

# LASER, GELOMBANG, DAN OPTIK

Oleh :

M. Fafat Reynaldo (10298040)



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG  
2001**

# LASER, GELOMBANG, DAN OPTIK

## I. TEORI DASAR

LASER merupakan singkatan dari Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (penguatan cahaya dengan stimulasi emisi radiasi). Selanjutnya kata LASER menjadi suatu kata yang baku, laser.

Untuk mengetahui laser lebih lanjut, perhatikan persamaan berikut:

$$hf = E_2 - E_1$$

Jika elektron secara spontan meluruh, berubah dari suatu keadaan menjadi keadaan lain, elektron tersebut memancarkan foton dengan energi sebesar persamaan diatas. Proses ini disebut emisi spontan.

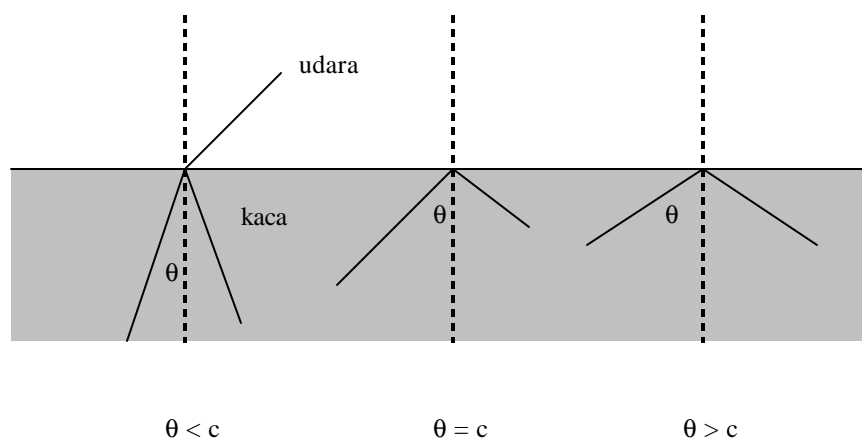
Transisi dari suatu keadaan ke keadaan lainnya bisa dihalangi, dalam hal ini adalah fotonnya. Dengan kata lain, energi foton  $h$  dapat menghalangi transfer elektron dari keadaan 1 ke keadaan 2 menghasilkan foton lainnya dengan energi  $hf = E_1 - E_2$ . Ini disebut pemancaran terangsang (stimulated emission), yaitu proses yang menghasilkan dua foton berenergi  $hf$ . Lebih jauh, kedua foton ini akan terfase. Jadi, laser yang ideal terbentuk dari suatu kumpulan foton berfrekuensi tepat sama dan semua foton tersebut terfase.

Sifat yang terjadi akibat kesamaan frekuensi adalah monokromatisme dan sifat yang terjadi akibat kesamaan fase adalah koherensi. Jadi syarat terbentuknya laser adalah sumber cahaya yang monokromatis dan koheren. Namun kenyataannya laser tidaklah monokromatik murni ataupun koheren murni. Meskipun demikian, ketika mengarakterisasikan sistem laser yang sebenarnya, secara umum diasumsikan bahwa sinar laser pada awalnya adalah terfase, dan inkoherensi laser timbul karena sifat monokromatis yang jelek dari sumber. Jadi sebenarnya koherensi dan monokromatisme secara umum digunakan untuk mengukur parameter yang sama.

Kebanyakan laser dirancang dengan tiga elemen penting, media tambahan (gain media), sumber pemompa (pumping source), dan lubang resonansi (resonant cavity). Gain media adalah keadaan energi yang berperan dalam perangsangan pancaran, pumping source menyediakan energi untuk melengkapi keadaan-keadaan sehingga perangsangan keadaan dapat terjadi, dan resonant cavity menyediakan jalur untuk foton. Dalam praktikum kali ini kita menggunakan laser Helium Neon (HeNe). Laser HeNe ini adalah laser dengan biaya yang rendah, ukurannya kecil, usia penggunaannya panjang (sekitar 50.000 jam operasi), dan sinarnya berkualitas tinggi. Laser ini menghasilkan beberapa miliwatt daya keluaran, dan lazim digunakan dalam panjang gelombang sekitar merah (633 nm). Laser HeNe adalah peralatan bertegangan tinggi berarus rendah dalam pijaran tak normal pada discharge region. Lecutan arus hanya beberapa miliampere, dan tegangan tabung discharge berkisar antara beberapa ratus volt sampai beberapa kiloVolt. Laser HeNe berbentuk gelas dengan katoda oksida-alumunium dingin sebagai emitter elektron. Citra yang terbatas pada usia operasionalnya adalah degenerasi pada katoda disebabkan oleh erosi pada oksida pelapis atas percikan alumunium. Usia tabung adalah fungsi dari diameter tabung. Diameter luas tabung secara tipikal memiliki waktu hidup 40.000 jam operasional, tabung dengan diameter lebih kecil secara tipikal berumur 10.000 jam operasional.

