

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORITIK**

#### **2.1 Kajian Teori dan Hasil Penelitian yang Relevan**

##### **2.1.1 Penuntun Praktikum**

###### **2.1.1.1 Pengertian Penuntun Praktikum**

Penuntun praktikum mencakup instruksi tentang persiapan, pelaksanaan, analisis data, dan pelaporan. Penuntun praktikum membantu pendidik melakukan pengajaran di laboratorium dengan memberikan bahan ajar yang meminimalkan peran dosen, mendorong mahasiswa menjadi lebih aktif dan memperoleh pengetahuan yang bermanfaat, dan meningkatkan keterampilan dan kreatifitas. Memenuhi hakikat fisika sebagai proses dan produk membutuhkan kemampuan berpikir kritis. Mahasiswa dapat memahami konsep, mengaplikasikan, menganalisis, membuat sintesis dan mengevaluasi (Nurussaniah & Nurhayati, 2016).

Penuntun praktikum merupakan fasilitas praktikum yang membantu mahasiswa melaksanakan kegiatan praktikum. Penuntun praktikum merupakan panduan yang ditulis dengan tujuan agar mahasiswa dapat belajar mandiri tanpa bantuan dosen dan asisten dosen (Suryaningsih, 2017).

Penuntun praktikum adalah dokumen atau panduan yang disiapkan untuk membantu mahasiswa atau peserta praktikum dalam melaksanakan kegiatan praktikum dengan efektif dan efisien. Tujuan utama dari penuntun praktikum adalah memberikan petunjuk langkah demi langkah tentang bagaimana melakukan eksperimen atau aktivitas praktikum tertentu, memberikan informasi tentang teori yang mendasari eksperimen, menguraikan prosedur yang harus diikuti, dan

memberikan panduan dalam menganalisis dan menginterpretasi hasil. Penuntun tersebut dapat berupa buku cetak maupun dalam bentuk lembaran-lembaran yang dibuat sendiri oleh pendidik (Dinatha, 2019).

Penuntun praktikum juga merupakan panduan atau petunjuk yang dirancang untuk membantu mahasiswa atau peserta praktikum melakukan eksperimen atau kegiatan praktikum di laboratorium. Penuntun praktikum berisi instruksi rinci tentang langkah-langkah, tujuan, dan prosedur yang harus diikuti selama praktikum. Tujuan dari penuntun praktikum adalah untuk memberikan peserta praktikum panduan yang jelas dan sistematis untuk melakukan eksperimen dengan benar. Dengan menggunakan metode eksperimen dalam praktikum, mahasiswa diberi kesempatan untuk mengalami sendiri, mengikuti proses, mengamati sesuatu, menganalisis, membuktikan, dan menarik kesimpulan sendiri tentang sesuatu, keadaan, atau proses belajar mengajar. Dengan demikian, mahasiswa akan memiliki keyakinan yang lebih besar salah satunya membutuhkan penuntun praktikum agar kegiatan praktikum berjalan dengan baik (Siahaan et al., 2019).

Menurut matsun,dkk (2018) menyatakan bahwa penuntun praktikum merupakan dokumen atau petunjuk yang bertujuan untuk memberikan peserta praktikum arahan atau instruksi tentang cara melakukan eksperimen atau kegiatan praktis secara aman dan efektif. Tujuan penuntun praktikum adalah untuk membantu peserta praktikum memahami tujuan eksperimen, prosedur yang harus diikuti, peralatan dan keselamatan yang diperlukan, pengumpulan data, analisis hasil, dan penyusunan laporan. Biasanya, penuntun praktikum mencakup beberapa elemen penting:

- a. Pendahuluan: Penjelasan tentang tujuan eksperimen, latar belakang konsep, dan konteks eksperimen dalam konteks ilmiah atau pendidikan.
- b. Prosedur eksperimen: Langkah-langkah rinci yang harus diikuti untuk menjalankan eksperimen yang mencakup instruksi tentang penggunaan peralatan, urutan tindakan, pengukuran yang harus diambil, dan langkah-langkah lain yang relevan.
- c. Daftar peralatan dan bahan: Informasi tentang semua peralatan, instrumen, dan bahan yang dibutuhkan untuk eksperimen, beserta cara menggunakannya dengan benar.
- d. Keselamatan: Panduan mengenai tindakan-tindakan keselamatan yang harus diambil selama eksperimen, termasuk penggunaan alat pelindung diri (APD) dan langkah-langkah untuk mencegah cedera atau kecelakaan.
- e. Pengumpulan data: Instruksi mengenai cara mengumpulkan data dengan benar, mencatat pengukuran, dan membuat catatan yang akurat.
- f. Analisis data: Panduan tentang bagaimana menganalisis data yang telah dikumpulkan, melakukan perhitungan, dan menginterpretasikan hasil.
- g. Kesimpulan dan diskusi: Instruksi tentang bagaimana merumuskan kesimpulan berdasarkan hasil eksperimen dan melakukan diskusi mengenai arti temuan tersebut.
- h. Laporan eksperimen: Petunjuk tentang cara menyusun laporan eksperimen yang lengkap dan informatif, termasuk struktur laporan dan informasi yang harus disertakan.

Penuntun praktikum sangat penting dalam konteks pendidikan dan penelitian karena membantu memastikan bahwa eksperimen dilakukan dengan benar, data dikumpulkan secara akurat, dan hasilnya diinterpretasikan dengan tepat. Hal ini juga membantu peserta praktikum untuk belajar tentang konsep-konsep ilmiah dan proses ilmiah secara lebih mendalam.

### **2.1.1.2 Fungsi dan kegunaan penuntun praktikum**

Penuntun praktikum harus mudah dipahami dan digunakan untuk meminimalkan peran dosen, mendorong mahasiswa untuk menjadi lebih aktif dan memperoleh pengetahuan yang bermakna, serta memberikan pemikiran kreatif dan keterampilan praktis. Praktikum bertujuan untuk membentuk keterampilan proses sains mahasiswa dan memecahkan berbagai persoalan fenomena alam. Pembelajaran fisika berbasis praktikum berperan penting dalam memperdalam pengetahuan dan pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep fisika (Darmaji & Parasdila, 2018).

Menurut Rusdiana (2020) menyatakan bahwa penuntun praktikum sangat bermanfaat untuk pembelajaran praktikum atau eksperimen dalam bidang ilmu fisika atau bidang lain. Berikut adalah beberapa fungsi dan kegunaan penuntun praktikum:

a. Panduan Pelaksanaan Praktikum:

Penuntun praktikum memberikan instruksi yang jelas tentang persiapan, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur eksperimen yang harus diikuti.

b. Meminimalkan Peran Dosen:

Penuntun praktikum yang komprehensif dapat meminimalkan peran dosen selama praktikum. Untuk mengikuti langkah-langkah eksperimen secara mandiri, mahasiswa dapat mengacu pada penuntun ini.

c. Meningkatkan Kemandirian Mahasiswa:

Penuntun praktikum memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk melakukan eksperimen secara mandiri. Dengan mengikuti petunjuk yang diberikan oleh penuntun, mahasiswa dapat meningkatkan kemampuan dalam melakukan praktikum tanpa mendapatkan banyak bantuan dari dosen dan asisten laboratorium.

d. Memfasilitasi Pembelajaran:

Penuntun praktikum berfungsi sebagai sumber pembelajaran yang membantu mahasiswa memahami konsep-konsep fisika atau ilmu lainnya secara praktis. Dengan melakukan eksperimen sesuai dengan penuntun, mahasiswa dapat memahami konsep-konsep yang diajarkan dalam pelajaran teori secara pribadi.

e. Memperoleh Pengetahuan yang Bermakna:

Mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang fenomena fisika dan hubungannya dengan teori yang dipelajari melalui eksperimen dan dijelaskan dalam penuntun.

f. Meningkatkan Kreativitas Berpikir:

Penuntun praktikum dapat memberi mahasiswa kesempatan untuk berpikir kreatif dan menemukan solusi untuk masalah yang muncul selama eksperimen.

Oleh karena itu, penuntun praktikum memiliki peran yang sangat penting dalam pembelajaran praktikum di laboratorium. Penuntun meningkatkan keterampilan mahasiswa, meningkatkan pemahaman tentang topik yang dipelajari, dan membantu dalam proses pembelajaran yang lebih efisien.

### **2.1.1.3 Tujuan penuntun praktikum**

Menurut Wahab et al (2021) Tujuan penuntun praktikum adalah untuk membantu mahasiswa atau peserta praktikum menjalankan praktikum secara efektif dan efisien. Tujuan penuntun praktikum adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan Petunjuk Operasional: Penuntun praktikum memberikan petunjuk yang jelas tentang cara menjalankan eksperimen atau kegiatan praktikum dengan benar. Petunjuk ini mencakup langkah-langkah teknis, prosedur, dan tata cara yang harus diikuti.
- b. Keamanan: Memastikan bahwa peserta praktikum memahami dan mematuhi aturan keselamatan yang relevan adalah penting untuk menghindari kecelakaan dan cedera selama praktikum.
- c. Memfasilitasi Pembelajaran: Tujuan penuntun praktikum adalah untuk meningkatkan pemahaman peserta praktikum tentang konsep teoritis yang relevan. Sehingga dapat mencakup penjelasan teori, tujuan eksperimen, dan hasil yang diharapkan.
- d. Evaluasi Hasil: Penuntun praktikum kadang-kadang dapat memberikan instruksi tentang cara menganalisis dan melaporkan hasil praktikum. Sehingga membantu dalam evaluasi hasil kegiatan praktikum atau eksperimen.

