

# **ANALISIS PENGARUH MEDAN LISTRIK LUAR TERHADAP SUDUT PUTAR POLARISASI SINAR LASER DALAM LARUTAN GULA DAN GLISERIN**

*Oleh:*

*Linda Perwirawati, K.Soffjan Firdausi, Indras M  
Laboratorium Optoelektronik & Laser Jurusan Fisika FMIPA UNDIP*

## **ABSTRACT**

*Nonlinear optical properties for sucrose and glycerin solution with various concentration in the external electric field has been studied.*

*Optical properties studied here is rotation of direction electric fields from red diode laser ray which transmission because external electric field at sucrose and glycerin solution.*

*The result of the experiment shows that change of linear polarization angle proportional to external electric field and concentration. The change of linear polarization angle of sucrose solution is greater than glycerin solution, The applied small parallel plates show that change of linear polarization angle of light is more optimal than in big parallel plates.*

*Key words : external electric field, non-linear optics, polarization, polarization angle*

## **INTISARI**

Telah dilakukan kajian sifat optis non linier dari larutan gula dan larutan gliserin dengan berbagai konsentrasi dalam medan listrik luar.

Perilaku sifat optis yang dikaji adalah pemutaran arah getar medan listrik  $\beta$  dari berkas sinar laser dioda merah yang ditransmisikan karena pengaruh medan listrik luar dengan interval  $0 \text{ V/m} - 10^6 \text{ V/m}$  pada larutan gula dan gliserin.

Dari hasil eksperimen diperoleh hasil bahwa perubahan sudut polarisasi berbanding lurus dengan perubahan konsentrasi dan medan listrik luar yang mengenai bahan. Perubahan sudut polarisasi cahaya pada larutan gula lebih besar dibandingkan dengan larutan gliserin dan penggunaan plat sejajar dengan ukuran yang lebih kecil menunjukkan perubahan sudut polarisasi cahaya yang lebih besar.

*Kata kunci : medan listrik luar, optik nonlinier, polarisasi, sudut polarisasi*

## PENDAHULUAN

Seberkas cahaya yang jatuh pada suatu bidang yang membatasi suatu medium yang berbeda maka cahaya tersebut akan mengalami peristiwa-peristiwa seperti interferensi, superposisi, transmisi, polarisasi, pemantulan (*refleksi*), dan pembiasan (*refraksi*) [1].

Beberapa material tertentu memiliki sifat yang disebut *optical activity* (aktivitas optik). Ketika cahaya yang terpolarisasi bidang melewati material optik aktif, maka cahaya yang terpolarisasi bidang tersebut akan mengalami rotasi. Konsentrasi dari medium yang dilewati oleh cahaya, mempengaruhi besar perputaran dari sudut polarisasi.

Beberapa fenomena alam mengenai transmisi, refraksi, refleksi, superposisi, dan refraksi ganda merupakan kasus-kasus optika non-linier. Dalam optik non-linier perambatan cahaya dalam medium optis dinyatakan oleh suatu persamaan gelombang yang linier. Jadi bila dua gelombang harmonis yang berpaduan dalam suatu media akan memenuhi prinsip superposisi, merambat secara tetap. Dan ternyata jika suatu medium

dikenai cahaya dengan intensitas yang tinggi seperti laser dengan daya tinggi atau diletakkan dalam medan listrik ( $\mathbf{E}$ ) atau medan magnet luar ( $\mathbf{B}$ ) yang besar maka respon tak linier dari suatu media seperti suseptibilitas, indeks bias dan polarisabilitas akan tampak [2].

### Polarisasi

Cahaya, seperti halnya semua radiasi elektromagnetik, diramalkan oleh teori elektromagnet sebagai gelombang transversal, yakni vektor listrik dan vektor magnet yang bergetar adalah tegak lurus pada arah penjalaran dan bukan sejajar pada arah penjalaran tersebut, seperti dalam gelombang longitudinal. Gelombang-gelombang transversal memiliki ciri tambahan yakni bahwa gelombang-gelombang tersebut terpolarisasi bidang. Hal ini berarti bahwa getaran-getaran vektor  $\mathbf{E}$  adalah sejajar terhadap satu sama lain untuk semua titik didalam gelombang tersebut [3].

### Medium Non Linear

Polarisasi listrik didefinisikan sebagai momen dipol listrik per satuan volume yang dapat ditulis dalam persamaan berikut,

$$\mathbf{P} = \frac{\Delta p'}{\Delta V'} \quad (1)$$

Dalam bahan dielektrik linear, hubungan antara polarisasi elektrik (momen dipol persatuan volum) dari bahan terhadap besarnya medan listrik yang dikenakan pada bahan adalah :

$$\mathbf{P} = \epsilon_0 \chi_e \mathbf{E} \quad (2)$$

Dalam hal ini  $\epsilon_0$  adalah permitivitas ruang hampa dan  $\chi_e$  adalah suseptibilitas dari bahan [4].

