

**PENGARUH MEDAN MAGNET TERHADAP SUDUT POLARISASI
SINAR LASER PADA AIR DAN LARUTAN NaCl**
*(Influence of Magnetic Field Toward Polarization Angle Of Laser Ray To Water
And NaCl Solution)*

Prayitno Abadi, M. Azam, Msi, Drs. K. Sofjan F
Physics Departement, Diponegoro University, Semarang, Indonesia

Submitted : Dec 27, 2005

ABSTRACT

Had been done experiment about influence of external magnetic field toward polarization angle of laser ray to NaCl various concentration 5%,10%,15%,20%,25%,30%,35% and water. Optical characteristic behaviors studied in this research were vibration direction rotation of electric fields β from transmitted laser trace because of external magnetic fields in the transparent materials. The result of experiment indicated increasing polarization angle of laser ray proportional with magnetic field touched to transparent material. If the magnetic fields touched to the transparent materials were higher, then the polarization angle change of laser ray also experienced increase linear. For NaCl solution concentration variation, it was found that the change in polarization direction was directly comparable to its concentration. In addition, from experiment, it was also found that Verdet's Constant water is $(0,03\pm0,002)\text{min/G-cm}$ and NaCl 0,125 molal is $(0,16\pm0,015)\text{min/G-cm}$.

1. Latar Belakang

Medan magnet orde besar dan sifat molekul keseluruhan suatu bahan dapat menyebabkan ketidaklinieran optik, parameter ketidaklinieran optik dapat diketahui dari perubahan sudut polarisasi. Penelitian ini mengkaji pengaruh medan magnet yang dikenakan pada bahan transparan untuk mengetahui perubahan sudut polarisasi laser dengan variasi konsentrasi larutan, besar medan magnet, dan panjang lintasan larutan (variasi dimensi bidang).

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Polarisabilitas Bahan

Bahan yang terimbas medan listrik luar akan terpolarisasi sehingga terbentuk polarisasi (P) pada bahan.

$$P = \epsilon_0 \chi E$$

Bahan yang terimbas medan magnet luar akan termagnetisasi (M) sehingga pada bahan akan terbentuk pemagnetan pada bahan.

$$\mathbf{M} = \frac{\chi_m}{(1 + \chi_m)\mu_0} \mathbf{B} = \frac{\chi_m}{\kappa_m \mu_0} \mathbf{B}$$

2.2 Ketidaklinieran Optik

Medan listrik / medan magnet dengan orde besar dapat menyebabkan ketidaklinieran optik

$$P = \epsilon_0 (\chi_1 E + \chi_2 E^2 + \chi_3 E^3 + \dots)$$

$$\mathbf{M} = \frac{1}{\mu_0} \left(\frac{\chi_1}{\kappa_1} \mathbf{B} + \frac{\chi_2}{\kappa_2} \mathbf{B}^2 + \frac{\chi_3}{\kappa_3} \mathbf{B}^3 + \dots \right)$$

Pemagnetan yang terbentuk pada bahan (\mathbf{B}_{loc}) juga fungsi nonlinier

$$\mathbf{B}_{loc} = \mu_0 \mathbf{M}$$

$$\mathbf{B}_{loc} = \frac{\chi_1}{\kappa_1} \mathbf{B} + \frac{\chi_2}{\kappa_2} \mathbf{B}^2 + \frac{\chi_3}{\kappa_3} \mathbf{B}^3 + \dots$$

2.2 Ketidaklinieran Optik

Medan listrik / medan magnet dengan orde besar dapat menyebabkan ketidaklinieran optik

$$P = \epsilon_0 (\chi_1 E + \chi_2 E^2 + \chi_3 E^3 + \dots)$$

$$\mathbf{M} = \frac{1}{\mu_0} \left(\frac{\chi_1}{\kappa_1} \mathbf{B} + \frac{\chi_2}{\kappa_2} \mathbf{B}^2 + \frac{\chi_3}{\kappa_3} \mathbf{B}^3 + \dots \right)$$

Pemagnetan yang terbentuk pada bahan (\mathbf{B}_{loc}) juga fungsi nonlinier

$$\mathbf{B}_{loc} = \mu_0 \mathbf{M}$$

$$\mathbf{B}_{loc} = \frac{\chi_1}{\kappa_1} \mathbf{B} + \frac{\chi_2}{\kappa_2} \mathbf{B}^2 + \frac{\chi_3}{\kappa_3} \mathbf{B}^3 + \dots$$