- e. Memudahkan Kolaborasi: Penuntun praktikum dapat digunakan oleh mahasiswa atau peserta praktikum dan pengajar atau pembimbing praktikum sebagai referensi bersama. Sehingga membantu menjaga pemahaman yang konsisten dan meningkatkan hasil praktikum.
- f. Meningkatkan Efisiensi Waktu: Peserta praktikum dapat menghemat waktu dengan mendapatkan panduan yang jelas.
- g. Meningkatkan Keterampilan Praktis: Penuntun praktikum membantu peserta praktikum menjadi lebih mahir dalam hal keterampilan praktis.

#### **2.1.1.4. Karakteristik penuntun praktikum**

Menurut Widodo (2017), untuk menghasilkan sebuah penuntun praktikum yang mampu meningkatkan motivasi belajar harus memperhatikan karakteristik penuntun praktikum. Berikut ini karakteristik penuntun praktikum:

##### *a. Self Instruction*

*Instruction* yaitu karakter yang memungkinkan seorang mahasiswa secara mandiri dan tidak tergantung pada orang lain. Karakter ini sangat penting untuk memenuhi karakter, maka penuntun praktikum tersebut harus:

- 1) Memuat tujuan pembelajaran yang jelas
- 2) Memuat materi pembelajaran atau dasar teori, sehingga memudahkan untuk dipelajari.
- 3) Dilengkapi dengan contoh dan ilustrasi yang mendukung kejelasan materi
- 4) Terdapat latihan soal, bahan diskusi, dan sejenisnya yang dapat digunakan untuk mengukur kemampuan mahasiswa.

- 5) Kontekstual, yaitu materi yang disajikan berhubungan dengan suasana konteks, kegiatan, dan lingkungan mahasiswa.
- 6) Menggunakan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami.
- 7) Terdapat rangkuman materi pembelajaran.
- 8) Terdapat umpan balik atau penilaian mahasiswa, sehingga dapat mengetahui tingkat penguasaan materi.
- 9) Terdapat informasi daftar rujukan/pengayaan/referensi yang mendukung materi pembelajaran yang dibahas.

b. *Self contained*

*Self contained* yaitu apabila seluruh materi yang dibutuhkan terdapat dalam penuntun praktikum tersebut, tujuannya adalah memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mempelajari materi secara tuntas, karena materi belajar dikemas ke dalam satu kesatuan yang utuh, sehingga tujuan praktikum tercapai dengan baik.

c. *Stand alone* (berdiri sendiri)

*Stand alone* yaitu karakteristik penuntun praktikum yang tidak tergantung pada bahan ajar/media lain, atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan bahan ajar/media lain. Mahasiswa dengan demikian tidak perlu bahan ajar yang lain untuk mempelajari atau mengerjakan tugas pada penuntun praktikum tersebut.

d. Adaptif

Adaptif yaitu karakter penuntun praktikum yang hendaknya memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap perkembangan ilmu dan teknologi. Suatu penuntun praktikum dikatakan adaptif apabila dapat menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta fleksibel di berbagai perangkat keras.



e. *User friendly* (bersahabat)

*User friendly* yaitu karakter dimana setiap instruksi atau penjelasan materi yang terdapat di dalam penuntun praktikum bersifat membantu dan bersahabat dengan penggunaannya. Penggunaan bahasa yang sederhana, mudah dimengerti, serta menggunakan istilah yang umum digunakan merupakan salah satu bentuk *user friendly*.

Dengan menggabungkan karakteristik-karakteristik ini, penuntun praktikum difraksi celah ganda akan menjadi panduan yang efektif dalam membantu mahasiswa memahami konsep fisika melalui pengalaman langsung dalam eksperimen praktikum.

#### **2.1.1.5 Komponen - komponen penuntun praktikum**

Penuntun praktikum adalah berupa buku yang dibuat agar dapat memandu mahasiswa selama proses praktikum berlangsung. Isi dari buku penuntun ini yaitu, judul, tujuan, dasar teori, alat dan bahan, prosedur percobaan serta memuat pertanyaan berdasarkan tujuan yang disusun secara sistematis (Siahaan, dkk, 2019). Penuntun praktikum berfungsi sebagai bahan ajar yang dapat meningkatkan peran pendidik dan meningkatkan peserta praktikum dalam menambah pengetahuan, kreatifitas berpikir serta keterampilan, sehingga membantu pendidik selama proses pembelajaran di laboratorium (Ningsih dkk, 2020).

Kegiatan praktikum dapat dilaksanakan sesuai prosedur dengan baik, maka diperlukan penuntun yang jelas dan mudah dimengerti (Darmaji, dkk, 2019). Penuntun praktikum sangat penting karena dapat membantu pembelajaran dan meningkatkan ketertarikan mahasiswa dan mahasiswi. Penuntun praktikum juga

dapat memberi peserta praktikum pemahaman tentang cara kerja dan sistematika pembuatan laporan praktikum.

Menurut Syamsu (2017) menyatakan bahwa komponen-komponen yang harus ada dalam buku penuntun praktikum adalah sebagai berikut:

- a. Judul praktikum harus singkat, padat, jelas, dan dapat mempresentasikan secara umum kegiatan praktikum yang akan dilaksanakan. Judul praktikum disusun sesuai dengan materi yang akan dipraktikumkan
- b. Dasar teori adalah teori yang mendasari atau materi yang berhubungan dengan praktikum yang akan dilaksanakan. Berfungsi untuk memberikan informasi dan wawasan pengetahuan berfikir, sehingga mempermudah mahasiswa dalam melakukan dan mencapai tujuan praktikum.
- c. Tujuan praktikum yaitu gambaran hal yang akan dilaksanakan, dibuktikan, diuji atau dipelajari selama kegiatan praktikum.
- d. Alat dan bahan adalah komponen daftar alat dan bahan yang akan digunakan selama kegiatan praktikum.
- e. Prosedur percobaan adalah langkah-langkah yang harus diikuti atau dilaksanakan ketika kegiatan praktikum berlangsung. Dapat berupa poin-poin maupun uraian.
- f. Tabel hasil pengamatan berisikan tabel yang berfungsi untuk mencatat data yang diperoleh dari kegiatan praktikum yang telah dilaksanakan.
- g. Diskusi adalah pertanyaan-pertanyaan atau latihan soal yang berfungsi untuk menguji kemampuan mahasiswa setelah melakukan kegiatan praktikum sehingga dapat diketahui sampai mana tingkat pemahamannya.
- h. Refleksi adalah aktivitas mahasiswa berupa pemberian umpan balik (*feedback*)

setelah melakukan kegiatan praktikum, hal ini dapat diisi dengan pesan dan kesan setelah melakukan kegiatan tersebut dan uraian mengenai hasil praktikum apakah sudah sesuai dengan teori dan pembelajaran sebelumnya.

- i. Daftar rujukan adalah rujukan yang berisikan rujukan-rujukan atau referensi yang digunakan selama kegiatan praktikum

#### **2.1.1.6 Manfaat Penuntun Praktikum**

Menurut Hendriyani et al (2020) menyatakan bahwa penuntun praktikum memiliki berbagai manfaat yang sangat penting bagi mahasiswa. Berikut adalah beberapa manfaat utama penuntun praktikum bagi mahasiswa:

- a. **Pemahaman Konsep Praktis:** Penuntun praktikum menghubungkan konsep teoretis dengan aplikasi praktis. Mahasiswa dapat melihat bagaimana konsep-konsep fisika atau ilmu lainnya diterapkan dalam situasi dunia nyata, membantu memahami hubungan antara teori dan praktik.
- b. **Pengembangan Keterampilan Praktis:** Melalui pelaksanaan eksperimen yang dijelaskan dalam penuntun, mahasiswa mengembangkan keterampilan praktis seperti penggunaan alat dan peralatan laboratorium, teknik pengukuran, dan analisis data.
- c. **Pemecahan Masalah:** Penuntun praktikum sering menghadirkan situasi atau masalah yang perlu diatasi oleh mahasiswa.
- d. **Kemandirian dalam Pembelajaran:** Mahasiswa dapat menggunakan penuntun praktikum sebagai panduan untuk menjalankan eksperimen atau aktivitas tanpa harus terus-menerus meminta bantuan dosen atau asisten laboratorium.

- e. Pemahaman Proses Ilmiah: Melalui penuntun praktikum, mahasiswa dapat melihat bagaimana metode ilmiah diterapkan dalam konteks eksperimen.

Secara keseluruhan, penuntun praktikum adalah alat yang sangat berharga bagi mahasiswa dalam memaksimalkan pembelajaran praktis dan mengembangkan keterampilan yang relevan dengan bidang studi mahasiswa.

