meningkat meskipun panjang spektrum dan intensitas cahaya tidak sebesar pada jarak 3 cm. Fenomena ini menunjukkan bahwa kualitas spektrum tidak hanya ditentukan oleh intensitas cahaya, tetapi juga dipengaruhi oleh kestabilan posisi optik dan arah datang cahaya menuju kisi difraksi. Dengan demikian, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa terdapat konfigurasi pengamatan tertentu yang mampu menghasilkan keseimbangan antara intensitas dan ketajaman spektrum, sehingga pengaturan jarak menjadi faktor penting dalam mengoptimalkan kinerja spektroskop sederhana sebagai media praktikum untuk mengamati fenomena difraksi dan dispersi cahaya.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Panjang Spektrum Menggunakan Senter dengan Baterai 4,5 Volt

No	Jarak dari Celah	Panjang Spektrum			Rata-rata	Selisih	Kejelasan Warna	Keterangan
		Per 1	Per 2	Per 3				
1	3 cm	14	13	14	13,6	1	Cukup Jelas	Warna Merah- Biru masih terlihat tapi, intensitas rendah dan batas warna kurang tegas.
2	5 cm	12	12,5	12	12,1	0,5	Kurang Jelas	Spektrum redup, warna bercampur sehingga sulit membedakan batas warnanya.
3	10 cm	11,5	11	11	11,1	0,5	Jelas	Warna Hijau dan Biru Cukup tajam spektrum mudah diamati meskipun warna merah kurang kuat.

Kemudian, Pada Tabel 2 yang menggunakan sumber cahaya dengan tegangan 4,5 V, pola yang hampir serupa juga terlihat pada kecenderungan penurunan panjang spektrum seiring bertambahnya jarak antara sumber cahaya dan celah spektroskop. Rata-rata panjang spektrum yang diperoleh sebesar 13,6 cm pada jarak 3 cm, kemudian menurun menjadi 12,1 cm pada jarak 5 cm, dan kembali berkurang hingga 11,1 cm pada jarak 10 cm. Pola tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan jarak menyebabkan semakin sedikit cahaya yang diteruskan menuju kisi difraksi sehingga rentang spektrum yang dapat diamati menjadi lebih pendek. Kondisi ini memperlihatkan bahwa konfigurasi geometris sistem optik memiliki pengaruh yang nyata terhadap performa spektroskop sederhana dalam menghasilkan spektrum cahaya yang dapat diamati secara optimal. jarak pengamatan.

Jika dibandingkan dengan sumber cahaya bertegangan 3,7 V, panjang spektrum pada tegangan 4,5 V secara konsisten lebih pendek pada seluruh variasi jarak pengamatan. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan tegangan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kualitas spektrum. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa karakteristik spektral sumber cahaya LED, distribusi intensitas cahaya, serta kondisi kerja LED lebih berpengaruh terhadap panjang spektrum dibandingkan besarnya tegangan yang diberikan. Dengan demikian, kualitas spektrum tidak hanya ditentukan oleh besarnya energi listrik yang digunakan, tetapi juga oleh kemampuan sumber cahaya menghasilkan distribusi panjang gelombang yang dapat didifraksikan secara optimal oleh kisi CD.

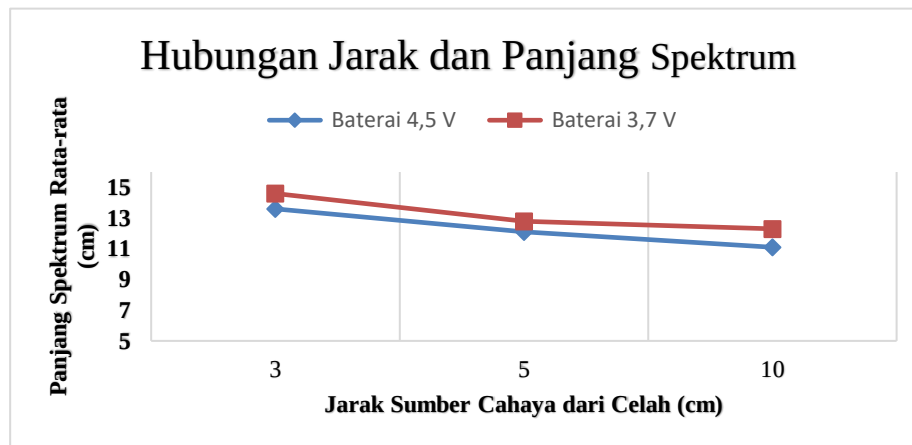


Gambar 4. Hasil Pengukuran Spektrum pada senter 4,5 V pada jarak 3cm, 5cm, dan 10cm

