

UJI INTERFEROMETRI BAHAN TRANSPARAN DALAM MEDAN MAGNET LUAR

K. Sofjan Firdausi^{1,2}, Sulistya Budiwati⁴, Asep Y. Wardaya¹, Priyono³, dan Wahyu Setia Budi².

1. Lab. Fisika Atom dan Nuklir, 2. Lab. Optoelektronik & Laser, 3. Lab. Fisika Zat Padat, 4. Lab Riset Jurusan Fisika, FMIPA UNDIP, Semarang

INTISARI

Telah dilakukan kajian pada sifat optis non linier dari medium transparan dalam medan magnet luar (**B**). Dengan mengenakan B sampai 63 gauss disimpulkan bahwa indek bias cenderung berkurang secara linier terhadap kenaikan B untuk bahan transparan seperti air, larutan garam NaCl, larutan $MgSO_4$, dan larutan cuka. Perubahan indek bias terhadap B diperoleh dengan metode interferometer Michelson dimana hipotesa menunjukkan bahwa dalam interval medan magnet tersebut jumlah frinji interferensi berkurang linier terhadap kenaikan medan. Hal ini masih bersesuaian dengan hasil eksperimen yang menunjukkan bahwa kecenderungan perubahan beda fase orde kesatu terhadap B .

ABSTRACT

*The characteristics of nonlinear optics of transparency media in a external magnetic field (**B**) have been studied. By applied B until 63 gauss, it has been concluded that the refractive index of water, NaCl-, $MgSO_4$ -, sugar- and acetone acid-solution are decreased linearly if B is increased.. The change of refractive index of the material in dependence on B is obtained using Michelson Interferometer where our recent hypothesis shows a linear reduction of fringe number on magnetic field. This is in agreement to our experiment results that the difference phase changes in first order of B .*

Kata Kunci: optis tak linier, sudut polarisasi, medan magnet luar

PENDAHULUAN

Respon tak linier pada suatu media, seperti suseptibilitas, dielektrik, indek bias, polarisabilitas, dan lain-lain akan muncul bila dikenai cahaya dengan intensitas yang sangat kuat seperti laser daya tinggi, atau diletakkan dalam medan listrik luar (atau magnet) yang cukup besar. Secara umum, suseptibilitas media, χ karena adanya medan listrik luar E diberikan oleh persamaan [1-6]:

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sifat tak linier lainnya juga diperoleh dari polarisabilitas molekul *Azo Dyes*, yang sering digunakan sebagai bahan pewarna pada makanan

dan tekstil, bila digunakan laser dengan intensitas tinggi [7].

Sejak tahun 2002, di **Jurusan Fisika, FMIPA UNDIP** telah dikembangkan penelitian-penelitian untuk menyelidiki sifat orientasi bahan dengan menempatkannya dalam medan luar. Hasil-hasil non-linier dari polarisabilitas ditunjukkan untuk bahan dielektrik KDP (KH_2PO_4) yang dilarutkan dalam air terhadap perubahan konsentrasi, suhu. Kecenderungan yang sama terjadi pula terhadap variasi frekuensi medan listrik bolak-balik [8-10].

Untuk bahan yang transparan, ketergantungan suseptibilitas terhadap

medan listrik dapat digantikan oleh indeks bias. Studi awal kami menyimpulkan bahwa indeks bias berubah terhadap medan. Ketergantungan tersebut linier atau tidak, sangat tergantung dari besar medan yang dikenakan. Secara umum, skala eksperimen yang telah dilakukan menunjukkan bahwa perubahan indeks bias terhadap medan listrik berkisar antara orde satu atau orde dua, bergantung pada material yang digunakan [11].