Sedangkan manfaat buku penuntun praktikum bagi dosen adalah sebagai berikut:

- 1) Standar Pelaksanaan: buku penuntun praktikum membantu dosen dalam menetapkan standar yang konsisten untuk pelaksanaan praktikum di berbagai kelompok mahasiswa atau kelas. Ini memastikan bahwa semua mahasiswa mendapatkan pengalaman praktikum yang seragam dan sesuai dengan tujuan pembelajaran.
- 2) Efisiensi Pengajaran: adanya buku penuntun praktikum, dosen dapat menghemat waktu dalam memberikan instruksi praktikum kepada setiap kelompok mahasiswa. Instruksi yang telah dirinci dalam buku dapat diikuti oleh mahasiswa secara mandiri.
- 3) Referensi Rinci: buku penuntun praktikum menyajikan panduan rinci tentang eksperimen, teori yang mendasarinya, dan langkah-langkah praktis yang diperlukan. Sehingga membantu dosen untuk memberikan panduan yang tepat kepada mahasiswa dalam melaksanakan eksperimen.
- 4) Evaluasi yang Konsisten: dosen dapat menggunakan buku penuntun praktikum sebagai dasar untuk mengevaluasi kinerja mahasiswa. Kriteria evaluasi yang

jasas yang terdapat dalam buku membantu memastikan penilaian yang adil dan konsisten.

- 5) Sumber Rujukan: buku penuntun praktikum dapat menjadi sumber referensi bagi dosen dalam mempersiapkan materi pengajaran atau menjawab pertanyaan mahasiswa. Ini membantu dosen memberikan penjelasan yang tepat dan mendalam.

Sedangkan manfaat penuntun sendiri yaitu sebagai buku penuntun praktikum mempunyai banyak manfaat, dapat ditinjau dari sudut pandang mahasiswa dan dosen. Adapun manfaat buku penuntun praktikum bagi mahasiswa adalah sebagai berikut:

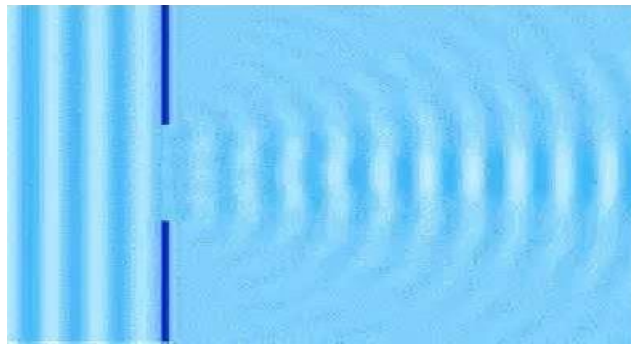
- a) Melatih mahasiswa bekerja sesuai prosedur ilmiah untuk mendapatkan pengetahuan, keterampilan, dan nilai ilmiah.
- b) Mengembangkan keterampilan sains mahasiswa.
- c) Memiliki kesempatan untuk menguji kemampuan diri melalui pengerjaan latihan soal yang terdapat dalam buku penuntun praktikum.
- d) Mengeksplor keterampilan mahasiswa untuk berinteraksi dengan lingkungan dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

## **2.1.2 Tinjauan Materi**

### **2.1.2.1 Difraksi celah ganda**

Difraksi adalah pelenturan atau pembelokan cahaya saat cahaya tersebut melintasi atau melewati suatu celah. Gejala difraksi terjadi akibat dari gelombang yang terdistorsi atau terbelah oleh suatu celah. Apabila panjang gelombang

meningkat atau semakin besar, pola difraksi cenderung memiliki jarak yang lebih besar. Ini dikaitkan dengan fenomena difraksi karena hubungan antara celah dengan panjang gelombang. Secara umum semakin besar panjang gelombangnya, semakin besar pula jarak antara puncak-puncak atau lembah-lembah dalam pola difraksi (Anggur et al., 2019).



**Gambar 2.1** Difraksi ( Sumber : Arjun Syarif et al., 2017)

Sugianto (2017) menyatakan bahwa, difraksi cahaya adalah peristiwa membeloknya arah rambat cahaya karena adanya penghalang. Difraksi cahaya sering sulit diamati karena panjang gelombang demikian kecilnya atau karena intensitas cahayanya tidak cukup. Kecuali untuk pola Fraunhofer celah sempit dan panjang. Pada mekanika kuantum, eksperimen celah ganda yang dilakukan oleh Thomas Young menunjukkan sifat yang tidak terpisahkan dari cahaya sebagai gelombang partikel berupa pita cahaya yang terang dan gelap pada bidang pengamatan.

Jehadu et al., (2020) menyatakan bahwa jika cahaya dilewatkan pada sebuah celah maka cahaya tersebut akan mengalami difraksi yang pada gilirannya akan mengalami interferensi, ditandai dengan adanya pola gelap-terang yang terlihat

pada layar. Pada dasarnya setiap gelombang cahaya yang melalui suatu penghalang akan mengalami pembelokan arah rambat.

Difraksi celah ganda adalah fenomena optik yang terjadi ketika cahaya atau gelombang lainnya melewati dua celah sempit yang ditempatkan berdampingan. Fenomena ini menyebabkan gelombang tersebut melengkung dan membentuk pola interferensi di belakang celah-celah tersebut. Pola interferensi ini tergantung pada panjang gelombang cahaya, lebar celah, jarak antara celah, dan sudut pandang pengamat (Herzog et al., 2019).

Menurut wilujeng (2021) menyatakan bahwa pada difraksi celah ganda, pola yang teratur dari gelap dan terang menunjukkan interferensi konstruktif (menghasilkan puncak gelombang yang lebih tinggi) atau destruktif (menghasilkan lembah gelombang yang lebih rendah), tergantung pada perbedaan fase antara gelombang-gelombang tersebut. Pola interferensi ini dapat diamati dengan menggunakan percobaan difraksi celah ganda, di mana cahaya monokromatik (seperangkat gelombang dengan panjang gelombang tunggal) dilewatkan melalui celah-celah ganda dan hasilnya diamati pada layar di belakangnya.

#### **2.1.2.2 Karakteristik difraksi celah ganda**

Menurut Sugianto ( 2017) , Difraksi celah ganda adalah fenomena optik di mana cahaya atau gelombang lainnya mengalami pembelokan atau pemancaran saat melewati dua celah sempit yang berdampingan. Fenomena ini dapat diamati pada cahaya, gelombang suara, elektron, dan partikel subatomik lainnya. Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari difraksi celah ganda:

1. Interferensi : Salah satu karakteristik utama difraksi celah ganda adalah interferensi. Interferensi terjadi ketika dua gelombang yang berbeda saling tumpang tindih dan menghasilkan pola gelombang baru. Pada difraksi celah ganda, cahaya yang melewati dua celah akan tumpang tindih dan menghasilkan pola gelombang interferensi.
2. Pola Interferensi : Difraksi celah ganda menghasilkan pola interferensi pada layar atau permukaan penerima di belakang celah. Pola ini terdiri dari daerah-daerah terang (maksimal) dan daerah-daerah gelap (minimal) yang terbentuk akibat interferensi konstruktif dan destruktif.
3. Lebar Celah dan Jarak Antar Celah : Karakteristik difraksi celah ganda dipengaruhi oleh lebar celah (lebar fisik dari masing-masing celah) dan jarak antara celah (jarak tengah-tengah celah). Lebar celah yang lebih kecil dan jarak antara celah yang lebih besar cenderung menghasilkan pola interferensi yang lebih tajam.
4. Panjang Gelombang Cahaya: Panjang gelombang cahaya yang digunakan juga mempengaruhi pola difraksi celah ganda. Panjang gelombang yang lebih panjang menghasilkan pola interferensi yang lebih lebar, sedangkan panjang gelombang yang lebih pendek menghasilkan pola yang lebih tajam.
5. Intensitas Pola: Intensitas pola difraksi celah ganda bervariasi dalam pola interferensi. Puncak intensitas (maksimal) terjadi di daerah-daerah terang, sedangkan intensitas rendah (minimal) terjadi di daerah-daerah gelap.
6. Pola Orde Tinggi: Selain puncak utama, pola difraksi celah ganda juga dapat memiliki puncak-puncak kecil yang disebut puncak orde tinggi. Puncak-



puncak ini terjadi di sekitar puncak utama dan disebabkan oleh efek interferensi dari gelombang-gelombang sekunder.

7. Perubahan Lebar Celah: Jika lebar celah diubah, pola difraksi juga akan berubah. Lebar celah yang lebih lebar akan menghasilkan pola interferensi yang lebih tumpang tindih, sedangkan lebar celah yang lebih sempit akan menghasilkan pola yang lebih jelas.
8. Penggunaan dalam Pengukuran Panjang Gelombang: Difraksi celah ganda digunakan dalam pengukuran panjang gelombang cahaya atau gelombang lainnya. Dengan mengamati pola difraksi, panjang gelombang cahaya dapat dihitung menggunakan rumusan yang berkaitan dengan lebar celah, jarak antara celah, dan pola interferensi yang diamati.

### **2.1.2.3 Prinsip Huygens-Fresnel:**

Lestari (2018) menyatakan bahwa Salah satu konsep penting dalam teori gelombang adalah prinsip Huygens-Fresnel, yang didasarkan pada gagasan dan kontribusi dua ilmuwan, Christian Huygens dan Augustin-Jean Fresnel. Konsep ini menjelaskan bagaimana gelombang berpropagasi melalui medium.

#### **1. Christian Huygens (1629-1695)**

Prinsip Huygens dikembangkan oleh fisikawan dan matematikawan Belanda Huygens yang mengatakan bahwa setiap titik pada gelombang cahaya dapat dianggap sebagai sumber gelombang sekunder yang menghasilkan gelombang sferis. Dengan kata lain, setiap titik pada gelombang berfungsi sebagai sumber mini yang mengirimkan gelombang sferis ke mana pun.

## 2. Augustin-Jean Fresnel (1785–1827)

Fresnel, seorang fisikawan Prancis, mengembangkan prinsip Huygens dan menggunakannya untuk menjelaskan fenomena difraksi dan interferensi dengan lebih rinci dan menunjukkan bahwa prinsip Huygens dapat digunakan untuk memprediksi bagaimana gelombang.