Resultan antara osilasi vektor medan magnet (\mathbf{B}) cahaya dengan osilasi vektor \mathbf{B}_{loc} akan membentuk vektor medan magnet baru setelah cahaya melewati bahan (\mathbf{B}'), terlihat pada gambar 1

$$\mathbf{B}' = \mathbf{B} + \mathbf{B}_{loc}$$

$$\mathbf{B}' = \mathbf{B} + \left(\frac{\chi_1}{\kappa_1} \mathbf{B}_{ext} + \frac{\chi_2}{\kappa_2} \mathbf{B}_{ext}^2 + \frac{\chi_3}{\kappa_3} \mathbf{B}_{ext}^3 + \dots \right)$$

persgelombang datang

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \cos(kx - \omega t)$$

pers. gelombang keluar dari bahan

$$\mathbf{E}' = \mathbf{E}_0 \cos(kx - \omega t + \beta)$$

Perbedaan fase gelombang datang dan gelombang keluar menunjukkan terjadinya perubahan sudut polarisasi pada gelombang tersebut.

Ketidaklinieran optik dapat ditunjukkan dengan adanya perubahan sudut polarisasi (β)

2.3 Efek Faraday

Dalam penelitian ini Faraday meletakkan sebuah bahan transparan di dalam suatu medan magnet yang cukup besar. Kemudian seberkas cahaya dilewatkan melewati bahan tersebut dan ternyata cahaya tersebut terpolarisasikan sebesar β . Dari eksperimen ini, Faraday merumuskan bahwa perubahan polarisasi akan sebanding dengan perubahan medan magnet yang mengenai bahan.

$$\beta = VBd$$

dengan β, V, B , dan d berturut-turut adalah perubahan sudut polarisasi, konstanta Verdet, medan magnet, dan panjang lintasan larutan / bahan.

3. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian, preparasi sampel yaitu menyiapkan larutan NaCl beberapa konsentrasi, air, air mineral, dan tempat sampel (terbuat dari kaca preparat) dengan variasi panjang. Menata alat-alat penelitian seperti yang terlihat pada gambar 2, setelah itu melewatkan berkas laser terhadap bahan yang termagnetkan, dengan memvariasi arah getar sinar laser dengan cara mengatur sudut

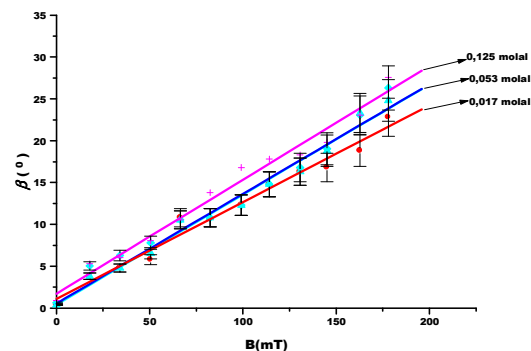
polarisator ($0^\circ, 45^\circ$, dan 90°). Arah penjaran sinar laser tegak lurus terhadap medan magnet.

Mengukur perubahan sudut polarisasi sinar laser yang tertransmisi melalui bahan (termasuk tempat sampel), dengan cara memutar analisator kekanan hingga intensitas laser yang diterima detektor minimum. Hasil pengurangan sudut polarisasi bahan + tempat sampel dengan tempat sampel kosong merupakan perubahan sudut polarisasi laser setelah melewati bahan.

Pencatatan hasil pengukuran sudut polarisasi laser, kemudian memplot grafik hubungan antara β dengan B , m dengan β , dan d dengan β berdasarkan hasil pengamatan. Menganalisa grafik dan menentukan konstanta Verdet masing-masing bahan percobaan dengan persamaan $\beta = VBd$

2.4 Hasil Dan Pembahasan

Larutan NaCl bukan merupakan larutan yang bersifat optis aktif, tetapi dapat bersifat optis aktif ketika dikenakan medan magnet dari luar. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3