Analog dengan sebelumnya, E dapat diganti dengan B , yang menurut hipotesa awal indeks bias berbanding lurus dengan B [2-4]:

$$\Delta n \propto B \quad (1).$$

Dalam tulisan ini, persamaan di atas hendak diuji menggunakan Interferometer Michelson, mengingat metode ini cukup andal untuk mengamati perubahan fase yang kecil. Beda fase pada interferensi Michelson secara umum berbanding lurus terhadap indeks bias bila pada salah satu lengan ditempatkan material transparan. Dengan mempertimbangkan faktor absorpsi dari wadah dan kepekatan larutan, konsentrasi, dan ukuran sampel, diusulkan bahwa jumlah frinji interferensi (m) sebagai fungsi B dirumuskan dalam bentuk:

$$m = m_0 - aB \quad (2)$$

dimana m_0 adalah jumlah frinji interferensi sebelum dikenakan medan, dan a merupakan parameter yang tergantung dari ukuran sampel, konsentrasi, sifat polarisabilitas, dan panjang gelombang sumber yang digunakan.

EKSPERIMEN

Preparasi Sampel

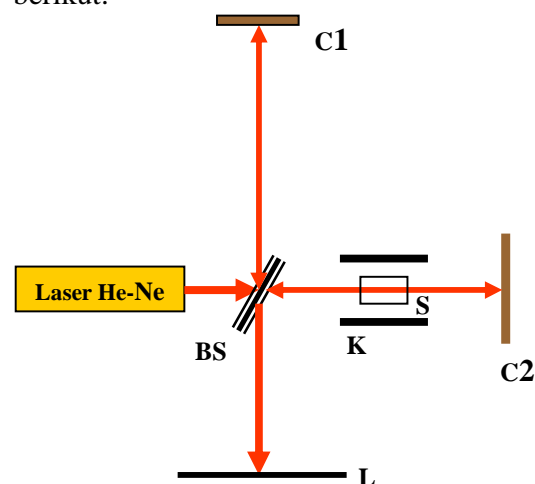
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah aqua, asam cuka, larutan NaCl (1%, 2%, dan 3%), larutan MgSO₄ (1%, 2%, dan 3%), dan larutan gula (1%, 2%, dan 3%). Wadah untuk sampel berupa kaca kubus ukuran 4,1×4,1×4,1 cm³. Dalam kasus ini, semua sifat taklinier efektif praktis dianggap dari sampel.

Medan Magnet Luar

Untuk menghasilkan medan magnet B , digunakan kumparan diameter 5 cm yang dililiti kawat sampai sekitar 3000 lilitan. Sumber arus AC yang dikenakan pada kumparan maksimal sampai 5 A, dan dicapai besar medan magnet sedikitnya sampai 63 gauss yang terukur di pusat kumparan menggunakan Teslameter.

Perhitungan Frinji

Sumber gelombang untuk pengamatan frinji interferensi adalah laser He-Ne 632,8 nm, 1 mW. Banyaknya frinji dihitung dari pusat lingkaran pola interferensi sampai radius 10 cm pada layar pengamatan. Skema penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



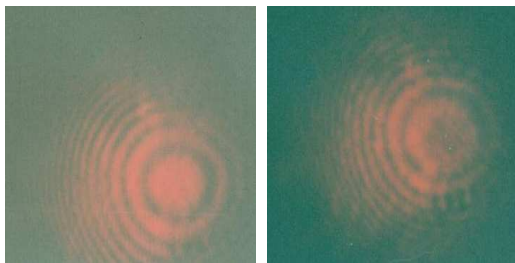
Gambar 1. Skema uji interferometer Michelson. BS adalah beam splitter, K kumparan, S sampel, C cermin datar, dan L layar.

HASIL DAN DISKUSI

Kualitas Frinji

Pada lampiran di referensi [12] ditampilkan gambar pola frinji beberapa sampel tanpa medan dan saat dikenakan medan. Tidak semua hasil dapat diperoleh mengingat pengambilan foto dalam ruang gelap yang cukup sulit, sehingga beberapa gambar tidak terekam dengan baik.

Secara umum, dengan kenaikan medan, banyaknya frinji yang dihasilkan semakin berkurang, hal ini ditunjukkan dengan kualitas tampilan frinji yang semakin membesar. Gambar 2 memperlihatkan contoh hasil tampilan frinji pada sampel gula untuk dua kondisi berbeda. Terlihat bahwa kualitas frinji sebelum dan saat diberikan medan magnet berbeda. Secara umum, kondisi sebelum ada B , jumlah frinji banyak dan rapat. Saat dikenakan B , jumlah frinji berkurang. Foto-foto pola frinji untuk keseluruhan larutan dapat dilihat pada ref. [12].