Dari aspek kualitas visual, perubahan jarak juga memberikan pengaruh terhadap ketajaman warna spektrum yang terbentuk. Pada jarak 3 cm, spektrum masih memperlihatkan batas antarwarna yang cukup jelas sehingga setiap warna dapat diamati dengan baik. Ketika jarak diperbesar menjadi 5 cm, kejelasan spektrum menurun yang ditandai dengan memudarnya intensitas cahaya dan berkurangnya ketegasan batas antarwarna. Namun, pada jarak 10 cm kualitas visual kembali mengalami peningkatan meskipun intensitas cahaya tidak sekuat pada jarak terdekat. Kondisi ini menunjukkan bahwa selain tegangan sumber cahaya, faktor geometris seperti jarak, stabilitas posisi celah, serta kondisi lingkungan eksperimen turut berperan dalam menentukan kualitas spektrum yang dihasilkan (Culaba et al., 2023). Oleh karena itu, peningkatan kualitas spektrum tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan perubahan tegangan atau jarak secara terpisah, tetapi harus dipahami sebagai akibat dari kombinasi berbagai parameter eksperimen yang saling memengaruhi.

Temuan ini memiliki implikasi penting terhadap pengembangan spektroskop sederhana sebagai media pembelajaran fisika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sumber cahaya dengan tegangan yang lebih tinggi tidak secara otomatis menghasilkan kualitas spektrum yang lebih baik. Sebaliknya, pengaturan konfigurasi alat, khususnya jarak sumber cahaya terhadap celah dan kestabilan sistem optik, menjadi faktor yang lebih menentukan dalam menghasilkan spektrum yang jelas dan mudah diamati. Oleh karena itu, optimalisasi

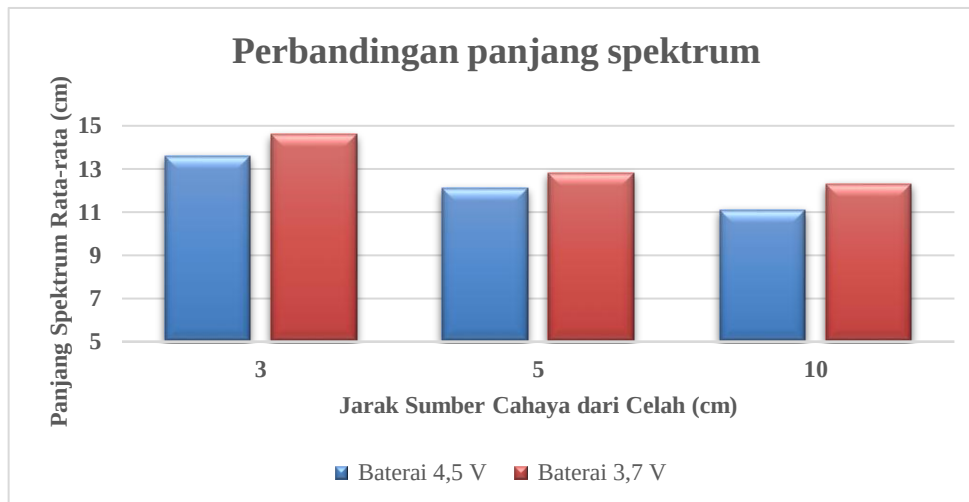
konfigurasi eksperimen perlu menjadi perhatian utama dalam perancangan maupun pemanfaatan spektroskop sederhana agar mampu mendukung pembelajaran konsep difraksi, dispersi, dan spektrum cahaya secara lebih efektif