Menurut Muhammad Arsyad (2023) menyatakan bahwa banyak fenomena gelombang dijelaskan oleh prinsip Huygens-Fresnel. Prinsip Huygens-Fresnel menyediakan kerangka kerja teoritis untuk menjelaskan banyak fenomena gelombang, termasuk:

- a. Difraksi: Prinsip Huygens-Fresnel menjelaskan bagaimana gelombang melengkung di sekitar penghalang ketika melewati rintangan atau celah.
- b. Interferensi: Konsep ini juga digunakan untuk menjelaskan bagaimana dua atau lebih gelombang yang tumpang tindih dapat memperkuat satu sama lain (*interferensi konstruktif*) atau membatalkan satu sama lain (*interferensi destruktif*).

### 2.1.2.4 Koherensi Panjang Gelombang

Menurut Prasetio (2017) menyatakan bahwa sangat penting adanya koherensi gelombang antara dua sumber cahaya atau celah. Koherensi gelombang memastikan bahwa fase gelombang dari dua sumber tetap terkait satu sama lain secara konsisten. Koherensi gelombang memiliki dampak langsung pada pola interferensi yang terbentuk, ketika gelombang dari dua celah melewati suatu penghalang atau objek. Berikut adalah beberapa poin tambahan tentang pentingnya koherensi gelombang dalam difraksi celah ganda:

- a. Interferensi Konstruktif dan Destruktif: Ketika dua gelombang dari dua celah yang koheren bertemu di sebuah titik di layar atau bidang pengamatan, dapat mengalami interferensi konstruktif atau destruktif, tergantung pada perbedaan fase. Jika fase sama atau memiliki selisih fase yang kelipatan bilangan bulat penuh (misalnya,  $0^\circ$ ,  $360^\circ$ ,  $720^\circ$ , dll.), maka interferensi konstruktif terjadi, menghasilkan puncak intensitas. Sebaliknya, jika fase memiliki selisih fase setengah kelipatan bilangan bulat (misalnya,  $180^\circ$ ,  $540^\circ$ , dll.), maka interferensi destruktif terjadi, menghasilkan lembah intensitas.
- b. Pola Difraksi Celah Ganda: Koherensi gelombang memengaruhi pola difraksi celah ganda yang terbentuk pada layar atau bidang pengamatan. Jika gelombang-gelombang dari dua celah tidak koheren, pola difraksi tidak akan memiliki karakteristik maksimum dan minimum yang terlihat pada pola difraksi yang ideal.
- c. Penggunaan dalam Eksperimen: Dalam eksperimen difraksi celah ganda, sering digunakan sumber cahaya monokromatik (satu warna) yang sangat koheren, seperti laser. Laser menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang yang sangat koheren, sehingga memastikan fase gelombang tetap konstan. Hal ini memungkinkan pengamatan pola difraksi yang tajam dan jelas.
- d. Penentuan Panjang Gelombang: Dalam beberapa eksperimen, panjang gelombang cahaya dapat diukur dengan menggunakan pola difraksi celah ganda. Koherensi gelombang yang tinggi diperlukan untuk mendapatkan hasil yang akurat dalam pengukuran.

Menjaga koherensi gelombang antara dua sumber cahaya pada eksperimen difraksi celah ganda, kita dapat memanfaatkan sifat interferensi gelombang cahaya untuk mengukur panjang gelombang, menghasilkan pola difraksi yang jelas, dan menjalankan eksperimen optik dengan presisi yang tinggi.

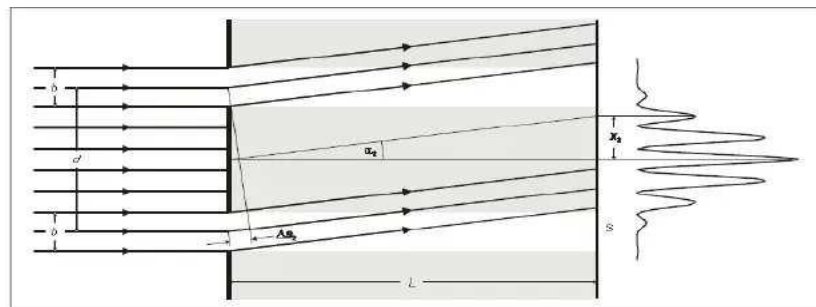
#### **2.1.2.5 Pola difraksi celah ganda**

Menurut Kholifudin (2017) menyatakan bahwa pola interferensi difraksi celah ganda adalah pola yang terbentuk ketika cahaya monokromatik (biasanya dari sumber laser atau sumber cahaya dengan panjang gelombang tunggal) melewati celah ganda yang memiliki dua celah paralel yang sempit. Fenomena ini adalah contoh klasik dari interferensi dan difraksi cahaya. Pola interferensi difraksi celah ganda memiliki ciri khas berupa serangkaian garis terang (maksimum) dan gelap (minimum) yang terbentuk pada layar atau permukaan di belakang celah ganda. Beberapa ciri khas dari pola interferensi difraksi celah ganda adalah sebagai berikut:

- a. Garis-garis terang utama: Di tengah pola interferensi terdapat kumpulan garis-garis terang yang disebut maksimum utama. Maksimum utama adalah titik di mana perbedaan jarak antara dua celah memenuhi syarat untuk interferensi konstruktif, sehingga intensitas cahaya mencapai titik maksimum.
- b. Garis-garis gelap: Di antara garis-garis terang terdapat garis-garis gelap, juga dikenal sebagai garis minimum. Garis-garis ini terbentuk ketika jarak antara dua titik memenuhi syarat untuk interferensi destruktif, sehingga intensitas cahaya menjadi minimal di tempat tersebut.

- c. Polanya Simetris: Biasanya, pola ini simetris terhadap garis tengah celah ganda. Dengan kata lain, jika dilihat dari kedua sisi celah ganda, pola tersebut akan terlihat sama.
- d. Lebar Garis-garis Terang: Lebar garis-garis terang bergantung pada lebar celah dan panjang gelombang cahaya yang digunakan. Semakin sempit celahnya atau semakin pendek panjang gelombangnya, semakin lebar garis-garis terangnya.

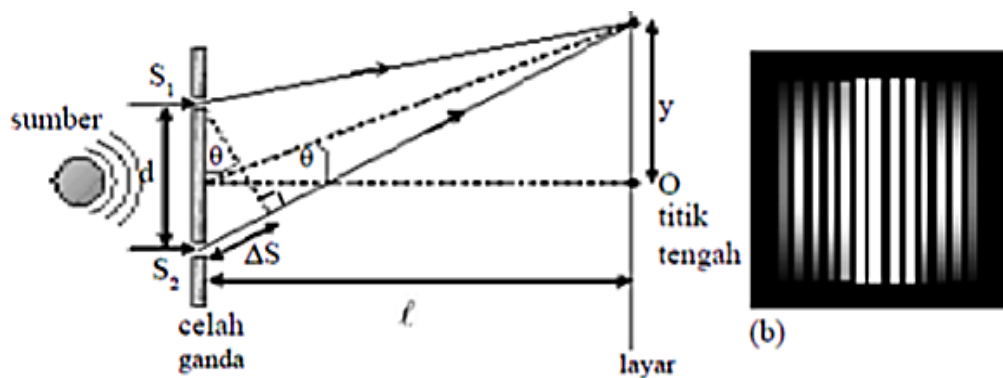
Saputri (2017) menyatakan bahwa pola difraksi celah ganda akan memiliki maksimum terpusat pada sudut-sudut tertentu, yang dapat dihitung menggunakan rumus difraksi celah ganda. Pola ini berulang secara periodik untuk nilai-nilai  $m$  yang berbeda, yang merupakan urutan maksimum interferensi.



**Gambar 2.2** . Skema ilustrasi difraksi pada celah ganda ( Sumber: Saputri, 2017)

### 2.1.2.6 Persamaan Difraksi Celah Ganda

Menurut Syarif & Husnatunnisa (2017) menyatakan bahwa untuk menggambarkan pola difraksi celah ganda, dapat menggunakan persamaan difraksi celah ganda. Persamaan ini menghubungkan sudut dari pola difraksi ( $\theta$ ), panjang gelombang cahaya ( $\lambda$ ), lebar celah ( $d$ ), dan urutan maksimum interferensi ( $m$ ). Persamaan ini dikenal sebagai rumus difraksi celah ganda.