## SERAT OPTIK

Prinsip dasar yang diperlukan disini adalah ide tentang refleksi internal total (RIT)



Dalam gambar terlihat sinar cahaya melewati kaca menuju udara. Sebagian dari cahaya ditransmisikan ke udara dan sebagian lainnya dipantulkan lagi ke kaca. Jika cahaya dilewatkan sebesar sudut  $c$  (sudut kritis), cahaya akan dilewatkan meluncur sepanjang batas. Jika sudut  $\theta$  lebih besar dari sudut kritis, semua cahaya akan dipantulkan kembali ke kaca, tak ada cahaya yang diteruskan ke udara. Inilah yang disebut kasus RIT (refleksi internal total).

Fenomena ini akan terjadi ketika cahaya bertemu dengan batas diantara dua material transparan dan diarahkan pada sudut lebih besar dari  $c$  menuju material yang memiliki indeks bias  $n$  yang lebih kecil. Indeks bias adalah sifat material optik yang menentukan kecepatan cahaya dalam material. Indeks bias udara = 1,0003, dan untuk Perspek = 1,495, untuk air = 1,33, dan seterusnya. Nilai sudut kritis bergantung pada indeks bias dari kedua material. Untuk gelas, indeks bias = 1,5 dan udara, sudut kritis sekitar 42 derajat.

Serat optik yang sederhana disebut jenis stepped-indeks. Pada bagian inti terdapat inti dan bagian pembungkus (cladding). Untuk rancangan ini digunakan bahan mirip pyrex. Indeks bias inti dan pembungkus dibuat berbeda dengan menambahkan oksida Germanium, Aluminium atau Fosfor (proses ini disebut doping). Nilai indeks bias inti = 1,50, sedangkan pembungkus = 1,485. Cahaya asal yang memasuki serat tidak terlalu curam, akan dipantulkan (secara total) dari satu sisi inti ke sisi yang lainnya. Dengan hal ini, walaupun seratnya membengkok, cahaya dapat lewat sepanjang serat dan muncul diujung lainnya.

## II. ALAT DAN BAHAN

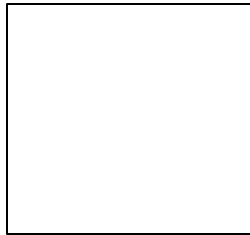
1. Sumber laser HeNe 1mW
2. Optical bench
3. Optical base
4. Screen penganalisis berkas
5. Kaca buram dan filter warna: merah, biru, hitam
6. Lensa konvek  $f = +100$  mm, plan konvek  $f = +200$ , double plan konvek, konkaf  $f = -100$  mm
7. Polarisator
8. Kisi 2500 lines/cm
9. Prisma segitiga dan prisma pembelok

10. Fiber optik (1 m)
11. Kotak kaca
12. Mistar
13. Silinder koloid
14. Kolimator

### III. DATA PEROLEHAN DAN ANALISIS

Karena dalam praktikum ini data perolehannya bukan bersifat numerik melainkan hanya berupa pengamatan, maka dalam laporan ini antara data dan analisis kami gabungkan saja.

1. Percobaan yang pertama kali dilakukan adalah dengan menyalakan laser HeNe. Maka terlihat berkas sinar seperti dibawah ini.



Analisis:

Pada layar terlihat pita-pita terang dan gelap.

Hal ini seperti yang telah diungkapkan dalam teori dasar sebelumnya. Terjadinya laser adalah karena adanya dua gelombang cahaya yang koheren, maksudnya adalah dua gelombang yang beda fasanya tetap, amplitudo dan frekuensinya sama. Dari dua gelombang yang koheren ini dapat terjadi peristiwa interferensi. Pola interferensi terdiri atas garis-garis terang dan gelap yang silih berganti. Garis terang terjadi jika cahaya mengalami interferensi maksimum. Sedangkan garis gelap terjadi jika cahaya mengalami interferensi minimum.