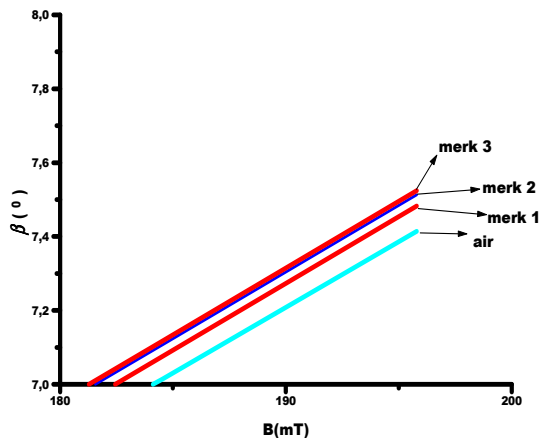


Gambar 3 Grafik hubungan β dengan B larutan NaCl beberapa konsentrasi untuk $E90^\circ$

SEMAKIN BESAR KONSENTRASI, KEMUNGKINAN grafik semakin besar, dan perubahan sudut polarisasi tertinggi dialami larutan NaCl 0,125 molal.

Air bukan merupakan senyawa yang bersifat optis aktif tetapi air merupakan senyawa elektrolit meskipun tidak sekuat larutan NaCl. Pada gambar 3 menunjukkan hasil eksperimen

pengaruh medan magnet terhadap sudut polarisasi laser pada air dan air mineral beberapa merk, dengan $d = 5\text{cm}$



Gambar 4 Grafik hubungan β dengan B air dan air mineral beberapa merk untuk E_{90}^0

Berdasarkan gambar 4 dapat disimpulkan bahwa medan magnet dapat mempengaruhi sudut polarisasi air dan air mineral, interaksi molekul air H_2O dengan medan magnet. Medan magnet menyearahkan dimensi atau bidang dipol molekul H_2O sehingga dapat memutar sudut polarisasi gelombang elektromagnetik yang melewatinya. Tetapi momen dipol H_2O tidak sekuat $NaCl$ sehingga perputaran bidang getar sinar laser tidak terlalu besar seperti larutan $NaCl$

Penentuan harga konstanta Verdet (V) larutan $NaCl$ dan air yang berdasarkan percobaan, hasilnya ditunjukkan tabel 1, Menurut referensi harga konstanta Verdet $NaCl$ dan air (H_2O) berturut-turut $0,0359 \text{ min/G-cm}$ dan $0,0131 \text{ min/G-cm}$ dengan menggunakan panjang gelombang 589nm (Pedrotti, 1993).

Tabel 4.5 harga konstanta Verdet beberapa bahan berdasarkan percobaan

No	Bahan	Konstanta Verdet (min/G-cm)	Ralat relatif (%)
1	Larutan $NaCl$ 0,017molal	$0,13 \pm 0,014$	10,21
2	Larutan $NaCl$ 0,035molal	$0,14 \pm 0,014$	10,14
3	Larutan $NaCl$ 0,053molal	$0,15 \pm 0,014$	8,86
4	Larutan $NaCl$ 0,071molal	$0,15 \pm 0,014$	8,91
5	Larutan $NaCl$ 0,089molal	$0,15 \pm 0,015$	9,67

6	Larutan $NaCl$ 0,107molal	$0,16 \pm 0,014$	8,53
7	Larutan $NaCl$ 0,125molal	$0,16 \pm 0,015$	9,09
8	Air	$0,03 \pm 0,002$	5,71
9	Air mineral merk 1	$0,04 \pm 0,003$	8,10
10	Air mineral merk 2	$0,04 \pm 0,003$	8,33
11	Air mineral merk 3	$0,04 \pm 0,003$	8,33

Pada larutan $NaCl$ jarak antar molekul tidak serapat pada kristal $NaCl$ ($NaCl$ murni), sehingga medan magnet mudah mengimbas molekul-molekul $NaCl$, kemudian menyearahkan momen dipol dari molekul-molekul $NaCl$. Tetapi jika jarak antar molekul rapat maka dalam pengaturan dimensi molekul akan sulit, sehingga penyearahan dari momen dipol molekul juga akan sulit terbentuk. Larutan $NaCl$ yang digunakan, yaitu garam dapur yang dilarutkan dengan air, dalam garam dapur selain $NaCl$ juga terdapat mineral lain misalnya Iodium. Begitu juga dengan air mineral yang bukan merupakan air murni, di dalamnya terdapat mineral-mineral. Jika dilihat dari tabel 4.5 harga konstanta Verdet air dengan beberapa air mineral hampir sama, harga konstanta Verdet air berdasar percobaan berbeda dengan referensi. Hal ini dapat disimpulkan bahwa air yang digunakan dalam percobaan bukan merupakan air murni, air sudah terkontaminasi oleh unsur selain H_2O .