**Gambar 2.3** Ilustrasi difraksi celah ganda

Sumber : <https://www.fisikaonline.com/p/materi-gelombang-cahaya.html>

Gambar 2.3 menjelaskan bahwa dua berkas cahaya koheren dilewatkan pada celah ganda kemudian dapat mengenai layar. Pada layar itulah tampak pola garis-garis terang. Pola garis-garis terang dan gelap inilah bukti bahwa cahaya dapat berinterferensi. Difraksi cahaya terjadi karena adanya beda fase cahaya dari kedua celah tersebut. Berkas cahaya dari S<sub>1</sub> dan S<sub>2</sub> yang sampai pada layar terlihat berbeda lintasan sebesar  $\Delta S = d \sin \theta$ . Perbedaan panjang lintasan inilah yang dapat menimbulkan fase antara dua berkas cahaya tersebut berbeda. Interferensi akan saling menguatkan jika berkas cahaya sefase dan saling melemahkan jika berlawanan fase. Sefase berarti berbeda sudut fase  $\Delta\theta = 0, 2\pi, 4\pi, \dots$ . Sedangkan

berlawanan fase berarti berbeda sudut fase  $\Delta\theta = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$ . Syarat ini dapat dituliskan dengan beda lintasan seperti persamaan berikut:

1. Pola difraksi maksimum : sefase

$$d \sin \theta = m \lambda ; m = 0, \pm 1, \pm 2 \quad (2. 1)$$

2. Pola difraksi minimum : berlawanan fase

$$d \sin \theta = (n - 1/2 ) \lambda ; n = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \quad (2. 2)$$

Di mana  $m$  adalah urutan maksimum interferensi (mengambil nilai bulat positif atau negatif),  $d$  adalah lebar celah,  $\theta$  adalah sudut difraksi, dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang cahaya. Untuk sudut ( $\theta \leq 120^\circ$ ) akan berlaku  $\sin \theta \approx \text{tg } \theta$  berarti selisih lintasannya memenuhi hubungan berikut :

$$d \sin \theta = n \lambda \quad (2. 3)$$

$$\text{Mengingat bahwa } d = \frac{1}{N} \text{ dan } \sin \theta = \frac{y}{L} \text{ maka } d \frac{y}{L} = n\lambda \quad (2. 4)$$

$$\lambda = \frac{dy}{nL} \quad (2. 5)$$

$$d = \frac{y}{L} = \lambda \quad (2.6)$$

$$\lambda = dy n^{-1} L^{-1} \quad (2.7)$$

**Keterangan :**

$d$  = Lebar celah / kisi ( biasanya akan tertulis seperti 300 lines/mm dsb )

$y$  = Jarak antara titik terang pusat ke titik lainnya

$\theta$  = Sudut simpang difraksi

$n$  = Orde interferensi 0,1,2,3....

$\lambda$  = Panjang gelombang Cahaya (nm)

$L$  = Jarak dari celah ke layer (cm/m)

$N$  = Banyak celah

Menurut Syarif et al (2014) untuk mencari kesalahan panjang gelombang yaitu menggunakan persamaan :

$$\Delta L = \Delta y = \frac{1}{2} NST \quad (2.8)$$

$$\Delta L = \Delta y = 0,5 \times 0,1 \text{ cm} \quad (2.9)$$

$$\Delta L = \Delta y = 0,05 \text{ cm} \quad (2.10)$$

$$\text{Orde 1 } (n = 1) \quad (2.11)$$

$$d\lambda = \left| \frac{\delta y}{\delta \lambda} \right| dy + \left| \frac{\delta L^{-1}}{\delta \lambda} \right| dL \quad (2.12)$$

$$d\lambda = \left| \frac{\delta y}{\delta y L^{-1}} \right| dy + \left| \frac{\delta L^{-1}}{\delta y L^{-1}} \right| dL \quad (2.13)$$

$$\text{Dari persamaan diatas diperoleh : } \Delta \lambda = |L^{-1}| \Delta y + |y L^{-2}| \Delta L \quad (2.14)$$

$$\text{Selanjutnya, disederhanakan menjadi : } \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \left| \frac{L^{-1}}{y L^{-1}} \right| \Delta y + \left| \frac{y L^{-2}}{y L^{-1}} \right| \Delta L \quad (2.15)$$

$$\text{Maka diperoleh : } \Delta \lambda = \left| \frac{\Delta y}{y} \right| + \left| \frac{\Delta L}{L} \right| \lambda \quad (2.16)$$



### 2.1.3 Laser *Helium - Neon* (He-Ne)

#### 2.1.3.1 Pengertian laser He Ne

Laser He-Ne singkatan dari "laser helium-neon" adalah jenis laser gas yang menghasilkan cahaya yang terfokus dan terkoheren dengan menggunakan medium yang terdiri dari helium (He) dan neon (Ne). Laser He-Ne pertama kali diciptakan di Bell Labs oleh Ali Javan, William Bennett, dan Donald Herriott pada tahun 1960 (Mozdzeń et al., 2020).



**Gambar 2.4** Laser He-Ne

Sumber : [www.helago-cz.com](http://www.helago-cz.com)

Laser He-Ne menghasilkan cahaya melalui proses rangsangan dan emisi atom helium dan neon dalam tabung gas. Campuran helium dan neon dalam tabung ini ditempatkan di antara dua cermin, yang disebut cermin output (mirror output), yang memungkinkan cahaya laser keluar dari tabung dalam bentuk sinar laser, dan cermin refleksi total (total internal reflection mirror). Cahaya laser yang dihasilkan oleh laser He-Ne memiliki sifat koheren dan monokromatik, sehingga banyak digunakan dalam berbagai aplikasi di mana cahaya dengan sifat-sifat ini diperlukan,

seperti alat pengukuran presisi, peralatan optik, penandaan garis, instrumen laboratorium, dan penelitian ilmiah. (Winarno et al., 2022).

### **2.1.3.2 Prinsip kerja laser He-Ne**

Havizzullah et al. (2019) menyatakan bahwa prinsip kerja laser He-Ne adalah untuk merangsang atom helium (He) dan neon (Ne) dalam tabung gas untuk menghasilkan cahaya koheren pada panjang gelombang tertentu. Prinsip kerja laser He-Ne terdiri dari beberapa langkah utama:

- a. Pompa Energi: Laser He-Ne mendapatkan energi listrik dari sumber luar, seperti pembangkit tegangan tinggi. Energi ini digunakan untuk memompa atom-atom helium dari keadaan dasar (*ground state*) ke keadaan energi yang lebih tinggi (*excited state*).
- b. Pemompaan Atom: Dalam tabung gas, atom neon dalam keadaan dasar berinteraksi dengan atom helium yang berenergi tinggi setelah dipompa ke keadaan energi yang lebih tinggi. Proses ini disebut sebagai "transfer energi".
- c. Stimulasi Emisi: Untuk kembali ke keadaan dasar, atom neon yang telah berada dalam keadaan energi yang lebih tinggi dapat melepaskan energi sebagai foton cahaya. Proses ini disebut sebagai "emisi terstimulasi" yang menghasilkan cahaya koheren karena memiliki energi sama dan bergerak dalam fase yang sama.
- d. Cermin Refleksi Total: Tabung laser He-Ne memiliki dua cermin yang berhadapan satu sama lain. Cermin refleksi total memantulkan cahaya kembali ke dalam tabung, sementara cermin output membiarkan sebagian

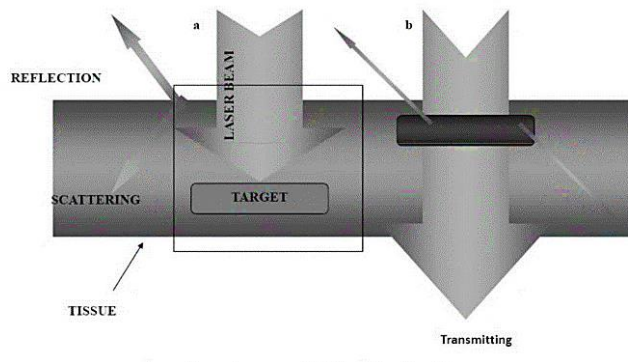
kecil cahaya keluar dari tabung. Cahaya yang dipantulkan dan kembali ke dalam tabung akan mengalami lebih banyak proses stimulasi emisi, sehingga meningkatkan intensitas cahaya laser.

- e. Penguatan dan Output Cahaya: Proses stimulasi emisi di dalam tabung menghasilkan cahaya laser dari cermin output. Spektrum merah terlihat menunjukkan bahwa cahaya ini keluar dalam bentuk sinar laser monokromatik dengan panjang gelombang sekitar 632,8 nm.

Proses ini menghasilkan cahaya laser yang memiliki sifat koheren tinggi yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti industri, ilmu pengetahuan, dan penelitian.

### 2.1.3.3 Struktur dan komponen laser He-Ne

Menurut Suhariningsih (2020), laser He-Ne memiliki struktur dan komponen penting yang membuatnya berfungsi dengan baik. Berikut adalah gambaran struktur dan komponen yang ada dalam laser HeNe:



**Gambar 2.5** Interaksi laser dengan jaringan

- a. Tabung Gas: Bagian inti dari laser HeNe terdiri dari campuran helium (He) dan neon (Ne). Atom-atom helium dan neon dalam tabung gas berinteraksi satu sama lain dan menghasilkan proses stimulasi emisi, yang menghasilkan cahaya

laser. Tabung gas biasanya hanya berukuran beberapa hingga beberapa puluh sentimeter panjang.