2. Sinar laser dilewatkan pada berbagai medium, hasilnya adalah:

Saat dilewatkan:

- Filter ungu : tidak tembus
- Filter hitam : tidak tembus
- Filter merah : tembus
- Kaca bening : tembus
- Koloid : tembus, dan kelihatan jalur sinarnya

Analisis:

Sinar laser yang kita gunakan dalam praktikum kali ini (HeNe) dapat menghasilkan berbagai jenis panjang gelombang pada range 543 nm (hijau) sampai 3,39  $\mu\text{m}$  (inframerah). Dan khusus untuk praktikum ini laser menghasilkan panjang gelombang 633 nm (merah). Filter cahaya dapat meneruskan warna-warna tertentu dan dapat menahan warna-warna tertentu pula.

Dalam *data book* dicantumkan bahwa filter berwarna merah dapat meneruskan warna merah dan jingga, tidak dapat meneruskan warna lainnya seperti kuning, hijau, biru, dan ungu. Sehingga tentu saja jika dalam praktikum kali ini sinar laser (merah) dapat diteruskan oleh filter merah. Sedangkan filter hitam dan ungu tidak dapat meneruskan warna merah. Hal ini menunjukkan bahwa laser bersifat koheren.

Jika sinar laser dilewatkan pada koloid akan terlihat bentuk lintasan sinar. Hal ini disebabkan oleh sifat yang dimiliki koloid, yaitu efek Tyndall.

3. Sinar dilewatkan pada polarisator. Terlihat bahwa intensitasnya

maksimum pada : sudut  $0^\circ$

minimum pada : sudut  $90^\circ$

Analisis:

Dengan menggunakan polarisator, maka gelombang-gelombang yang arah getarnya sejajar dengan sumbu polarisasi dan semua komponen medan listrik

E akan diteruskan, dan gelombang-gelombang pada arah getar lainnya juga komponen medan listrik E yang tegak lurus pada sumbu polarisasi akan diserap. Polaroid yang pertama disebut polarisator dan polaroid kedua disebut analisator. Polarisator berfungsi untuk menghasilkan cahaya terpolarisasi dari sumber cahaya tak terpolarisasi. Analisator berfungsi untuk mengurangi intensitas cahaya terpolarisasi. Pada polarisator cahaya dipolarisasi secara vertikal, yaitu hanya komponen vektor medan listrik yang sejajar sumbu polarisasi saja yang dilewatkan, sedangkan yang lainnya diserap. Di analisator, semua komponen  $E_0$  yang tegak lurus sumbu polarisasinya diserap, hanya komponen  $E_0$  yang sejajar sumbu analisator (yaitu  $E = E_0 \cos \theta$ ) yang diteruskan. Sehingga intensitas cahaya yang diteruskan oleh sistem polarisator-analisator mencapai maksimum jika kedua sumbu polarisasi sejajar ( $\theta = 0^\circ$  atau  $180^\circ$ ), mencapai minimum jika kedua sumbu polarisasi saling tegak lurus.

4. Sinar laser dilewatkan pada medium sebagai berikut:

- Lensa cembung tebal



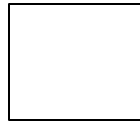
- Lensa cembung tipis,  $f = +100$  mm



- Lensa cekung tebal



- Lensa cekung tipis,  $f = -100$  mm



Untuk semua lensa positif, jika jarak lensa ke layar didekatkan, maka akan didapat citra yang makin fokus dan, sebaliknya jika dijauhkan intensitasnya akan berkurang. Sedangkan untuk lensa negatif, jika didekatkan citra yang terbentuk akan kabur sedikit.

Analisis:

Sumber sinar laser diletakkan pada jarak lebih jauh dari  $2f$  (lebih dari 20 cm) terhadap lensa.

Untuk lensa cembung tipis dan cembung tebal, hal ini akan menghasilkan bayangan nyata yang terbalik dan diperkecil. Dan jika lensa didekatkan ke layar (sumber cahaya makin jauh dari lensa) akan menghasilkan bayangan yang lebih besar dan fokus dari yang sebelumnya.

Untuk lensa cekung tipis dan cekung tebal, hal ini akan menghasilkan bayangan maya, tegak dan diperkecil. Jika lensa didekatkan pada layar akan menghasilkan bayangan yang lebih kabur / tidak jelas dari bayangan sebelumnya.

