

## Identifikasi Sifat Optis Media Air dan Larutan Garam Dalam Medan Magnet Luar

K. Sofjan Firdausi<sup>1,2</sup>, Widarsono<sup>4</sup>, Priyono<sup>3</sup>, Much Azam<sup>1</sup>, Indras M<sup>2,3</sup>, Asep Y W<sup>1</sup>, dan Wahyu S B<sup>2</sup>.

1. Laboratorium Fisika Atom & Nuklir,

2. Lab. Optoelektronik & Laser,

3. Lab. Fisika Zat Padat,

4. Lab. Riset Mahasiswa,

Jurusan Fisika, FMIPA UNDIP Semarang

### Abstract

Optical properties of water and NaCl solution in an external magnetic field  $B$  have been identified. A maximum external magnetic field of 0.49 T is produced by 6625 turns of coil with maximum current 5 A. The interaction of 5 mW, 633 nm, He-Ne Laser with the sample in  $B$  leads to change of polarization angle,  $\beta$  of the electric field of light. In case of water, the experimental result is in agreement to the literature value, where the uncertainty lies between experimental errors. For various NaCl-solution concentrations, we have proved that the change of polarization angle varies linearly to  $B$ .

### Inti Sari

Telah diidentifikasi sifat optis dari air dan larutan garam dalam medan magnet luar. Besar medan magnet maksimum adalah sekitar 0,49 T yang dihasilkan dari kumparan kawat sebanyak 6625 lilitan dan dialiri arus listrik bolak-balik sebesar maksimum 5 A. Interaksi radiasi sinar Laser He-Ne 633 nm, 5 mW, dengan sampel dalam  $B$  mengakibatkan perubahan arah sudut polarisasi cahaya laser. Untuk kasus media aqua, hasil eksperimen masih sesuai dengan teori, dengan kesalahan masih dalam batas ketelitian eksperimen. Untuk variasi konsentrasi larutan NaCl, diperoleh bahwa perubahan sudut polarisasi berbanding lurus terhadap  $B$ .

Kata Kunci: Optis aktif, sudut polarisasi

### Pendahuluan

Sifat taklinier dari suatu bahan akan mudah teramati bila dikenakan medan listrik atau medan magnet luar yang cukup kuat. Secara umum polarisasi pada bahan merupakan fungsi polinomial dari kuat medan yang dikenakan [1-6].

Hasil-hasil eksperimen juga ditunjukkan adanya sifat taklinier dari polarisabilitas molekul azo dyes yang ditembak oleh laser daya tinggi [7]. Demikian pula untuk bahan KDP, ditunjukkan dengan fenomena yang serupa bila dikenakan variasi frekuensi medan listrik bolak-balik [8,9]. Studi awal juga telah dilakukan, perhitungan reflektansi bahan transparan dalam medan listrik luar untuk beberapa media [10].

Studi terakhir yang dilakukan oleh Sulistya [11] diperoleh penampakan sifat optis taklinier menggunakan teknik interferometer Michelson. Perubahan indek bias bahan transparan dalam medan magnet ditunjukkan

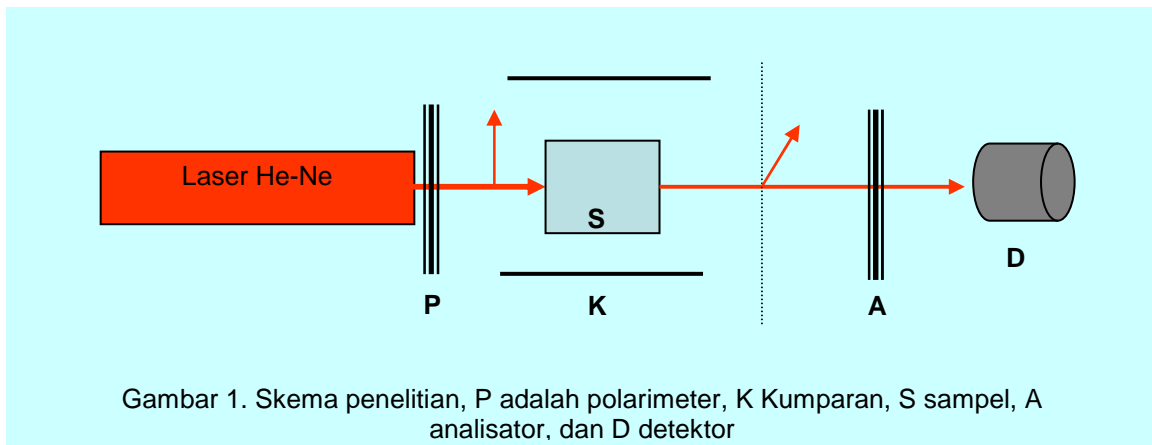
oleh beda fase interferensi yang berkurang secara linier terhadap kenaikan medan. Sayangnya besar medan magnet yang digunakan masih relatif kecil (maks. 6 mT) sehingga perhitungan jumlah frinji yang sulit. Selain itu belum dilakukan penyelidikan lebih lanjut mengenai parameter yang berkaitan dengan polarisabilitas bahan.