Fenomena non linier secara umum diakibatkan oleh ketidakmampuan dari dipol dalam medium optik untuk merespon secara linier dari medan listrik  $\mathbf{E}$  luar yang datang. Seperti inti atom yang terlalu massif dan elektron pada inti dalam yang terikat sangat kuat untuk merespon medan listrik dari cahaya yang mengenainya. Sehingga di sini elektron terluarlah yang bertanggung jawab terhadap terjadinya polarisasi pada media optis akibat adanya medan listrik luar  $\mathbf{E}$ .

Bila medan listrik  $\mathbf{E}$  yang mengenai cukup besar maka sifat optis bahan seperti suseptibilitas  $\chi$  menjadi fungsi yang non linier terhadap  $\mathbf{E}$  [5].

$$\chi = \chi_1 + \chi_2 \mathbf{E} + \chi_3 \mathbf{E}^2 + \dots \quad (3)$$

dengan  $\chi_1$  adalah koefisien yang berupa tensor. Dengan mensubstitusikan persamaan (3) ke persamaan (2) maka akan didapat hubungan antara  $\mathbf{P}$  dan  $\mathbf{E}$  yang dapat dituliskan sebagai fungsi deret dari yaitu,

$$\mathbf{P} = \epsilon_0 \chi_2 \mathbf{E} + \chi_3 \mathbf{E}^2 + \dots \quad (4)$$

Dengan  $\chi_1$  adalah tensor suseptibilitas orde kesatu atau linier sedangkan  $\chi_2$ ,  $\chi_3$  dan seterusnya adalah tensor suseptibilitas orde kedua, ketiga dan seterusnya.

Dari persamaan (4) terlihat bahwa bila medan listrik cukup kecil maka suku kedua dan selebihnya bisa diabaikan terhadap suku pertama, sehingga diperoleh relasi linier antara polarisasi terhadap medan listrik. Dan sebaliknya jika suatu bahan dikenai medan listrik yang cukup besar maka medium akan menjadi tidak linier [1].

### **Efek Kerr**

Pada tahun 1875, John Kerr meneliti bahwa ketika sebuah lempeng kaca berada pada medan listrik yang kuat maka ia akan berrefraksi ganda. Efek ini tidak hanya terjadi pada

lempeng kaca saja namun juga terjadi pada suatu cairan dan gas.

Ketika suatu cairan diletakkan di dalam medan listrik, ia akan memiliki sifat yang secara optik seperti kristal uniaxial dengan sumbu optik paralel terhadap arah medan dan ketika diamati dari arah tegak lurus, hal ini akan memunculkan fenomena interferensi. Secara eksperimen, untuk mengamati efek Kerr ini, cahaya dilewatkan di antara dua plat muatan paralel yang saling berlawanan arah. Di antara kedua plat tersebut terdapat gelas (wadah transparan) yang berisi cairan. Komponen ini dinamakan sel Kerr, yang diletakkan di antara *polarizer* dan *analyzer* dengan posisi menyilang. Susunan seperti ini dikenal dengan 'penembak elektro-optik'. Ketika medan listrik dimatikan, cahaya tidak ditransmisikan pada polarizer. Dan ketika medan listrik dihidupkan, cahaya ditransmisikan pada polarizer sehingga dari analyzer dapat diamati perubahan sudut putar polarisasi yang mana cahaya disini mengalami refraksi ganda setelah melalui cairan.

Pada efek ini jika bahan tersebut diletakkan dalam medan listrik yang kuat maka indeks bias bahan akan

berubah. Selain terdapat perubahan indeks bias bahan, juga terjadi perubahan arah getar cahaya akibat interaksi medan listrik imbas bahan dan medan listrik sinar laser. Besarnya perubahan sudut polarisasi adalah:

$$\beta \sim |\mathbf{E}| \quad (5)$$

Dengan  $\beta$  adalah perubahan sudut polarisasi sinar laser sedangkan  $\mathbf{E}$  adalah medan listrik luar. Persamaan tersebut telah dibuktikan dari hasil penelitian [6].