Gambar 5. Grafik Hubungan Jarak dan Panjang Spektrum

Grafik hubungan antara jarak sumber cahaya ke celah dan panjang spektrum pada Gambar 5. memperlihatkan kecenderungan penurunan panjang spektrum seiring bertambahnya jarak antara sumber cahaya dan celah spektroskop. Pola ini tampak paling konsisten pada sumber cahaya bertegangan 4,5 V, di mana panjang spektrum berkurang dari 13,6 cm pada jarak 3 cm menjadi 11,1 cm pada jarak 10 cm. Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi geometris sistem optik memberikan pengaruh yang nyata terhadap kemampuan spektroskop dalam menampilkan rentang spektrum yang dapat diamati. Semakin besar jarak pengamatan, semakin kecil intensitas cahaya yang mencapai kisi difraksi sehingga sebagian komponen spektrum, terutama yang memiliki intensitas rendah, menjadi semakin sulit terdeteksi oleh mata maupun kamera.

Fenomena tersebut dapat dijelaskan berdasarkan prinsip geometri difraksi, di mana perubahan posisi relatif antara sumber cahaya, kisi difraksi, dan bidang pengamatan memengaruhi distribusi cahaya yang diterima oleh sistem optik. Meskipun sudut difraksi secara teoritis tetap ditentukan oleh panjang gelombang dan karakteristik kisi, bertambahnya jarak menyebabkan sudut pandang efektif terhadap pola difraksi menjadi lebih sempit sehingga rentang warna yang berhasil direkam tampak lebih pendek. Kondisi ini konsisten dengan prinsip kerja spektrometer berbasis kisi reflektif, di mana jarak optis antara kisi dan bidang pengamatan berperan besar dalam menentukan resolusi spasial pola spektral yang terbentuk (Barrios, 2022; Likith et al., 2021). Pada jarak 5 cm terlihat adanya penurunan kejelasan spektrum yang lebih besar dibandingkan kecenderungan umum. Variasi tersebut mengindikasikan bahwa kualitas spektrum tidak hanya dipengaruhi oleh faktor jarak, tetapi juga oleh kestabilan konfigurasi alat selama proses pengukuran. Pergeseran kecil pada posisi celah, kemiringan kisi difraksi, maupun pantulan cahaya di dalam ruang spektroskop berpotensi menurunkan ketajaman spektrum yang terbentuk. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan spektroskop sederhana dalam menghasilkan spektrum yang berkualitas tidak hanya bergantung pada desain alat, tetapi juga pada konsistensi prosedur eksperimen dan pengendalian kondisi pengamatan.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Panjang Spektrum

Perbandingan pada Gambar 6 mengungkapkan pola yang menarik, yaitu pada setiap jarak pengamatan sumber 3,7 V justru menghasilkan panjang spektrum yang lebih besar dibandingkan 4,5 V, padahal secara intuitif tegangan yang lebih tinggi sering diasumsikan menghasilkan cahaya yang lebih terang sekaligus spektrum yang lebih panjang. Selisih ini kemungkinan besar bukan disebabkan oleh kuat-lemahnya intensitas cahaya semata, melainkan oleh karakteristik spektral sumber itu sendiri. Baterai lithium-ion 3,7 V dan rangkaian seri tiga baterai AAA 4,5 V dapat mendorong arus yang berbeda ke LED senter, yang pada gilirannya memengaruhi distribusi panjang gelombang serta suhu warna cahaya yang dipancarkan, bukan hanya tingkat kecerahannya (Nomoto, 2021). Dengan kata lain, LED yang dialiri arus lebih tinggi tidak selalu memancarkan spektrum yang lebih lebar, sebab karakteristik semikonduktor LED dapat membuat distribusi energinya justru memusat pada rentang panjang gelombang tertentu ketika arus dinaikkan melewati titik operasi optimalnya. Temuan ini menegaskan bahwa kualitas spektrum yang dihasilkan oleh spektroskop sederhana dipengaruhi oleh kombinasi faktor sumber cahaya, geometri alat, dan jarak pengamatan secara bersamaan, bukan oleh satu variabel tunggal (Haltovsky et al., 2021).