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sudut polarisasi laser sebagai fungsi linier dari medan magnet luar, karena pengimbasan larutan $NaCl$ dan air oleh medan magnet $0-178\text{mT}$ memperlihatkan perubahan sudut polarisasi berbanding lurus / linier dengan perubahan medan magnet luar.
2. Nilai konstanta verdet larutan dipengaruhi oleh konsentrasi larutan dan bahan mineral yang terkandung di dalamnya. Semakin besar konsentrasi dan jumlah mineral, semakin besar juga konstanta verdetnya

Daftar Pustaka

Jenkins, F. A & White, H. E. 1957. *Fundamental of Optics*. McGraw-Hill bokk Company. Inc. Tokyo.

Pedroti, F. L. and L. S. Pedroti. 1993. *Introduction to Optics*, second edition. Prentice-Hall. Inc. New Jersey.

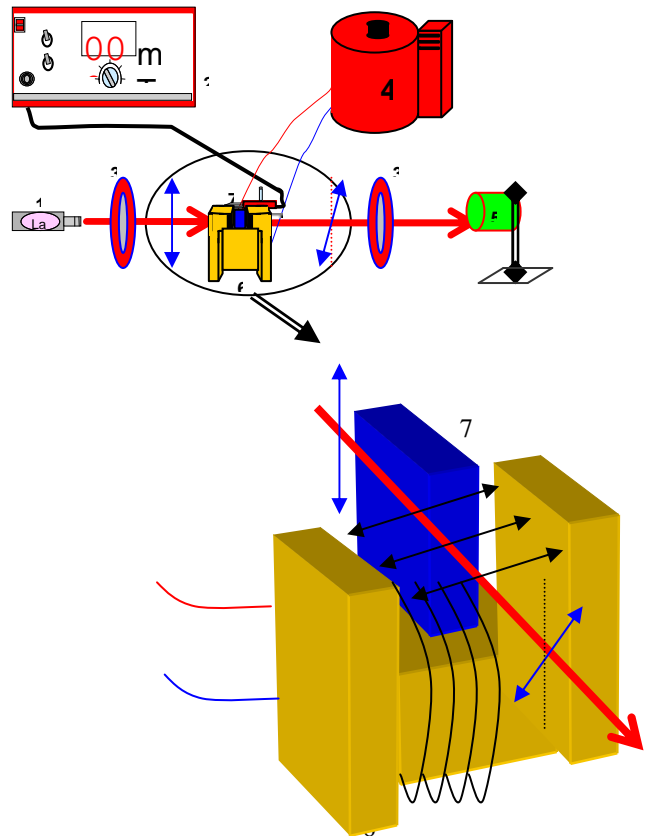
Sears, Z. 1987. *Fisika Untuk Universitas 3. Optika dan Fisika Modern*. Bina Cipta. Jakarta.

Soedjo, P. 2001. *Asas-Asas ilmu Fisika Jilid 4 Fisika Modern*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

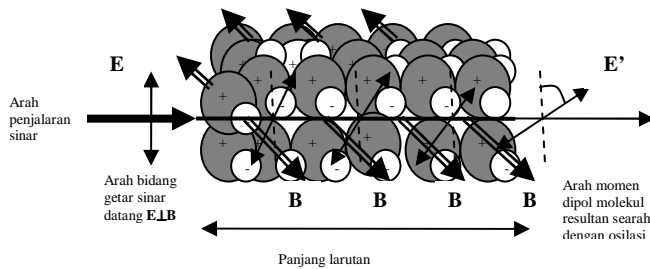
Suidia, T, dan Saito. S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*, edisi keempat. PT Kradnaya Paramita. Jakarta.

Tilley, R. 2000. *Colour And Optical Properties Of Materials*. Jhon Willey and Sons Ltd. England.

Wangness, R. K. 1986. *Electromagnetic Fields 2nd edition*. John Wiley& Sons. New York.



Gambar 1 Skema alat penelitian, 1. Laser He-Ne, 2. Teslameter, 3. Polarisator dan analisator, 4. Slide regulator, 5. Detektor Fotodioda, 6. Kumparan (pembangkit medan magnet), 7. Sampel



gambar 1 Proses perputaran bidang getar sinar ketika melewati larutan NaCl yang terimbas medan magnet