5. Sinar laser dilewatkan pada kisi dengan berbagai lebar kisi, dan jarak kisi ke layar adalah 30 cm.

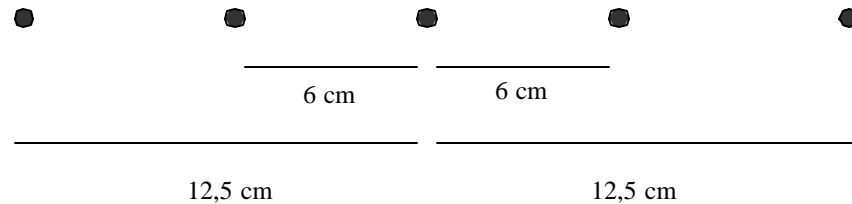
- $d = 0$  , tak terbentuk bayangan pada layar
- $d = 0,2$        $d = 0,4$        $d = 0,6$        $d = 0,8$        $d = 1,2$



- $d = 1,8$



- Untuk  $d = 300$  lines/mm didapat hasil:



Analisis:

Dengan menganggap titik yang ditengah adalah sumbu dari kisi, maka kita dapat menghitung  $\lambda$  dari sinar laser.

- Antara titik tengah dengan titik disebelahnya membentuk sudut  $\tan \theta = 6,5/30 = 0,2166$ . Jadi  $\theta = 13,5^\circ$

$$\sin \theta = 0,21175. \quad \text{Dengan } n = 1, \quad d = 1.10^3/300 = 3,33.10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = (2d \sin \theta) / n \\ = (2. 3,33.10^{-6} (0,21175)) / 1 = 1410 \text{ nm}$$

- Antara titik tengah dengan titik ke-dua membentuk sudut  $\theta = 25,133^\circ$ .  $\sin \theta = 0,3846$ . Dengan  $n = 2, d = 3,33.10^{-6} \text{ m}$

$$\lambda = (2.3,33.10^{-6}(0,3846)) / 2 = 2561 \text{ nm}$$

Ternyata perhitungan yang kami lakukan jauh dari kenyataan bahwa laser HeNe menghasilkan panjang gelombang sebesar 633 nm. Hal ini dapat saja terjadi karena kami salah mengambil asumsi untuk sumbu dari kisi.

6. Serat optik disambungkan ke sumber sinar laser.

Saat diarahkan lurus ke layar, sinar laser dapat menembus serat optik tersebut, tetapi intensitasnya berkurang.

Jika serat optik tersebut dibengkokkan, maka intensitasnya akan semakin berkurang. Semakin banyak lilitan, semakin berkurang pula intensitas sinar yang lolos.

Analisis:

Pada serat optik terdapat bagian inti dan bagian pembungkus (cladding). Bahan mirip pyrex digunakan dalam serat optik ini. Indeks bias inti dan pembungkus dibuat berbeda dengan menambahkan oksida germanium, aluminium atau fosfor. Nilai indeks bias inti = 1,50 dan pembungkus = 1,485. Cahaya asal yang memasuki serat tidak terlalu curam akan dipantulkan dari satu sisi ke sisi lainnya dan dalam hal ini akan terbentuk jalur dari satu ujung ke ujung lainnya. Makanya sinar yang diteruskan oleh serat ini tidak dapat seluruhnya diteruskan karena terjadi pembiasan didalamnya. Jika serat itu dibengkokkan maka akan terbentuk suatu sudut yang juga akan mempengaruhi pembiasan sehingga intensitasnya makin berkurang.

#### IV. KESIMPULAN

1. Dengan melewati sinar laser melalui berbagai macam medium, kita dapat menguji apakah laser itu bersifat koheren. Ternyata dalam percobaan ini terbukti bahwa laser memang bersifat koheren.
2. Intensitas cahaya yang diteruskan polarisator-analisator mencapai maksimum jika kedua sumbu polarisasi sejajar ( $0^\circ$  atau  $180^\circ$ ), mencapai minimum jika kedua sumbu polarisasi saling tegak lurus.
3. Untuk sumber cahaya berada lebih jauh dari  $2f$ , maka pada lensa positif akan menghasilkan bayangan nyata terbalik dan diperkecil. Sedangkan pada lensa negatif akan menghasilkan bayangan maya, tidak diperkecil.
4. Dengan mengetahui lebar kisi dan susut yang terbentuk terhadap sumbu utama, kita dapat menghitung panjang gelombang sinar laser dengan persamaan  $\lambda = (2d \sin \theta) / n ; n = 0,1,2,\dots$
5. Jika sinar laser dilewatkan dalam serat optik, maka intensitas cahaya keluarannya akan berkurang. Jika serat dibengkokkan intensitasnya akan lebih berkurang lagi.

## V. SARAN

Agar suasana praktikum semakin baik saya sarankan bahwa sebaiknya untuk satu modul hanya dipegang oleh satu orang asisten. Hal ini akan membuat praktikan lebih leluasa untuk bertanya kepada asisten. Sehingga kesalahan dalam menginterpretasi suatu langkah akan dapat diminimalisir.