## **METODE PENELITIAN**

### **Alat dan Bahan Penelitian**

Alat-alat yang penelitian yang digunakan antara lain : Sumber cahaya laser dioda merah dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) 645 nm dan daya 5 mW, detektor cahaya berupa LDR yang berbasis mikrokontroler untuk mengukur intensitas cahaya laser sebelum dan sesudah mengenai bahan, sumber tegangan tinggi untuk menghasilkan tegangan tinggi (DC). Sumber tegangan tinggi ini dihubungkan dengan plat sejajar sehingga menghasilkan medan listrik  $\mathbf{E}$  dengan tegangan maksimum 14 kV, plat sejajar sebagai plat kapasitor dengan ukuran luas 7 cm x 7 cm dengan jarak kedua plat 1 cm, polarisator untuk memilih

arah medan listrik cahaya yang akan dilewatkan pada bahan transparan, analisator untuk mengamati perubahan sudut polarisasi cahaya setelah melewati bahan transparan, multimeter digital dengan merk Sanwa-CD 700E yang digunakan sebagai pembaca nilai keluaran (output) dari sumber tegangan, *probe* (pengali tegangan) yang berfungsi untuk mengkonversi besarnya tegangan yang keluar dari sumber tegangan tinggi, sehingga tegangan output bisa dibaca multimeter. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: larutan gula dan larutan gliserin dengan konsentrasi masing-masing 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% dan tempat sampel yang berfungsi sebagai wadah larutan. Tempat sampel ini terbuat dari kaca preparat dengan tebal 1mm dan berbentuk balok dengan ukuran panjang 2cm, lebar 1cm dan tingginya 3cm.

## **Prosedur Penelitian**

### **Persiapan**

#### **1. Persiapan**

Dalam tahap persiapan ini, dilakukan preparasi semua perlengkapan yang diperlukan dalam penelitian baik menyusun alat maupun membuat sampel larutan gliserin dan larutan gula

dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%. Bahan tersebut akan diletakkan pada wadah yang terbuat dari kaca preparat dengan ukuran panjang 2cm, lebar 1cm, dan tinggi 3cm.

#### **2. Kalibrasi**

- Menguji perubahan sudut polarisasi pada detektor

Dalam tahap ini dilakukan pengamatan tanpa sampel dan wadah, kemudian dengan wadah yang akan digunakan sebagai faktor koreksi untuk perubahan sudut putar polarisasi sinar laser. Medan listrik yang digunakan dalam selang  $0 - 10^6$  V/m. Kemudian diamati perubahan sudut polarisasi cahaya setelah dilewatkan polarisator dengan arah sudut sinar laser  $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ . Setelah cahaya laser melalui wadah, kemudian dianalisa perubahan sudut polarisasinya dengan analisator. Dalam hal ini diambil nilai intensitas relatif minimum.

- Menguji linieritas perubahan sudut polarisasi terhadap konsentrasi gula.

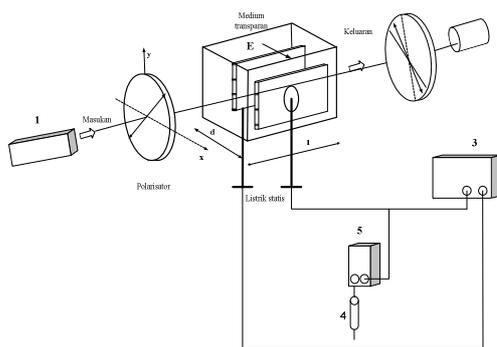
Pada tahap ini dilakukan pengamatan perubahan sudut polarisasi terhadap larutan gula dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dan 35% tanpa medan listrik luar ( $E = 0$ ) dengan

arah sinar laser  $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ .

### 3. Observasi pada bahan transparan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan dan pengukuran perubahan arah polarisasi cahaya untuk setiap bahan transparan dengan menggunakan medan listrik luar  $0 - 10^6 \text{V/m}$ . Sudut polarisator yang digunakan adalah  $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ$ . Setelah cahaya melalui bahan transparan yang sudah dikenai medan listrik luar, cahaya tersebut dianalisa perubahan sudut polarisasinya dengan analisator. Dalam hal ini diambil intensitas minimum sinar laser. Kemudian dilakukan perhitungan dan plot grafik dari data-data yang telah diperoleh.

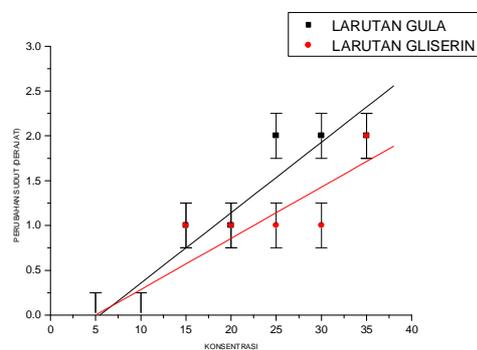
#### Diagram alat Penelitian



**Gambar 1** Skema alat penelitian. 1. Laser dioda merah, 2. Fotodiode, 3. sumber tegangan tinggi, 4. Probe, 5. Multimeter

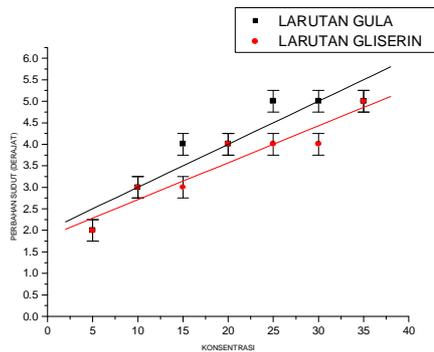
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 berikut ini menunjukkan perubahan sudut polarisasi cahaya pada larutan gula dan larutan gliserin tanpa pengaruh medan listrik luar ( $E = 0$ ). Dari grafik tampak bahwa perubahan sudut polarisasi cahaya pada larutan gula lebih besar dibandingkan larutan gliserin.