Dalam penelitian ini hendak dikaji perilaku sifat optis media air dan larutan garam terhadap perubahan medan magnet. Parameter yang digunakan adalah pemutar arah getar medan listrik  $\beta$  dari berkas laser yang ditransmisikan sebesar [2]:

$$\beta = VBd \quad (1)$$

dengan  $V$  adalah konstanta Verdet,  $d$  tebal media yang dilalui berkas, dan  $B$  besar medan magnet yang dikenakan ke bahan.

**Detektor**



**Eksperimen**

**Preparasi Sampel**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air (aquaria) dan larutan garam dengan konsentrasi 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%. Wadah untuk sampel tersebut terbuat dari kaca preparat dengan ukuran 1,2×1,2×1,4 cm<sup>3</sup>. Dengan kondisi tersebut, diasumsikan bahwa sifat optis efektif berasal dari larutan saja dan absorpsi diabaikan.

**Penghasil Medan Magnet**

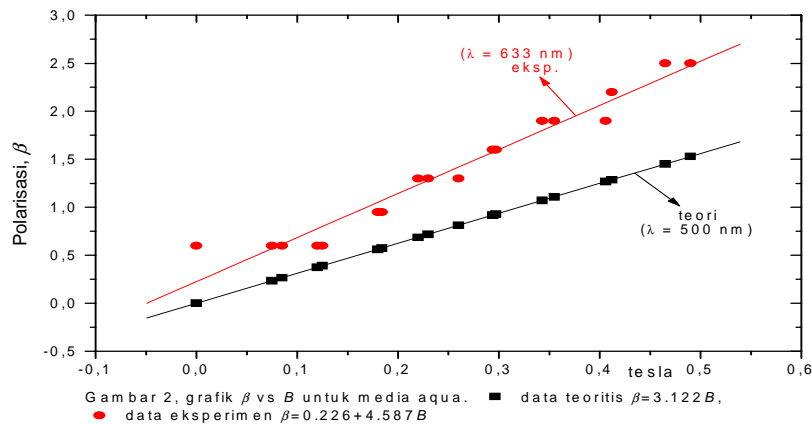
Untuk memperoleh sifat nonlinier yang cukup signifikan, diperlukan medan magnet yang kuat. Hal ini diperoleh dengan kumparan yang mempunyai 6625 lilitan, panjang 6,1 cm, diameter kawat 0,3 cm, dan dialiri arus listrik AC maksimum 5 A. Hasil pengukuran dengan Teslameter menunjukkan bahwa di pusat kumparan dihasilkan maksimal sekitar 0,49 T searah dengan berkas laser.

