

INTERFEROMETER

1. TUJUAN EKSPERIMEN

- 1.1 Memahami peristiwa interferensi,
- 1.2 Memahami prinsip interferometer dan penerapannya.

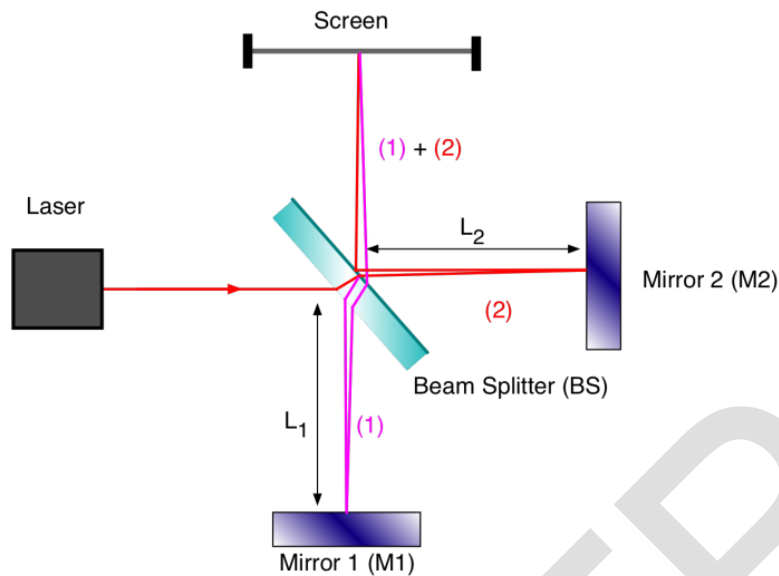
2. ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

- 2.1 Set intereferometer presisi (1 set), dan
- 2.2 Laser He-Ne (1 set).

3. TEORI DASAR

Interferensi adalah suatu peristiwa superposisi dari dua gelombang yang menghasilkan pola dengan intensitas yang bervariasi secara periodik sebagai akibat terjadinya superposisi konstruktif dan destruktif. Jika gelombang tersebut adalah gelombang cahaya, maka dapat diamati pola terang gelap yang berulang. Interferometer adalah suatu konfigurasi yang terdiri dari susunan lensa dan sumber cahaya koheren untuk menghasilkan pola interferensi. Salah satu jenis interferometer yang terkenal adalah interferometer Michelson. Michelson awalnya mengembangkan interferometer ini untuk menyelidiki pertanyaan tentang sifat gelombang cahaya, khususnya untuk menjawab pertanyaan apakah penalaran cahaya membutuhkan medium, yang diduga sebagai eter.

Interferometer Michelson tersusun dari dua cermin datar dan sebuah pembagi berkas cahaya (*beam splitter*), seperti diilustrasikan dalam Gambar 11.1. Seperti terlihat dalam gambar tersebut, interferometer ini memisahkan satu berkas cahaya menjadi dua berkas cahaya dengan intensitas yang berimbang, dengan memanfaatkan pembagi berkas cahaya BS dan menggabungkan kembali kedua berkas tersebut pada layar. Cahaya yang dipantulkan (berkas 1) akan dipantulkan oleh cermin M_1 kembali menuju pembagi berkas dan kemudain menuju layar. Demikian pula berkas cahaya yang ditransmisikan (berkas 2), berkas tersebut akan dipantulkan kembali menuju *beam splitter* oleh cermin M_2 dan kemudian menuju layar. Pada layar, akan terjadi super posisi konstruktif dan destruktif yang membentuk suatu pola interferensi tergantung pada perbedaan fasa di antara kedua berkas cahaya tersebut saat tiba di layar.



Gambar 11.1. Susunan interferometer Michelson.