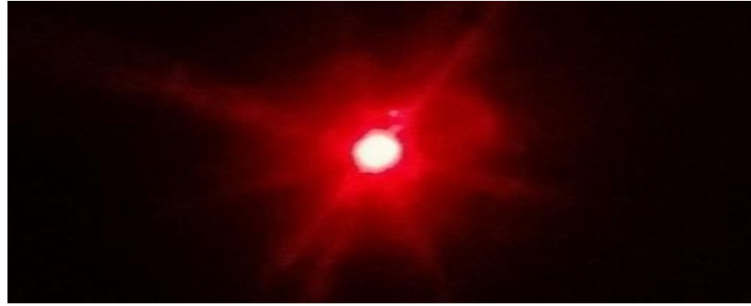
- b. Elektroda: Elektroda biasanya terhubung ke sumber tegangan tinggi untuk memberikan energi listrik ke tabung gas, memompa atom-atom helium ke keadaan energi yang lebih tinggi.
- c. Cermin Output (*Mirror Output*): Cermin ini adalah cermin yang sebagian tembus yang memungkinkan sebagian cahaya dari tabung laser keluar. Cahaya yang keluar dari tabung laser adalah hasil dari penguatan cahaya dalam tabung laser.
- d. Cermin Refleksi Total: Cermin ini memantulkan cahaya kembali ke dalam tabung gas. Lebih banyak proses stimulasi emisi di dalam tabung akan membuat cahaya yang dipantulkan lebih kuat dari pada cahaya laser.
- e. Tabung Penyangga (*Bore Tube*): Tabung penyangga melindungi tabung gas dan membantu menjaga kondisi lingkungan yang sesuai untuk operasi laser juga membantu menghindari getaran dan gangguan yang dapat mengganggu stabilitas laser.
- f. Gas Penyangga (*Buffer Gas*): Gas seperti helium atau neon digunakan untuk mengisi ruang antara tabung gas dan penyangga. Gas ini membantu menjaga tekanan dan kondisi yang tepat dalam tabung gas, yang berdampak pada karakteristik operasi laser.
- g. Catu Daya: Catu daya adalah sumber energi listrik yang menyediakan tegangan tinggi yang diperlukan untuk memompa atom helium dan menggerakkan operasi laser He-Ne.

- h. Resonator Optik: Untuk memastikan penguatan laser yang optimal, beberapa laser He-Ne juga dapat memiliki resonator optik, yang terdiri dari cermin tambahan yang memfokuskan dan memantulkan cahaya di dalam tabung.
- i. Penutup: Untuk menjaga stabilitas operasional dan melindungi tabung gas dan komponen laser He-Ne dari lingkungan luar, penutupan, atau perlindungan luar, biasanya dipasang di sekitarnya.

Komponen-komponen ini bekerja sama untuk menghasilkan proses stimulasi emisi dan penguatan cahaya laser dalam tabung gas. Dengan cara ini, sesuai dengan prinsip kerja laser He-Ne, cahaya terkoheren dihasilkan pada panjang gelombang tertentu.

#### **2.1.3.4 Karakteristik Output laser He-Ne**

Laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm yang memiliki sinar keluaran berwarna merah untuk proses karakterisasi dilakukan pada ruangan gelap agar meminimalkan pengaruh sinar selain dari sumber laser He-Ne. Sinar luaran dari pandu gelombang (*output*) diperoleh dari sinar laser He-Ne yang masuk ke dalam pandu gelombang *Y-branch* dan melihat pada *cross section* dari penampang luaran yang ditangkap oleh kamera kemudian ditangkap oleh komputer. Gambar 2.6 (a) menunjukkan proses karakterisasi yang dimulai dengan mengambil gambar *input* yang telah disinari oleh laser He-Ne. Cahaya pada *input* mengalami penjalaran di dalam kanal pandu gelombang hingga di percabangan sinar/cahaya laser terbagi menjadi dua (*output 1* dan *output 2*), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 (b) yang menunjukkan *output* dari kedua sisi pandu gelombang *Y-branch* yaitu *output* pada sisi kiri dan kanan (*output 1* dan *output 2*) (Oktova & Jati, 2021).

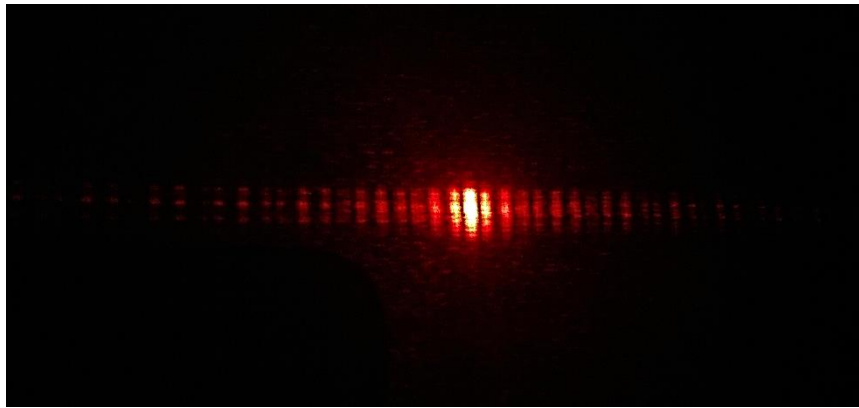


**Gambar 2.6** (a). Input yang sudah disinari oleh laser He-Ne

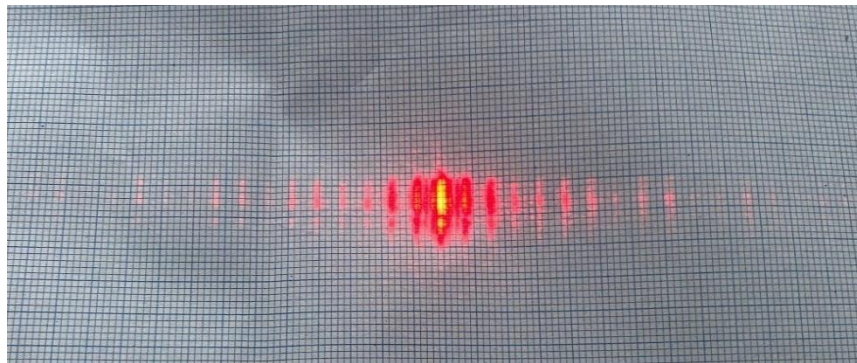


**Gambar 2.7** (b). Output yang di hasilkan oleh sinar laser He-Ne

Berdasarkan percobaan dilapangan pola cahaya yang terbentuk di layar sebagai hasil dari interferensi cahaya yang melewati celah ganda. Pola ini terdiri dari serangkaian garis terang (maksimal) dan gelap (minimal). Pola yang dihasilkan oleh interferensi gelombang cahaya dari celah ganda bergantung pada jarak antar celah, panjang gelombang cahaya, dan jarak antara layar dengan celah ganda. Intensitas cahaya pada pola difraksi, yang menunjukkan di mana titik-titik terang (maksimal) dan gelap (minimal) terletak. Untuk melihat hasil percobaan difraksi celah ganda di lapangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2.8** Output yang di hasilkan oleh sinar laser He-Ne diruang tanpa Cahaya



**Gambar 2.9** Output yang di hasilkan oleh sinar laser He-Ne diruang Cahaya

Salah satu jenis laser gas yang paling banyak digunakan adalah laser He-Ne.

Karakteristik yang dihasilkan oleh laser He-Ne meliputi:

- a. Panjang Gelombang: Spektrum elektromagnetik laser He-Ne memiliki daerah merah dan mengeluarkan radiasi dengan panjang gelombang sekitar 632,8 nanometer (nm).
- b. Monokromatik: Laser He-Ne cocok untuk aplikasi yang membutuhkan panjang gelombang yang presisi karena menghasilkan cahaya yang sangat monokromatik.

- c. Koherensi: Karena sifatnya yang koheren, cahaya laser He-Ne dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan interferensi cahaya, seperti holografi.
- d. Polarisasi: Laser He-Ne menghasilkan cahaya dengan polarisasi linear yang stabil dan dapat dipertahankan dengan baik.
- e. Intensitas Rendah: Dibandingkan dengan beberapa jenis laser lainnya, laser He-Ne menghasilkan intensitas cahaya yang lebih rendah. Namun, kestabilan panjang gelombang, koherensi, dan polarisasi yang tinggi membuatnya ideal untuk banyak aplikasi yang berkaitan dengan presisi.
- f. Rentang Mode: Laser He-Ne biasanya beroperasi dalam mode longitudinal, yang menghasilkan spektrum garis diskrit dengan jarak yang tetap dan serangkaian panjang gelombang yang diskrit yang sesuai dengan panjang tabung resonansinya.
- g. Rentang Daya Output: Dibandingkan dengan beberapa jenis laser lainnya, laser He-Ne biasanya memiliki rentang daya output yang terbatas, dari beberapa mikrowatt hingga puluhan milliwatt.
- h. Umur Panjang: Laser He-Ne dapat digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kestabilan jangka panjang karena kecenderungannya yang lama.

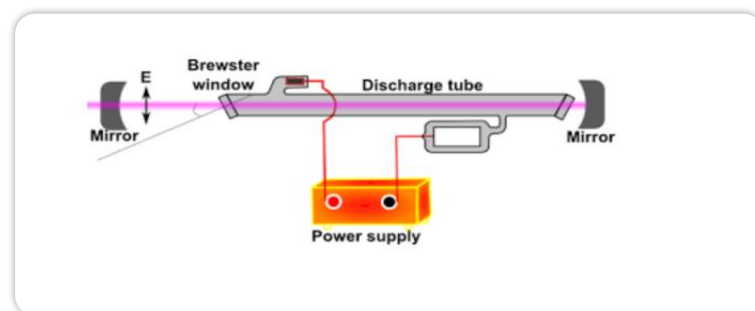
Laser He-Ne telah digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pembacaan bar kode, holografi, pengukuran presisi, percobaan fisika, dan banyak lagi. Namun, meskipun ada perkembangan dalam teknologi laser lainnya, He-Ne masih digunakan dalam situasi di mana kestabilan panjang gelombang yang tinggi, monokromasi, dan koherensi sangat penting. Tingkat energi dalam laser He-Ne



mengindikasikan keadaan kesetabilan laser dan kemampuannya untuk menghasilkan output cahaya yang konsisten. Tingkat energi ini dapat mempengaruhi karakteristik operasional laser. Dalam laser He-Ne, energi yang diperlukan untuk merangsang atom helium (He) dan neon (Ne) dalam tabung resonansi merupakan faktor penting dalam menjaga kestabilan panjang gelombang output daya laser.