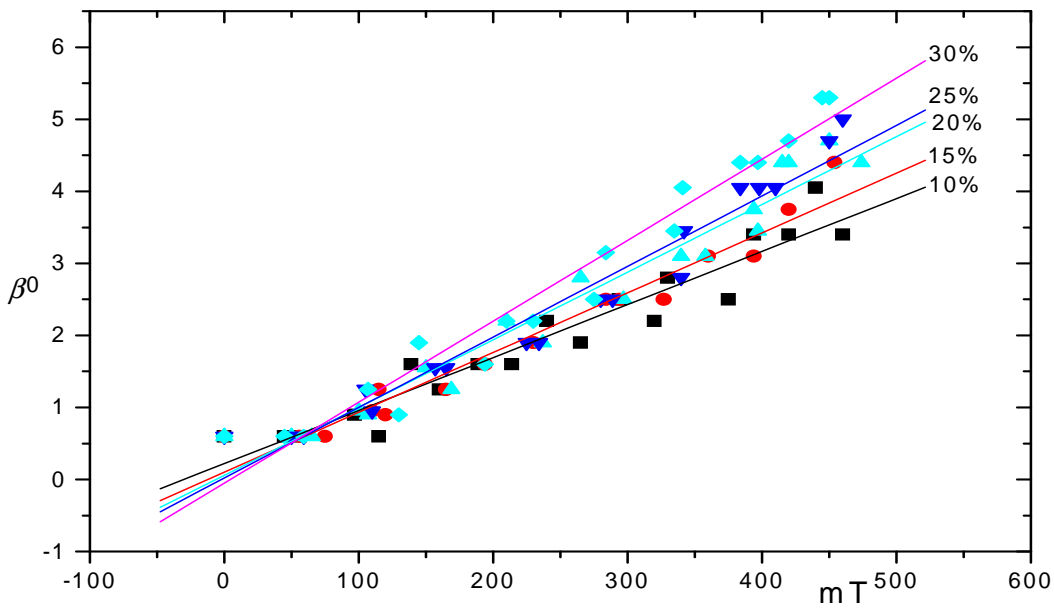
Untuk mengamati perubahan sudut polarisasi digunakan polarimeter dan analisator, intensitas diukur menggunakan detektor fotodiode. Sumber penyinaran adalah Laser He-Ne 633 nm, 5 mW. Adapun skema penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

**Hasil dan Diskusi**

**Pengujian Sifat Optis Air**

Media air digunakan untuk menguji *setup* eksperimen, bagaimana penyimpangan data hasil eksperimen terhadap teori. Konstanta verdet untuk air (asumsi sama dengan aquaria) sebesar [2]: 2,183<sup>0</sup> T<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> pada λ=500 nm. Bila digunakan kondisi eksperimen ini maka dari persamaan (1) diperoleh perubahan sudut polarisasi terhadap medan magnet *B* sebesar, β = 3,122*B*. Hasil tersebut dibandingkan dengan hasil eksperimen ditunjukkan oleh grafik β vs *B* pada gambar 2.





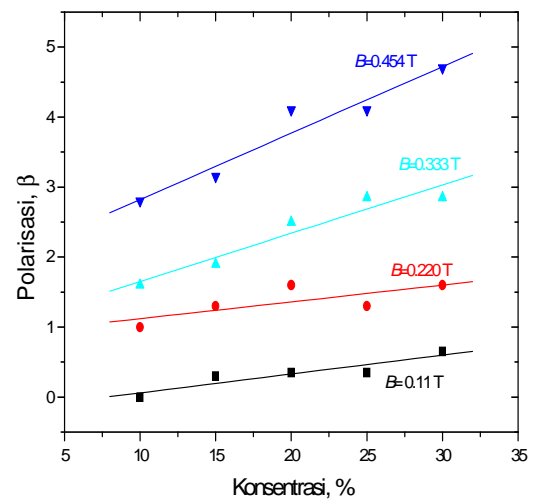
Gambar 3, grafik  $\beta$  vs  $B$  larutan NaCl berbagai konsentrasi.

Hasil eksperimen perubahan sudut polarisasi dari media air terhadap perubahan  $B$  masih sesuai dengan hasil teori. Dari grafik pada gambar 2 terlihat bahwa penyimpangan gradien dari teori sedikitnya 45%. Hal ini disebabkan terutama pada penggunaan panjang gelombang laser yang berbeda. Dalam kasus eksperimen, digunakan  $\lambda = 633 \text{ nm}$  diasumsikan sama dengan kondisi teoritik. Selain itu, pembacaan setelah melalui detektor yang kurang sensitif serta pengandaian interaksi antara air aqua dengan cahaya tampak adalah seragam. Sedangkan nilai awal  $\beta_0$  eksperimen sekitar  $0,226^0$  adalah ralat sistematis yang disimpulkan berasal dari pengabaian indek bias wadah kaca preparat. Dari grafik diperoleh konstanta Verdet untuk aqua pada kondisi eksperimen  $V = (3,2 \pm 0,2)^0 \text{T}^{-1} \text{cm}^{-1}$ .