Untuk memahami akar penyebab pola pada Tabel 1 dan Tabel 2, ada baiknya kembali ke persamaan dasar kisi difraksi, yaitu $d \sin \theta = m\lambda$, dengan d adalah jarak antaralir pada permukaan CD, θ adalah sudut difraksi, m adalah orde difraksi, dan λ adalah panjang gelombang cahaya. Karena setiap panjang gelombang dibelokkan pada sudut yang berbeda, turunan persamaan tersebut terhadap λ menghasilkan dispersi sudut $d\theta/d\lambda = m/(d \cos \theta)$, yang menunjukkan bahwa laju pemisahan sudut antarwarna hanya bergantung pada orde difraksi, kerapatan alir kisi, dan sudut difraksi itu sendiri, bukan pada jarak sumber cahaya terhadap kisi. Dengan kata lain, sudut sebaran antara ujung ungu dan ujung merah pada spektrum yang dihasilkan CD secara teoritis tetap, tidak peduli seberapa jauh senter diletakkan dari celah masuk (Dossou, 2016).

Pertanyaannya kemudian, jika sudut sebaran spektrum secara teoritis tidak berubah, mengapa panjang spektrum yang terukur pada penggaris justru menyusut ketika jarak celah-senter diperbesar? Jawabannya terletak pada dua efek fisis yang bekerja bersamaan. Pertama, iluminansi yang jatuh pada celah berkurang mengikuti hukum kuadrat terbalik, I sebanding dengan $1/r^2$, sehingga daya cahaya yang tersedia untuk dibelokkan oleh kisi juga menurun tajam seiring bertambahnya jarak (Zelviani & Albar, 2018). Bagian ujung spektrum, terutama daerah ungu dan merah, secara alami sudah memiliki intensitas yang lebih rendah dibandingkan bagian tengah karena distribusi daya spektral LED putih tidak merata di seluruh rentang panjang gelombang tampak. Ketika intensitas total menurun akibat jarak yang lebih jauh, bagian ujung

iniilah yang pertama kali jatuh di bawah ambang deteksi mata maupun kamera, sehingga panjang spektrum yang teramati menjadi lebih pendek walaupun rentang sudut difraksinya tidak berubah.

Kedua, jarak celah-senter juga menentukan derajat kolimasi berkas yang memasuki kotak spektroskop. Semakin dekat sumber cahaya terhadap celah, semakin besar sudut pandang (subtended angle) sumber terhadap celah, sehingga cahaya yang masuk bukan lagi berkas sejajar melainkan berkas divergen dari banyak arah datang sekaligus. (Dossou, 2016) menunjukkan bahwa pada kondisi cahaya difus dengan rentang sudut datang yang lebar, setiap panjang gelombang tidak lagi dipetakan ke satu sudut difraksi tunggal, melainkan ke rentang sudut, sehingga pita warna yang terlihat cenderung melebar meskipun batasnya menjadi kurang tegas. Pada jarak yang lebih jauh, berkas mendekati kondisi kolimasi sehingga pemetaan panjang gelombang ke sudut menjadi lebih presisi dan batas warna lebih tegas, namun intensitas totalnya sudah lebih lemah akibat efek kuadrat terbalik. Kombinasi dua efek yang berlawanan arah inilah yang menjelaskan mengapa jarak 5 cm pada penelitian ini justru menghasilkan kategori kejelasan paling rendah, yaitu berada pada zona transisi antara berkas yang masih cukup divergen namun intensitasnya sudah mulai berkurang, sebelum akhirnya menjadi lebih kolimasi dan tegas kembali pada jarak 10 cm.