**Gambar 2.** Grafik perubahan sudut polarisasi cahaya terhadap konsentrasi tanpa medan listrik luar dengan arah  $E_{\text{laser}} 0^\circ$

Hasil di atas menunjukkan untuk tiga arah sudut laser yang berbeda, tampak bahwa tanpa pengaruh medan listrik luar sudah terjadi perubahan sudut polarisasi cahaya pada larutan gula maupun larutan gliserin. Perubahan sudut polarisasi ini terjadi karena perubahan konsentrasi pada larutan gula dan larutan gliserin, dengan perubahan sudut yang lebih besar pada larutan gula dibandingkan dengan larutan gliserin.



**Gambar 3.** Grafik  $\beta$  vs  $C$  dengan medan listrik luar  $10^6$  V/m dengan arah  $E_{\text{laser}} 0^\circ$

Dari grafik tampak perubahan sudut polarisasi yang lebih besar ketika kedua larutan dikenai medan listrik luar. Tetapi perubahan sudut polarisasi untuk larutan gula tetap lebih besar dibandingkan perubahan sudut polarisasi cahaya pada larutan gliserin. Hal ini membuktikan bahwa larutan gula memiliki sifat optis aktif yang lebih besar dibandingkan dengan larutan gliserin.

Berikut ini akan ditinjau penyebab terjadinya perubahan sudut polarisasi cahaya pada larutan gula dan larutan gliserin secara umum. Larutan gula dan larutan gliserin merupakan dielektrik. Molekul sebuah dielektrik dapat berupa molekul polar atau molekul nonpolar. Dalam penelitian ini medium yang digunakan merupakan medium dengan molekul nonpolar. Kedua larutan

merupakan campuran antara air dan zat itu sendiri. Air ( $H_2O$ ) merupakan molekul polar dengan dipol listrik yang sangat kecil. Dalam pengaruh medan listrik muatan molekul nonpolar berpindah, seperti pada gambar (4.10). Molekul ini dikatakan terpolarisasi oleh medan tersebut dan disebut dipol terinduksi. Bila sebuah, molekul non polar terpolarisasi maka timbul gaya pemulih pada muatan yang berpindah itu, menarik kembali seolah-olah ada hubungan pegas. Dalam pengaruh medan listrik luar tertentu, muatan itu saling berpisah sampai gaya pemulih tadi sama besar dan berlawanan dengan gaya yang dikerjakan terhadap muatan oleh medan.

## KESIMPULAN

1. Perubahan sudut polarisasi sinar laser pada larutan gula lebih besar dibandingkan dengan larutan gliserin.
2. Perubahan sudut polarisasi cahaya sebanding dengan besarnya medan listrik luar. Pada larutan gula ditunjukkan dengan gradien sebesar  $(0,445 \pm 0,030)^\circ\text{m/V}$  dan gradien untuk larutan gliserin sebesar  $(0,354 \pm 0,030)^\circ\text{m/V}$

3. Perubahan sudut polarisasi cahaya sebanding dengan besarnya konsentrasi larutan. Untuk larutan gula ditunjukkan dengan gradien sebesar  $(0,121 \pm 0,012)^\circ/\%$  dan larutan gliserin sebesar  $(0,114 \pm 0,012)^\circ/\%$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Jenkins, F.A. 1957. *Fundamentals of Optics*. USA. McGraw-Hill, Inc
2. Wardaya, A, & Firdausi, K. 2004. *Perhitungan Reflektansi Dan Transmittansi Bahan Transparan Dalam Medan Listrik Luar*, Berkala Fisika, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP
3. Halliday, D & Resnick, R, 1993. *Fisika Edisi ketiga (terjemahan)*, Erlangga, Jakarta
4. Sears, F.W. and Zemansky M. W. 1994. *Fisika Untuk Universitas 2 Listrik Magnet (terjemahan)*, Bina Cipta, Bandung
5. Pedrotti, F. L. and L. S. Pedrotti. 1993. *Introduction to Optics*, Second Edition. Prentice-Hall. New Jersey
6. Sugiyanto, E, 2005. Pengamatan Perubahan Sudut Putar Polarisasi Cahaya Pada Medium Transparan Dalam Medan Listrik Luar, Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA UNDIP