**Sifat Optis Larutan NaCl**

Dalam kondisi tidak adanya medan luar (atau  $B \leq 100 \text{ mT}$ ), berkas sinar laser yang ditransmisikan tidak mengalami perubahan arah getar. Perubahan nilai  $\beta$  yang cukup signifikan mulai ada untuk medan magnet di atas sekitar  $100 \text{ mT}$ . Grafik  $\beta$  vs  $B$  dengan dua mode *transverse electric* (TE) dan *transverse*

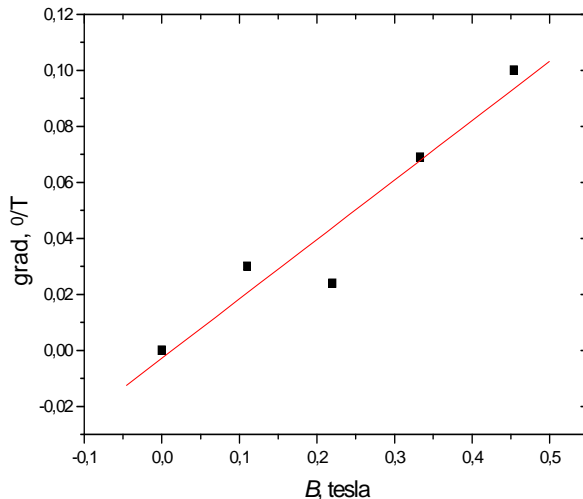
*magnetic* (TM) untuk larutan garam pada gambar 3 ternyata juga memberikan hasil yang identik.



Gambar 4, grafik  $\beta$  vs konsentrasi larutan

Dalam penelitian didapatkan bahwa gradien grafik  $\beta$  vs  $B$ , seperti gambar 3, semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi. Sifat optis aktif dari media tersebut ternyata semakin bertambah untuk medan magnet yang semakin besar. Hal ini

ditunjukkan dengan penambahan sudut polarisasi secara linier, dan cocok hasilnya dengan teori pada persamaan (1). Kami cenderung mengatakan bahwa pemutaran sudut polarisasi ini disebabkan oleh ketidaksimetrian dari molekul sampel.



Gambar 5, kenaikan gradien sifat optis terhadap kenaikan medan

Demikian pula gradien grafik  $\beta$  vs konsentrasi semakin bertambah dengan meningkatnya  $B$  seperti terlihat pada gambar 4 dan 5. Hasil-hasil tersebut melengkapi metode interferometer [11] yakni dengan dihasilkannya medan yang lebih besar dibanding sebelumnya, maka sifat taklinier nampak secara berarti. Selain itu juga sifat optis bertambah secara signifikan untuk medan magnet yang besar bila konsentrasi dinaikkan. Hal tersebut tidak dijumpai bila  $B=0$  sampai sekitar 90 mT, tidak terjadi perubahan polarisasi meskipun konsentrasi NaCl semakin besar.

Perubahan arah getar terhadap  $B$  pada gambar 3 membuktikan berlakunya persamaan (1). Bagaimana bila medan magnet lebih dari 0,1 T, menurut prediksi dari hasil di atas untuk larutan NaCl, tentunya akan meningkatkan sifat optis yang dinyatakan oleh gradien grafik  $\beta$  vs  $B$ , sampai nilai maksimum tertentu. Larutan NaCl tersebut akan semakin terpolarisasi, sesuai dengan sifat elektrolit. Pada kondisi eksperimen kami, perubahan arah getar terhadap medan orde satu (linier)

Meskipun metode ini masih belum akurat, terutama berkaitan dengan kesalahan pengukuran intensitas cahaya dengan fotodiode, namun teknik ini sudah mampu menunjukkan sifat-sifat optis taklinier yang cukup signifikan. Pengukuran perubahan arah getar terhadap perubahan medan bahan transparan memungkinkan untuk uji karakteristik bahan lain.