### 2.1.3.5 Keunggulan laser He-Ne dalam percobaan difraksi

Sejauh ini laser gas atom yang paling umum adalah laser He-Ne, yaitu campuran helium dan neon memiliki rasio sekitar 10 bagian He dengan 1 bagian neon yang berdiameter sekitar 0,1 milimeter hingga 1 meter pada tekanan sekitar 10 torr atau 1333,224 pascal (Y P Singh, 2022).



**Gambar 2.10** Susunan skematis laser gas seperti He-Ne.

Laser He-Ne memiliki beberapa keunggulan penggunaan dalam percobaan difraksi, terutama karena sifat cahaya koheren dan monokromatik yang dihasilkannya. Berikut adalah beberapa keunggulan utama penggunaan laser He-Ne dalam percobaan difraksi:

- a. Cahaya Koheren: Laser He-Ne menghasilkan cahaya yang sangat koheren, artinya gelombang cahaya memiliki fase yang seragam. Ini sangat penting dalam eksperimen difraksi karena interferensi dan pola difraksi yang dihasilkan bergantung pada konsistensi fase cahaya. Cahaya koheren memastikan bahwa hasil percobaan difraksi akurat dan terukur.
- b. Monokromatik: Cahaya yang dihasilkan oleh laser He-Ne memiliki panjang gelombang tunggal (sekitar 632,8 nm untuk laser He-Ne merah), yang berarti percobaan difraksi akan fokus pada panjang gelombang yang spesifik.
- c. Stabilitas Intensitas: Laser He-Ne cenderung menghasilkan intensitas cahaya yang stabil dan konsisten. Ini penting dalam percobaan difraksi karena perubahan kecil dalam intensitas cahaya dapat mempengaruhi pola difraksi.
- d. Fokus Terfokus: Cahaya laser He-Ne dapat difokuskan dengan baik ke titik kecil, yang memungkinkan percobaan difraksi yang presisi dan akurat. Fokus yang tajam dapat membantu dalam menghasilkan pola difraksi yang jelas dan terperinci.
- e. Pola Difraksi Tertentu: Dalam beberapa eksperimen difraksi, pola difraksi tertentu atau orde difraksi tertentu mungkin diperlukan. Dengan menggunakan cahaya laser He-Ne yang memiliki panjang gelombang tunggal, dapat lebih mudah untuk mengatur dan mengamati orde difraksi tertentu.
- f. Sumber Cahaya Terintegrasi: Laser He-Ne adalah sumber cahaya yang terintegrasi dengan baik, yang berarti tidak perlu mengatur sumber cahaya yang kompleks atau melakukan banyak perawatan. Sehingga dapat menghemat waktu dan usaha dalam melakukan percobaan difraksi.

Meskipun laser He-Ne memiliki banyak keunggulan dalam percobaan difraksi, perlu diingat bahwa laser ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti panjang gelombang merah yang terbatas dan efisiensi yang mungkin lebih rendah dibandingkan dengan jenis laser lainnya.

### 2.1.3.6 Perbedaan laser He- Ne dengan Laser yang lain

Menurut Kartika (2017) menyatakan bahwa ada berbagai jenis laser, medium laser bisa padat, gas, cair atau semikonduktor. Laser biasanya ditentukan oleh jenis bahan yang digunakan oleh penguatnya *solid-state* laser material telah dikuatkan terdistribusi dalam matriks padat seperti laser gas (helium & neon) merupakan laser gas yang paling umum yang memiliki output utama dari lampu inframerah. CO<sub>2</sub> laser yang memancarkan energi jauh dari inframerah, dan digunakan untuk memotong material keras. Sedangkan laser *excimer* menggunakan gas reaktif seperti klorin dan fluorin, dicampur dengan gas inert seperti argon, krypton atau xenon . Berkas laser umumnya sangat koheren yang mengandung arti bahwa cahaya yang dipancarkan tidak menyebar dan rentang frekuensinya sangat sempit (*monochromatic light* ). Sifat koheren Cahaya laser adalah Panjang koherensi dengan nilai yang berbeda- beda untuk jenis laser yang tidak sama, seperti yang ditunjukkan table berikut:

**Tabel 2.1** Panjang koherensi dengan nilai yang berbeda beda untuk jenis laser yang tidak sama.

Laser	He-Ne	Ar	CO <sub>2</sub>	Ruby	Nd-Glass	Dye
Divergensi (mrad)	0,5	0,8	2	5	5	2

**Tabel. 2.2** Menunjukkan sudut divergensi beberapa tipe laser dengan besaran yang dinyatakan dalam milliradian

Laser	Panjang koherensi
He-Ne, mode Tunggal	Hingga 1000 m
He-Ne, mode jamak	0,1 – 0,2 m
Nd : YAG	0,01 m
Nd : Glass	$2 \times 10^{-4}$ m
GaAs	$1 \times 10^{-3}$ m
Ruby	$10^{-2}$ m
Argon, mode jamak	0,02 m

Menurut Sri jumi (2018 : 120) Laser helium-neon (He-Ne) adalah salah satu jenis laser yang menggunakan campuran gas helium dan neon untuk menghasilkan radiasi laser pada panjang gelombang tertentu. Berikut adalah beberapa perbedaan antara laser He-Ne dengan jenis laser lainnya:

a. Gelombang Emitansi yang Berlangsung:

- 1) Panjang gelombang tipikal laser He-Ne adalah 632,8 nanometer (nm), dan berada dalam spektrum merah.
- 2) Laser lainnya bergantung pada medium aktif yang digunakan, laser lain dapat beroperasi pada panjang gelombang yang berbeda. Sebagai contoh, laser CO<sub>2</sub> beroperasi dalam spektrum inframerah pada panjang gelombang sekitar 10,6 mikrometer (μm).

b. Medium aktif :

- 1) Gas helium dan neon adalah medium aktif laser He-Ne. Untuk menghasilkan radiasi laser, arus listrik atau pelepasan listrik mengaktifkan gas-gas ini.

2) Laser lainnya menggunakan medium aktif yang berbeda, dapat berupa padatan (seperti pada laser Nd:YAG), cairan (seperti pada tinta), atau gas (seperti pada laser CO<sub>2</sub>).

c. Output Polarisasi:

Laser He-Ne biasanya menghasilkan cahaya dengan polarisasi linear, yang berarti gelombang cahaya berputar dalam satu bidang. Laser lainnya polarisasi output masing-masing laser bergantung pada desain dan jenis medium aktif yang digunakan.

d. Ukuran dan Portabilitas:

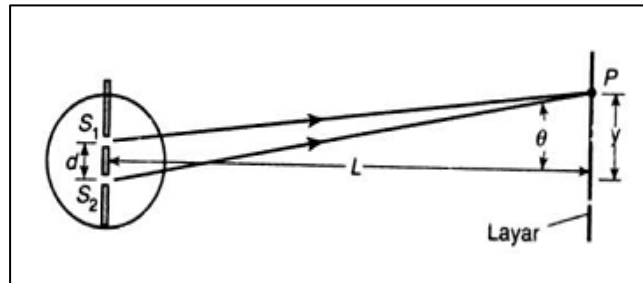
Laser He-Ne cenderung lebih besar dan kurang portabel dibandingkan dengan beberapa jenis laser lain yang lebih kompak.

Perbedaan ini hanya beberapa contoh karakteristik yang membedakan He-Ne laser dengan jenis laser lainnya. Setiap jenis laser memiliki sifat dan karakteristik unik tergantung pada medium aktif dan desainnya.

### **2.1.3.7 Efek interferensi dalam difraksi celah ganda dengan laser He-Ne**

Interferensi cahaya adalah perpaduan dua atau lebih sumber cahaya sehingga menghasilkan keadaan yang lebih terang (interferensi maksimum) dan keadaan yang gelap (interferensi minimum). Syarat terjadinya interferensi cahaya adalah cahaya tersebut harus koheren yaitu keadaan dua sumber cahaya atau lebih yang mempunyai frekuensi, amplitudo dan beda fase yang tetap. fase yang tetap. Prinsip interferensi adalah jika dua gelombang yang merambat dalam arah yang sama (hampir sama) dengan beda fase yang tetap konstan terhadap waktu, maka dapat terjadi keadaan sedemikian rupa sehingga energinya tidak didistribusikan

secara merata, tetapi pada titik-titik tertentu dicapai harga maksimum, dan pada titik-titik lain dicapai harga minimum (Hariwangsa et al., 2020).



**Gambar 2. 11** Konfigurasi interferensi celah ganda.

Efek interferensi adalah ketika dua atau lebih gelombang saling tumpang tindih, membuat amplitudo gelombang lebih besar atau lebih pendek karena pemaduan fase gelombang. Dalam difraksi celah ganda dengan laser He-Ne, interferensi terjadi ketika cahaya laser melewati dua celah sempit yang berdekatan. (Handayani et al., 2017).