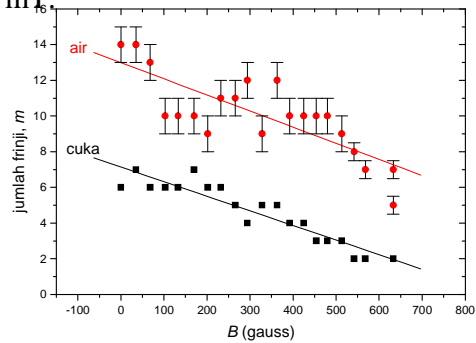
(a) (b)

Gambar 2. Pola frinji untuk sampel larutan gula 3%. (a). $B = 0$, (b). $B = 63$ G.

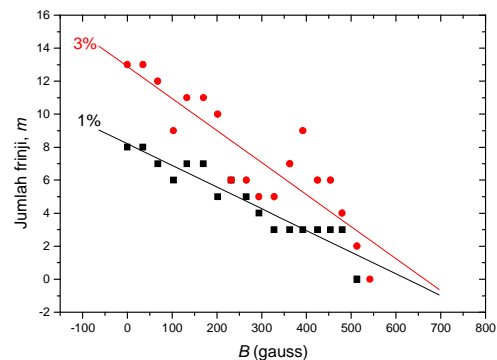
Perubahan Beda Fase Terhadap B

Dalam penelitian, sangat sulit menghitung jumlah frinji yang ke luar atau masuk saat B divariasasi. Kami hanya dapat mengukur perubahan fase terhadap B pada kondisi awal dan sesaat setelah dikenakan medan magnet. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa jumlah frinji sesaat berkurang secara bertahap

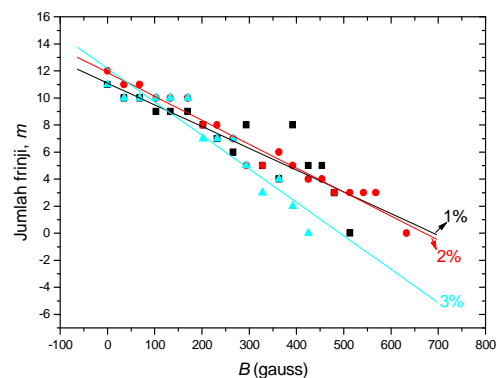
dengan kenaikan B . Gambar 3, 4, 5, dan 6 menunjukkan grafik perubahan beda fase interferensi terhadap medan magnet untuk larutan cuka, gula, NaCl, dan $MgSO_4$. Beda fase dinyatakan dalam jumlah frinji, m , dan besar medan dalam mT .



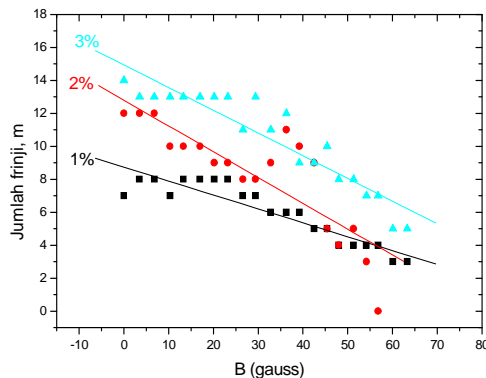
Gambar 3. Grafik jumlah frinji vs B untuk larutan cuka dan air



Gambar 4. Grafik jumlah frinji vs B untuk larutan NaCl 1% dan 3%



Gambar 5. Grafik jumlah frinji terhadap B untuk larutan gula 1%, 2%, dan 3%.



Gambar 6, grafik jumlah frinji vs B larutan $MgSO_4$ dengan konsentrasi 1%, 2%, dan 3%.