Kedua berkas tersebut mengalami pergeseran fase sebesar $\phi = \pi$ ketika mengalami pemantulan di cermin M_1 dan M_2 dan tambahan fase pergeseran fasa ϕ' akibat penjalaran di dalam medium pembagi berkas. Total perbedaan fasa di antara kedua berkas tersebut ketika sampai di layar adalah:

$$\Phi = \phi' + 2k(L_1 - L_2) \quad (11.1)$$

dimana adalah bilangan gelombang dan L_1 (L_2) adalah panjang lintasan berkas 1 (2) diantara pembagi berkas dan cermin M_1 (M_2). Interferensi konstruktif terjadi jika $\Phi = m2\pi$, dengan $m = 0,1,2,3,\dots$. Interferensi destruktif terjadi jika $\Phi = \frac{(m+1)}{2} 2\pi$, dengan $m = 0,1,2,3,\dots$. Pada layar, akan terbentuk pola gelap terang yang bergantung pada karakteristik berkas dan orientasi lensa. Jika berkas yang digunakan berasal dari laser dan arah berkas saat jatuh ke lensa selalu tegak lurus maka dapat diamati pola cincin terang gelap berbentuk lingkaran pada layar. Jika sudut dari cermin sedikit diubah, sehingga arah berkas datang tidak tegak lurus terhadap cermin, maka bentuk lingkaran berubah menjadi bentuk elips.

Jika selisih jarak $L_1 - L_2$ berubah, misalnya dengan menggeser posisi salah satu cerminnya, seperti cermin M_2 dengan memutar mikrometer sekrup pengaturnya, maka banyaknya cincin yang terbentuk akan berubah. Jika L_1 dibuat tetap tetapi L_2 diubah maka bentuk interferensi pola akan berubah. Namun demikian, pola tersebut akan berulang kembali ke bentuk awalnya setiap pergeseran sebesar setengah gelombang. Oleh karena itu, besar pergeseran cermin M_2 sebanding dengan:

$$\Delta L_2 = \Delta m \frac{\lambda}{2} \quad (11.2)$$

Oleh karena itu, instrumen ini dapat digunakan untuk mengukur perubahan jarak yang sangat kecil dalam orde beberapa kali panjang gelombang cahaya. Persamaan (11.2) dapat juga digunakan untuk menentukan panjang gelombang laser yang dipakai jika perubahan banyaknya cincin (Δm) dan perubahan panjang L_2 atau ΔL_2 dapat ditentukan lebih dahulu.

4. BAHAN LATIHAN

- 4.1 Turunkan persamaan (11.1) dan jelaskan syarat untuk terjadinya interferensi konstruktif dan destruktif!
- 4.2 Terkait dengan persamaan (11.2), jelaskan mengapa setiap pergeseran sebesar setengah gelombang akan mengembalikan pola interferensi ke bentuk semulanya! Jelaskan bagaimana persamaan (11.2) dapat diperoleh!
- 4.3 Jelaskan apa yang terjadi jika berkas cahaya tidak terbagi dua secara berimbang intensitasnya (50% : 50%)!
- 4.4 Jelaskan mengapa pola interferensi yang akan teramati berbentuk cincin terang gelap! Apakah di pusat seharusnya terbentuk spot terang atau spot gelap?
- 4.5 Turunkan persamaan (11.2)!

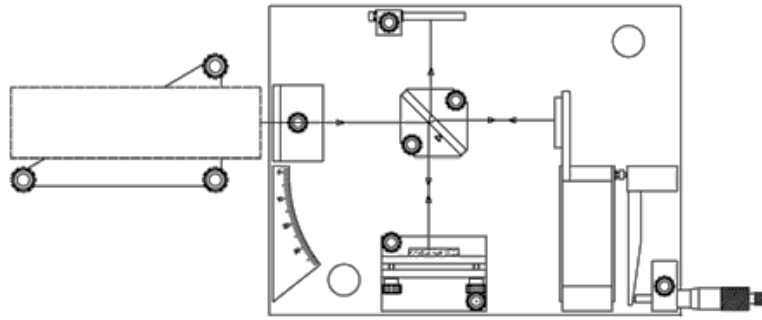
5. PERCOBAAN YANG DILAKUKAN

Pada eksperimen ini, akan dilakukan hal-hal berikut :

- a. Menyusun setup interferometer sehingga teramati pola terang gelapnya.
- b. Menentukan pola interferensi yang teramati dan menentukan rasio pergeseran cermin yang terjadi.