#### **2.1.4 Penelitian yang Relevan**

Untuk mendukung penelitian pengembangan ini, berikut dilampirkan beberapa penelitian yang relevan :

1. Hasil penelitian Dini Anggraini (2019) yang berjudul “Pengembangan Panduan Praktikum Laboratorium Virtual Berbasis Keterampilan Proses Sains Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep mahasiswa” menunjukkan bahwa dengan praktikum, pemahaman mahasiswa meningkat sekitar 21,5 poin. Pada awal dilakukan pre-test para siswa mendapatkan nilai rata-rata 72, sedangkan setelah praktikum dan dilakukan post-test mendapat nilai 93.

2. Istiqomah (2020), menjelaskan bahwa penuntun praktikum yang disusun dapat melatih keterampilan berpikir dalam memperoleh pengetahuan dan konsep dari suatu materi yang dipelajari secara mandiri. Pengembangan penuntun praktikum untuk menghitung Panjang gelombang laser He-Ne dengan difraksi celah ganda dapat memberikan respon positif serta dapat diterapkan kepada mahasiswa dengan kemampuan kognitif yang berbeda.
3. Dila Ambara (2023) menjelaskan bahwa perlu dikembangkan penuntun praktikum yang dapat meningkatkan *hard skill* mahasiswa terhadap alat optik dan teknologi yang lebih modern, oleh sebab itu perlu dikembangkan penuntun praktikum fisika modern untuk menghitung panjang gelombang laser He-Ne dengan difraksi celah ganda, sehingga dapat untuk mengetahui hasil dan respon mahasiswa terhadap penuntun yang dikembangkan.
4. Hasil penelitian Triyono (2017) yang berjudul “ Pengembangan Program Simulasi Eksperimen Berbasis Komputer Pada Pokok Bahasan Difraksi Fraunhofer celah ganda. Program simulasi yang dikembangkan telah melewati uji ahli dan telah diuji-cobakan pada mahasiswa Prodi Pendidikan Fisika Widya Mandala. Hasil uji coba menyatakan bahwa program simulasi eksperimen difraksi celah ganda yang dikembangkan dapat membantu mahasiswa melakukan eksperimen simulasi, khususnya pengambilan data, pengolahan data dan interpretasi hasil eksperimen.
5. Hasil penelitian Suprianto (2017) yang berjudul Pengaruh Radiasi Cahaya Laser Helium Neon Pada Fragmen DNA terdapat peningkatan *hard skills* dan *soft skill* mahasiswa dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Madura. Menggunakan analisis data dengan bantuan SPSS16, diperoleh hasil perbedaan

yang signifikan terhadap *hard skills* dan *soft skills* mahasiswa pada saat pretest dan posttest. Sehingga didapatkan panduan praktikum fisika modern untuk menghitung Panjang gelombang laser He-Ne dengan difraksi celah ganda memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan *hard skills* dan *soft skill* mahasiswa.

## **2.2 Kerangka Berpikir**

Pada laboratorium fisika dasar jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jambi tersedia alat praktikum yang dapat digunakan untuk melakukan praktikum yaitu berupa laser helium neon yang dapat dilakukan percobaan difraksi celah ganda untuk menghitung panjang gelombang laser He-Ne akan tetapi alat tersebut belum memiliki penuntun praktikum sebagai pedoman dalam melakukan praktikum. Untuk memanfaatkan alat tersebut sebagai penunjang pembelajaran pada mata kuliah fisika modern, maka dibutuhkanlah sebuah penuntun praktikum.

Panduan penuntun praktikum yang belum maksimal penggunaannya menyebabkan mahasiswa lebih cenderung pasif dalam melakukan kegiatan praktikum. Hal ini dikarenakan, panduan penuntun praktikum yang digunakan telah memuat segala hal yang dibutuhkan dalam proses praktikum beserta materi pembelajaran. Penelitian ini mengidentifikasi solusi untuk masalah tersebut, yaitu penggunaan pedoman penuntun praktikum fisika modern untuk menghitung panjang gelombang laser He-Ne dengan difraksi celah ganda.

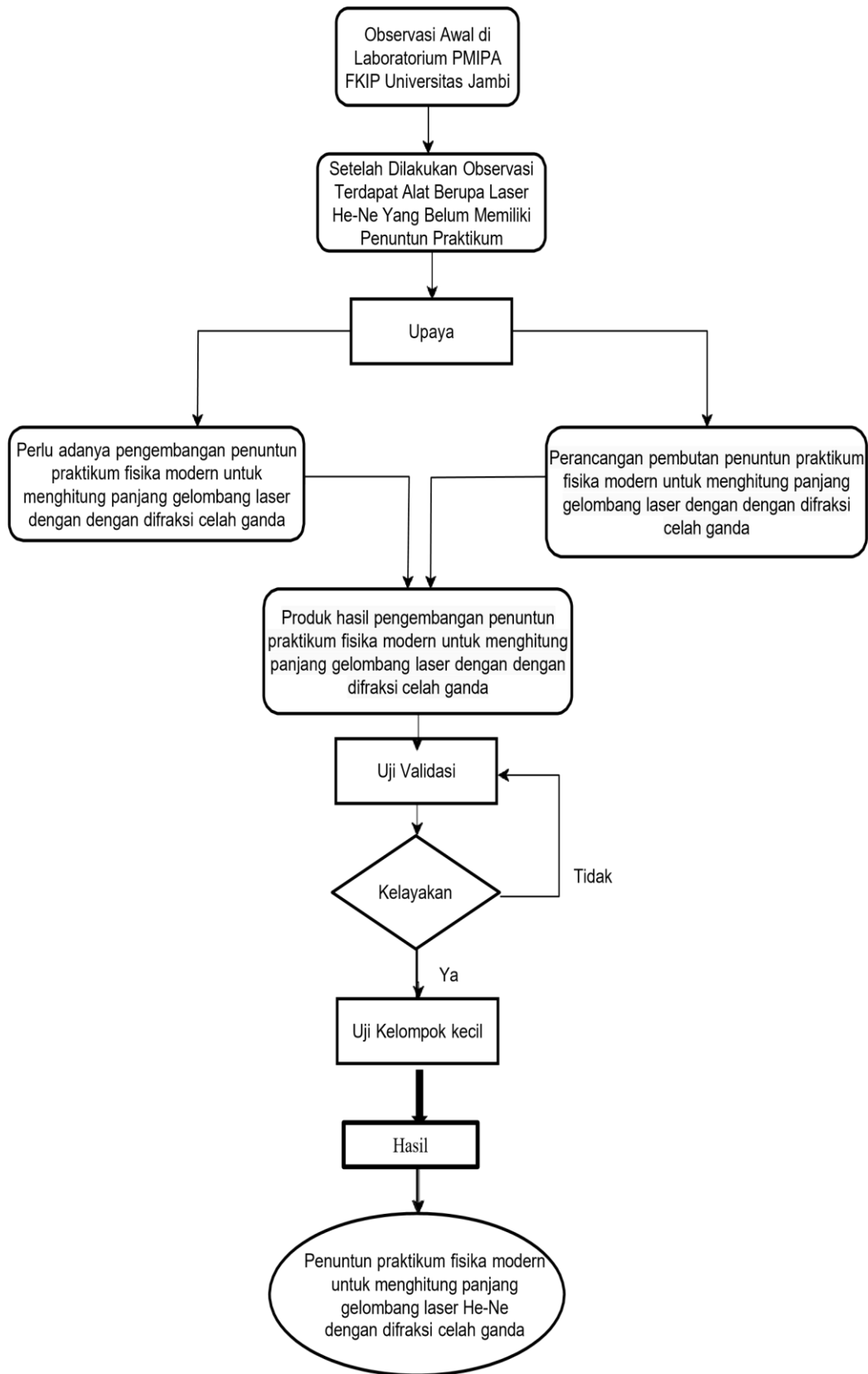
Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan akan penuntun praktikum untuk menghitung panjang gelombang laser He-Ne dengan difraksi celah ganda. Setelah mengidentifikasi perlu adanya pengembangan penuntun praktikum



dan dilakukan perancangan pembuatan penuntun praktikum fisika modern untuk menghitung panjang gelombang laser He-Ne dengan difraksi celah ganda.

Setelah dilakukannya perancangan maka selanjutnya produk hasil pengembangan penuntun tersebut dilakukan uji validasi dan menganalisis kelayakan produk dan persyaratan pengembangannya. Kemudian, desain produk dibuat dalam bentuk penuntun praktikum, yang akan dievaluasi oleh ahli materi dan ahli media untuk menentukan apakah sudah dapat diuji coba atau memerlukan revisi. Setelah penuntun dianggap layak, peneliti melakukan uji coba pengembangan dalam kelompok kecil dan meminta mahasiswa mengisi angket persepsi untuk mengetahui bagaimana respon mahasiswa terhadap penuntun fisika modern. Oleh karena itu pada penelitian ini dikembangkan penuntun praktikum fisika modern untuk menghitung panjang gelombang laser He-Ne dengan difraksi celah ganda.

Produk penelitian ini dikembangkan melalui metode penelitian model 4D. Adapun tahapan utama dalam penelitian ini adalah *define* (pendefinisian), *design* (perancangan), *develop* (pengembangan), dan *disseminate* (penyebarluasan). Produk penuntun fisika modern pada materi difraksi celah ganda divalidasi oleh para ahli, validasi ini dilakukan untuk melihat layak atau tidak penuntun praktikum serta persepsi mahasiswa terhadap produk penuntun fisika modern hingga produk diserahkan ke laboratorium. Kerangka berpikir penelitian ini disederhanakan kembali dalam bentuk bagan yang ditampilkan pada Gambar 2.12 :



**Gambar 2.12** Kerangka Berpikir