Fenomena tegangan 3,7 V yang secara konsisten menghasilkan spektrum lebih panjang dibandingkan 4,5 V juga dapat ditelusuri hingga ke tingkat semikonduktor LED itu sendiri, bukan sekadar soal terang-redup cahaya. LED putih komersial pada umumnya berupa chip InGaN pemancar biru yang dilapisi fosfor, misalnya YAG:Ce, yang mengonversi sebagian foton biru menjadi rentang hijau-kuning-merah. Ketika arus penggerak dinaikkan, sebagaimana yang terjadi pada rangkaian tiga baterai AAA yang disusun seri untuk menghasilkan 4,5 V dibandingkan satu sel litium-ion tunggal 3,7 V, suhu sambungan (junction temperature) chip LED meningkat dan memicu dua efek yang saling memperkuat, yaitu efficiency droop pada chip LED itu sendiri dan thermal quenching pada lapisan fosfor (Fan et al., 2017; Wu et al., 2026). Thermal quenching menyebabkan efisiensi konversi foton biru menjadi foton hijau-kuning-merah oleh fosfor menurun lebih cepat dibandingkan efisiensi emisi biru itu sendiri, sehingga distribusi daya spektral LED bergeser dan komponen panjang gelombang panjang (oranye-merah) melemah secara tidak proporsional dibandingkan komponen biru. Karena komponen oranye-merah inilah yang biasanya membentuk ujung spektrum pada sisi panjang gelombang panjang, pelemahannya membuat panjang spektrum yang teramati pada 4,5 V menjadi lebih pendek dibandingkan 3,7 V, sekalipun secara subjektif cahaya pada 4,5 V dapat saja terlihat lebih terang atau lebih putih-kebiruan.

Dengan demikian, terdapat dua variabel yang perlu dibedakan secara konseptual dalam penelitian ini, yaitu intensitas total cahaya yang mengikuti hukum kuadrat terbalik terhadap jarak dan cenderung meningkat terhadap arus atau tegangan, serta distribusi spektral cahaya yang bergantung pada karakteristik semikonduktor LED, suhu operasinya, dan pada geometri sudut datang cahaya ke kisi. Panjang spektrum yang terukur pada penelitian ini pada dasarnya merupakan hasil gabungan dari kedua variabel tersebut, yang kemudian disaring oleh ambang sensitivitas mata dan kamera terhadap cahaya redup pada kedua ujung spektrum tampak. Pemahaman ini menjelaskan mengapa hubungan antara jarak, tegangan, dan panjang spektrum tidak sepenuhnya linear atau intuitif, sekaligus menegaskan pentingnya mengontrol karakteristik sumber cahaya, bukan hanya jaraknya, apabila spektroskop sederhana ini hendak dikembangkan lebih lanjut untuk pengukuran kuantitatif yang lebih presisi.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa spektroskop berbasis CD yang dirancang dalam penelitian ini layak digunakan sebagai media praktikum difraksi dan dispersi cahaya dengan biaya rendah, sejalan dengan berbagai laporan sebelumnya mengenai efektivitas alat peraga optik sederhana dalam mendukung pemahaman konsep dan keterampilan proses sains peserta didik (Azhar et al., 2022; Herlina et al., 2022; Kahar, 2018). Meskipun demikian, variasi

hasil pada jarak dan tegangan yang berbeda mengindikasikan perlunya standardisasi prosedur pengukuran, terutama dalam pengendalian posisi kisi dan pencahayaan ruang, agar data yang diperoleh lebih konsisten pada replikasi berikutnya.

