

KAJIAN AWAL SIFAT OPTIS TAKLINIER BAHAN TRANSPARAN DALAM MEDAN LISTRIK STATIS

Krisno Prabowo, K. Sofjan Firdausi, dan Much Azam
Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, Semarang

Abstract

In this paper, we study non linear optical characteristics of some transparency media in a static external electric field, E . The samples used in this experiment are mineral water, salt solution, and sugar solution. The optical characteristic investigated here is the change of polarization angle, β , of laser He-Ne after pass through the sample, against E . The strength of electric field is produced by high voltage (0-2000 volt) applied on two parallel plates (size $28 \times 28 \text{ cm}^2$). It is assumed that E inside the plates is homogeneous and fulfilled by relation of $E = V/d$. Results of experiment show that three samples have the tendency of $\beta \propto E$ in this experimental condition assumed to be optimal. For weak (mineral water) and strong (salt solution) electrolyte solution, we obtain a significant difference of gradient, that shows how dominant the electric dipoles in salt more than in mineral water. Other wise, change of β vs. E in sugar solution has only significant initial value of β . The tendency of $\beta \propto E$ is just only due to the contribution of dipoles of water molecules in sugar solution, since the sugar molecules is non polar.

Intisari

Telah dilakukan kajian awal sifat optis taklinier dari beberapa bahan transparan ketika dikenakan medan listrik luar, E . Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air mineral, larutan garam, dan larutan gula. Sifat optis yang diselidiki dengan mengukur perubahan sudut polarisasi (β) sinar laser He-Ne setelah melewati sampel terhadap perubahan besar E . Kuat medan dihasilkan dengan memberikan beda potensial sampai 2000 volt pada dua keping sejajar ukuran $28 \times 28 \text{ cm}^2$, dengan asumsi E homogen dan memenuhi persamaan $E=V/d$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk ketiga sampel diperoleh kecenderungan $\beta \propto E$ untuk kondisi eksperimen pada interval medan listrik maksimum yang dihasilkan. Untuk larutan elektrolit lemah (air mineral) dan elektrolit kuat (larutan garam) diperoleh perbedaan gradien yang cukup signifikan pada larutan garam, dan menunjukkan bagaimana dipol-dipol listrik pada larutan itu yang lebih dominan dari air mineral. Sebaliknya, perubahan β vs E pada larutan gula hanya signifikan pada nilai awal β . Kecenderungan linier dari variabel itu praktis hanya kontribusi dari molekul air pada larutan gula, karena molekul gula bersifat non-polar.

Pendahuluan

Hasil studi pendahuluan pada sifat tak linier dari beberapa material terdahulu telah memberikan kesimpulan dimungkinkannya pada manfaat terutama untuk sensor atau detector [1]. Pada studi terdahulu, berkaitan dengan sifat polarisabilitas dari bahan dielektrik KDP yang larut dalam air terhadap perubahan konsentrasi dan suhu. Demikian pula kecenderungan sifat material yang sama terhadap variasi frekuensi medan bolak-balik [2-3]. Sifat optis taklinier lain pada studi pendahuluan adalah indek bias, n , dan perubahan sudut polarisasi cahaya, β ,

ketika sampel dikenakan medan magnet luar, B , dimana arah medan sejajar dengan arah berkas rambat sinar laser yang digunakan [1,4-5]. Perubahan indek bias ternyata berubah secara linier terhadap B dalam interval 0 – 6,3 mT menggunakan interferometer Michelson [4]. Pada kasus tersebut digunakan larutan elektrolit (air mineral dan larutan garam) dan non elektrolit (larutan cuka). Meskipun demikian hasil tersebut masih belum optimal dikarenakan B yang relatif masih kecil. Pada referensi [1] dan [5] kemudian dibahas tidak hanya indek bias, melainkan juga sudut putar polarisasi β , sebagai

fungsi B . Dalam kasus itu, medan magnet yang digunakan dalam interval $0 - 49$ mT dengan hasil $\beta \propto B$, yang masih sesuai dengan teori. Kesalahan pengukuran diakibatkan oleh masih lemahnya medan magnet yang berujung pada ralat pengukuran β .

Dalam penelitian ini, kami tertarik untuk mengenakan sampel pada medan listrik luar statis E dengan arah tegak lurus arah perambatan laser. Mengingat hasil-hasil studi awal sebelumnya, diasumsikan bahwa

$$\beta \propto E, \quad (1)$$

kemudian dengan cara yang sama seperti pada [1,5], diselidiki bagaimana sifat optis sampel tersebut terhadap E .

Eksperimen.

Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan adalah larutan gula dengan konsentrasi 10%, 20%,..., 50%, larutan garam untuk empat konsentrasi (10%, 15%, 20%, dan 25%), serta air mineral. Definisi dari konsentrasi di atas adalah bahwa 10% berarti 10 gram zat terlarut dalam 100 gram larutan. Wadah tempat sampel adalah kaca preparat setebal 1 mm dengan ukuran $3 \times 1 \times 1$ cm³.

Penghasil Medan Listrik

Untuk memperoleh E yang cukup kuat digunakan dua keping sejajar berukuran 28×28 cm² yang kemudian dihubungkan pada beda potensial (DC) maksimum 2000 volt. Dengan asumsi memenuhi persamaan $E = V/d$, maka dengan jarak antar plat 1 cm diharapkan E maksimum sekitar 2×10^5 V/m homogen di antara kedua plat.