Selain itu, secara kualitatif dengan teknik ini dapat ditunjukkan pula perubahan intensitas transmisi yang berkurang dengan kenaikan  $B$ . Hasil ini melengkapi hasil uji interferometer [11].

### Kesimpulan

Metode pengukuran sifat optis taklinier dengan mengamati perubahan arah getar medan listrik dari laser setelah berinteraksi dengan media air memberikan konstanta Verdet  $V = (3,2 \pm 0,2)^{\circ}T^{-1} \text{ cm}^{-1}$  pada kondisi eksperimen yang masih sesuai dengan hasil teori.

Sifat optis larutan NaCl bertambah dengan meningkatnya medan magnet. Untuk medan yang relatif kecil, tidak terjadi perubahan sudut polarisasi yang signifikan. Perubahan mulai nampak dengan  $B$  lebih dari 0,1 T. Metode ini secara kualitatif juga menunjukkan adanya perubahan indeks bias dengan kenaikan  $B$ , yang ditunjukkan dengan berkurangnya intensitas transmisi.

Beberapa saran untuk memperoleh hasil yang optimal adalah, (a) pengukuran intensitas transmisi yang lebih teliti, (b) pengukuran  $\beta$  dari intensitas refleksi, (c) perlu dipelajari lebih lanjut untuk mengeksplorasi koefisien Verdet dengan variasi sumber penyinaran, (d) arah medan magnet luar tegak lurus terhadap berkas cahaya, (e) pengujian menggunakan medan listrik statis ataupun bolak-balik, dan (f) koreksi dari wadah mengingat ketebalan kaca preparat cukup berpengaruh pada hasil pengukuran intensitas, indeks bias, maupun sifat optis yang lain.

### Daftar Pustaka

- [1]. Hecht, Eugene. *Optics*, 2<sup>nd</sup> ed., Addison-Wesley, 1992.
- [2]. Pedrotti, Frank L., S.J. Leno S. Pedrotti. *Introduction to Optics*. Prentice Hall, New Jersey, (hal 411-419, 541-559)1993.

- [3]. Mills, D.L. *Nonlinear Optics*. Springer-Verlag. Bab 1, 1991.
- [4]. Butcher, P.N. & D. Cotter. *The Elements of Nonlinear Optics*. Cambridge University Press. 1990.
- [5]. Yariv, Amnon. *Optical Electronic*, 3<sup>rd</sup> ed., Holt, Rinehart and Winston, New York, chapter 8-9. 1985.
- [6]. Kaminov, Ivan P. *An Introduction to Electrooptic Devices*. Academic Press, New York, Chapter 3, 1974.
- [7]. Firdausi, K. Sofjan, K. Kneipp, K. Guldner, R. Liedtke. *Surface Enhanced Raman Scattering on Azo Dyes in colloidal silver solution*, Berkala Fisika, Vol 4 no 1, Januari 2000.
- [8]. Oktavian, Yopie, W. Setia Budi, Priyono. *Karakteristik Polarisabilitas Bahan Dielektrik  $KH_2PO_4$  Terhadap Perubahan Konsentrasi dan Temperatur*, Berkala Fisika, Vol. 5, no. 4, Oktober, 2002.
- [9]. Mulyadi. *Pengaruh Perubahan Medan Bolak-Balik Terhadap Karakteristik Permittivitas Relatif Bahan Dielektrik  $KH_2PO_4$* . Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, 2004.
- [10]. Wardaya, K. Sofjan firdausi. *Perhitungan Reflektansi dan Transmittansi Bahan Transparan Dalam Medan Listrik Luar*. Berkala Fisika, Vol. 7, no. 4, April, 2004.
- [11]. K. Sofjan Firdausi, Sulistya Budiwati, Asep Y W, Priyono, dan Wahyu S.B. *Uji Interferometri Bahan Transparan Dalam Medan Magnet*. Berkala Fisika, Vol. 8, no. 5, Juli, 2004.