Secara keseluruhan, kesalahan pengukuran terletak pada pembacaan jumlah frinji, mengingat intensitas laser yang hanya 1 mW, berakibat pada kurang tajamnya pola-pola interferensi. Namun demikian, jumlah frinji untuk tiap jarak 10 cm dihitung dari pusat masih dapat dihitung dengan kesalahan 0,5 sampai 1. Grafik gambar 3-6 secara eksperimen masih bersesuaian dengan hasil hipotesa pada persamaan (2), dengan gradien negatif. Juga ditunjukkan bahwa kenaikan B , beda fase akan berkurang secara signifikan. Hal ini bersesuaian dengan hasil hipotesa pada referensi [11]

Sayangnya persamaan (2), berikut grafik gambar 3-6 tidak dapat digunakan untuk mengecek langsung panjang gelombang yang digunakan. Hal ini disebabkan perubahan frinji dari $B=0$ sampai nilai B tertentu tak dapat dibuat kontinyu, sehingga jumlah frinji yang hilang tak teramati oleh mata.

Pengamatan frinji secara optimal perlu dilakukan dengan memperbesar nilai interval medan magnet. Kasus kami dengan nilai maksimum 0,35 mT dirasa masih cukup kecil untuk memperoleh perubahan frinji yang signifikan. Hal ini

disebabkan nilai medan efektif masih terkompensasi dengan timbulnya arus Eddy.

Aspek lain adalah parameter a pada persamaan (2). Nilai kuantitas itu konstan terhadap B , namun tergantung dari ukuran, konsentrasi, polarisabilitas, dan juga panjang gelombang yang digunakan. Hal yang perlu ditambahkan adalah desain ulang bagaimana wadah sampel dimodifikasi untuk beberapa ukuran. Penambahan konsentrasi sampai beberapa orde di atas 5% atau lebih belum dapat dimanfaatkan karena banyaknya intensitas cahaya yang terserap. Perlu adanya penambahan daya laser yang digunakan, juga variasi panjang gelombangnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil kajian awal secara eksperimen dapat disimpulkan bahwa untuk larutan garam, $MgSO_4$, gula, cuka dan air indek biasanya cenderung berkurang secara linier. Hal tersebut telah dibuktikan dengan berkurangnya beda fase terhadap B . Jumlah frinji sebagai fungsi B masih dalam orde satu (linier) sesuai dengan hipotesa pada persamaan (2).

Untuk lebih bermanfaat terutama pada pengamatan karakteristik bahan transparan dengan interferometer ini, perlu disarankan perbaikan eksperimen mendatang sebagai berikut: (a). perubahan B diusahakan kontinyu dan perlahan sehingga jumlah frinji yang keluar atau masuk dapat dihitung secara langsung dengan mata telanjang, (b). karakterisasi sampel atau bahan transparan dengan mengeksplorasi parameter a sebagai fungsi dari ukuran, konsentrasi yang tinggi, maupun variasi panjang gelombang beserta intensitasnya, (c). mengurangi arus Eddy

pada kumparang sehingga dapat menaikkan nilai B efektif.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pak Gunadi yang telah meminjamkan kameranya sehingga pengambilan gambar pada ruang gelap dapat berlangsung dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1].Hecht, Eugene. *Optics*, 2nd ed., Addison-Wesley, 1992.
- [2].Pedrotti, Frank L., S.J. Leno S. Pedrotti. *Introduction to Optics*, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey. 1993 (Hal 411-419, dan hal 541-559).
- [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*, 3rd 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. Gueldner, R. Liedtke, *Surface Enhanced Raman Scattering on Azo Dyes in colloidal silver solution*, Berkala Fisika, Vol. 4, no. 1, Januari, Jurusan Fisika UNDIP, 2000.
- [8].Oktavian, Yopie. *Karakteristik Polarisabilitas Bahan Dielektrik KH_2PO_4 Terhadap Perubahan Konsentrasi*, Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, 2002.
- [9]. 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, Jurusan Fisika UNDIP, 2002.
- [10].Mulyadi. *Pengaruh perubahan Frekuensi Medan Bolak-Balik Terhadap Karakteristik Permittivitas Relatif Bahan Dielektrik KH_2PO_4* . Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, 2004.
- [11]. Wardaya, K. Sofjan Firdausi, 2004, *Perhitungan Reflektansi dan Transmittansi Bahan Transparan Dalam Medan Listrik Luar*. Berkala Fisika, April, 2004.
- [12]. Sulistya Budiwati, *Analisis Pengaruh Medan Magnet Terhadap Indek Bias Bahan Transparan Menggunakan Interferometer Michelson*, Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, 2005.