5.1. Menyusun dan mengatur Setup Interferometer (dilakukan bersama-sama Asisten)

1. Susun setup komponen pada pelat dasar dan laser He-Ne padaudukannya seperti dalam Gambar 11.2. Pasang pula mikrometer sekrup yang berguna untuk mengatur posisi cermin M_2 secara presisi, pada posisinya seperti dalam gambar tersebut.
2. Atur posisi laser He-Ne sehingga berkas laser masuk ke lensa divergen dan dipantulkan kembali oleh cermin M_2 dan masuk ke lensa divergen di tengah-tengahnya.
3. Kendurkan sekrup dari lensa divergen dan putar lensa sekitar 90° keluar dari garis yang dibentuk oleh sinar laser, sehingga berkas laser jatuh ke cermin M_2 . Atur posisi pembagi berkas cahaya (dengan mengendurkan sekrupnya lebih dahulu), sehingga berkas 1 dan 2 jatuh pada posisi yang sama di layar (saling *overlap* dengan sempurna). Oleh karena spot berkas laser ini kecil maka pola interferensi belum bisa dilihat.
4. Kembalikan lensa divergen ke posisi semula sehingga berkas cahaya laser dapat melalui lensa tersebut.
5. Lakukan pengaturan cermin secara halus hingga teramati pola interferensi (cincin terang gelap) secara jelas.



Gambar 11.2. Setup interferometer Michelson yang dipergunakan dalam modul percobaan ini.

5.2 Pengukuran Pergeseran Cermin

1. Atur posisi mikrometer sekrup sekitar 20 hingga 22 mm dan lakukan pengaturan secara halus (pelan-pelan) sehingga pola terang di tengah terbentuk dengan sempurna. Catatlah posisi mikrometer sekrup pengatur itu (nyatakan sebagai x_i).
2. Ubahlah posisi cermin M_2 dengan memutar mikrometer sekrup pengatur secara perlahan-lahan dan kontinu sembari mengamati berapa kali pola interferensi Kembali seperti pola awalnya. Lakukanlah agar terjadi sebanyak 5 kali ($n=5$) perulangan. Catatlah bacaan posisi mikrometer sekrup pengatur sekarang (nyatakan sebagai x_f).
3. Data dapat dikumpulkan di sekitar jangkauan nilai sensitif 5-10 mm dan 11-20 mm tergantung pada masing-masing alat. Di luar jangkauan tersebut, sensitivitas alat akan berkurang.
4. Untuk mengurangi kesalahan dalam menghitung cincin dan menetapkan posisi x_i dan x_f ulangi ketiga langkah di atas minimal 3 kali untuk putaran searah jarum jam dan untuk putaran berlawanan arah jarum jam.
5. Perhatikan alat yang digunakan, setiap set alat memiliki referensi panjang gelombang sendiri dan referensi nilai rasio pergeseran. Kemudian, hitung rasio pergeseran masing-masing data menggunakan persamaan (11.1).
6. Ambil nilai rata-rata rasio pergeseran untuk setiap set variasi.
7. Ambil nilai rata-rata akhir dari rasio pergeseran untuk rotasi searah jarum jam dan rasio pergeseran untuk rotasi berlawanan arah jarum jam dan hitung galatnya.
8. Terakhir, ambil nilai rata-rata rasio pergeseran dari rotasi searah jarum jam dan rotasi berlawanan arah jarum jam dan hitung galatnya.

6. TUGAS AKHIR DAN PERTANYAAN

- 6.1 Carilah nilai rasio pergeseran cermin dengan rumus $k = \frac{n \lambda}{2 \Delta x}$!
- 6.2 Bandingkan nilai rasio pergeseran yang didapatkan dari percobaan dengan referensi?
- 6.3 Mengacu pada soal nomor satu, apakah terdapat perbedaan? Jelaskan penyebab terjadinya perbedaan!

- 6.4 Jelaskan proses terbentuknya pola gelap terang pada interferometer di percobaan ini!
- 6.5 Apakah arti fisis dari rasio pergeseran pada percobaan ini?
- 6.6 Jelaskan bagaimana cara mendapatkan pola interferensi yang jelas!

7. PUSTAKA

- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. (2006): *Fundamentals of Physics 6th Edition*, John Wiley & Sons, 880 – 881.
- Mikhailov, E. E. (2013): *Physics 251 Atomic Physics Lab Manual*, College of William and Mary, 3 – 6