KESIMPULAN

Spektroskop sederhana berbasis CD berhasil dirancang dan mampu menguraikan cahaya putih menjadi spektrum cahaya tampak dengan baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin jauh jarak sumber cahaya dari celah, panjang spektrum yang teramati cenderung semakin pendek. Perbedaan karakteristik spektrum yang diperoleh menunjukkan bahwa kualitas spektrum dipengaruhi oleh konfigurasi alat, karakteristik sumber cahaya, dan kondisi pengamatan. Secara keseluruhan, spektroskop sederhana yang dikembangkan layak digunakan sebagai media praktikum fisika yang sederhana, ekonomis, dan efektif untuk mempelajari konsep difraksi, dispersi, serta spektrum cahaya.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sumber cahaya yang lebih stabil serta mengoptimalkan pengaturan celah, posisi kisi difraksi, dan kondisi pencahayaan agar hasil pengamatan lebih konsisten. Pengembangan alat dengan sistem pengukuran digital juga dapat dilakukan untuk meningkatkan ketelitian analisis spektrum.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, Fuadi, H., Doyan, A., Susilawati, Ayub, S., & Hudha, L. . (2022). Innovation of simple binoculars as a teaching aid for optical practicum at school. *Journal of Physics: Conference Series*, 2165(1), 012031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2165/1/012031>
- Barrios, C. A. (2022). Smartphone-Based Refractive Index Optosensing Platform. *Sensors*, 22(3), 903. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s22030903>
- Carpentieri, M. A., Fano, G., Jurinovich, S., & Domenici, V. (2023). Introduction to Light Properties and Basic Principles of Spectroscopy at the High-School Level : A Pilot Study. *Education Sciences*, 13(3), 316. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/educsci13030316>
- Culaba, I. ., Maquiling, J. ., & Santos, R. . D. (2023). Fabrication and applications of a novel and multi- feature spectroscope. *Journal of Physics: Conference Series*, 2611(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2611/1/012012>
- Dossou, K. B. (2016). Doppler shift generated by a moving diffraction grating under incidence by polychromatic diffuse light. *Applied Optics*, 55(15), 3915–3924. <https://doi.org/https://doi.org/10.1364/AO.55.003915>
- Fan, J., Mohamed, M. G., Qian, C., Fan, Q., Zhang, G., & Pacht, M. (2017). Color Shift Failure Prediction for Phosphor-Converted White LEDs by Modeling Features of Spectral Power Distribution with a Nonlinear Filter Approach. *Materials*, 10(7), 819. <https://doi.org/10.3390/ma10070819>
- Haltovsky, A., Shemar, A., Schwarz, A., & Gur, E. (2021). The Refractive Periscope – a Novel Concept. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science PAPER*, 897(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/897/1/012019>
- Herlina, K., Wicaksono, B. A., Andra, D., & Nyeneng, I. D. P. (2022). Development of a simple and low-cost light diffraction props for teaching and learning optics during COVID-19 outbreak. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(2), 437–447.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jpmipa/v23i2.pp437-447>
- Jumria, Syamsuriwal, Wahyono, U., & Paramita, I. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Project Based Learning (Pjbl) Pada Materi Alat-Alat Optik Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sma Negeri 1 Sigi. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 12(1), 55–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.22487/jpft.v12i1.3500>
- Kahar, M. S. (2018). Motivation Analysis Learning in The Implementation of Physics Practicum. *Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.30998/formatif.v8i1.2304>
- Likith, G., Jayram, N. D., Yaswanth, B., Sreekanth, D., Deny, J., Karuthapandi, M., & Vishwa, S. . (2021). Designing of low-cost spectrometer for sensor application. *Journal of Optics*, 50(3), 489–494. <https://doi.org/10.1007/s12596-021-00707-w>
- Nomoto, T. (2021). Color-Observable Simple Raman Spectroscope for Live Exhibitions Using a Consumer Digital Camera. *Journal of Chemical Education*, 98(10), 3356–3361. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00584>
- Prayogi, S., Silviana, F., & Saminan. (2023). Development of an Inexpensive Spectrometer Tool with a Tracker to Investigate Light Spectrum. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 24(1), 28–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jpmipa/v24i1.pp28-38>
- Rafika, & Pasaribu, M. (2024). Pengembangan Modul Pembelajaran Berbantuan Simulasi Phet pada Materi Elastisitas dan Hukum Hooke. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 12(1), 44–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.22487/jpft.v12i1.3477>
- Widiatmoko, E., Widayani, Budiman, M., Abdullah, M., & Khairurrijal. (2011). A simple spectrophotometer using common materials and a digital Camera. *Features*, 46(03), 332–339. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/3/014>
- Wu, L., Li, Y., Chen, H., Wang, J., Wang, X., & Xue, Y. (2026). The spectral power distribution prediction of LED light source based on Gaussian mathematical model and improved residual network. *Scientific Reports*, 16(7751), 1038. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-026-39015-3>
- Zelviani, S., & Albar, A. (2018). Hubungan Intensitas Cahaya dan Jarak Pancaran Sebagai Hukum Kebalikan Kuadrat. *JFT*, 5(1), 7–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.24252/jft.v5i1.15927>