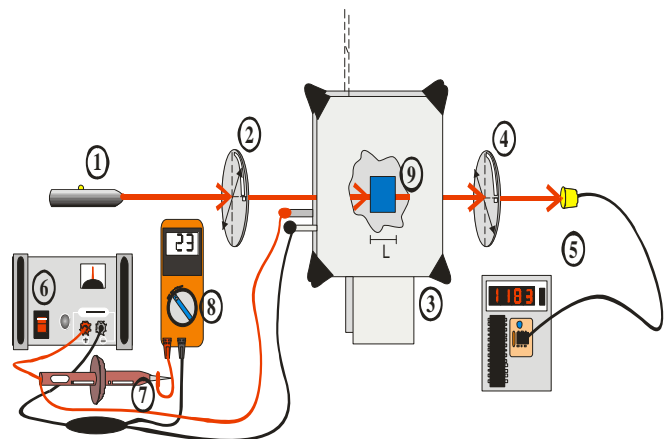
Sumber Cahaya dan Detektor

Untuk mengukur β digunakan sumber cahaya laser He-Ne 5 mW, 632,8 nm, dua buah polarisator, serta detektor fotodiode (LED). Polarisator pertama untuk memilih arah getar sinar laser, sedangkan polarisator kedua berfungsi sebagai analisator untuk menentukan

perubahan arah getar laser. Perubahan sudut dapat diketahui dengan hukum Malus menggunakan detektor fotodiode dengan memilih intensitas minimum.

Kalibrasi dan Koreksi

Untuk menguji apakah detektor bekerja baik atau tidak, maka digunakan kalibrasi alat dengan uji linieritas pada larutan gula β vs. konsentrasi (C). Hasil pengukuran pada bab selanjutnya adalah nilai β yang sudah terkoreksi dari sifat optis wadah. Gambar 1 menunjukkan skema alat penelitian.

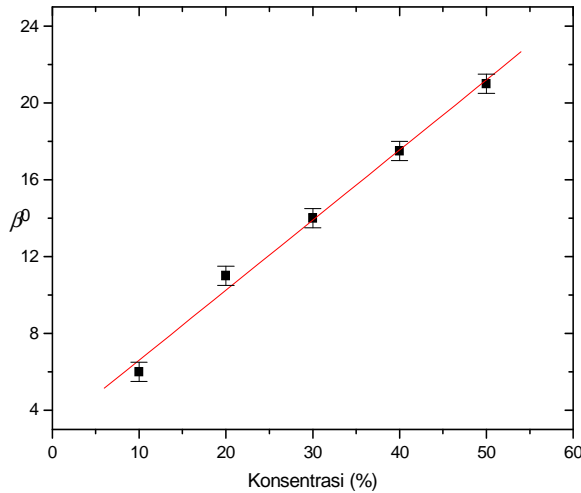


Gambar. 1. Set up Alat Penelitian, 1. Laser He-Ne, 2. Polarisator, 3. Plat Sejajar, 4. Analisator, 5. Detektor, 6. Sumber Tegangan Tinggi, 7. Probe, 8. Multitester, 9. Sampel

Hasil dan Diskusi

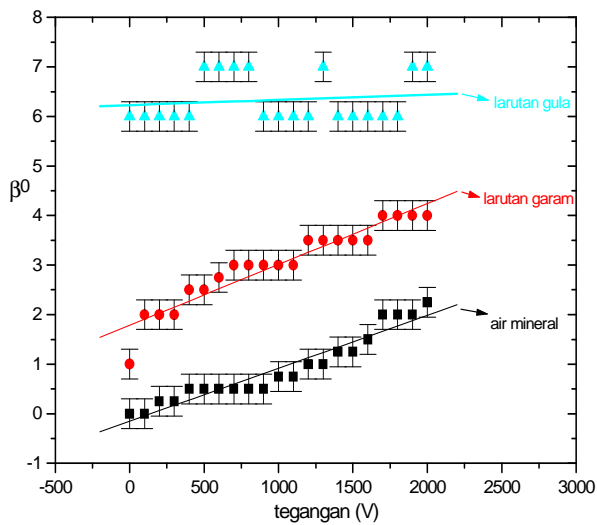
Hasil Kalibrasi

Hasil kalibrasi kami menunjukkan bahwa detektor sudah cukup baik. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengukuran sifat optis aktif larutan gula, dimana perubahan sudut putar larutan gula sebagai fungsi linier dari konsentrasi, yakni $\beta = 2,95 + 0,365C$ dengan korelasi linier 0,99. Gambar 2 menunjukkan grafik antara β vs. C untuk larutan gula tanpa adanya medan listrik luar. Dan juga ditampilkan hubungan perubahan sudut polarisasi sinar laser untuk ketiga sampel sebagai fungsi medan listrik seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 2. Grafik hubungan perubahan sudut polarisasi sebagai fungsi dari konsentrasi pada larutan gula dengan persamaan $\beta = 2,95 + 0,365C$ dan $R = 0,99$. Hal ini menunjukkan bahwa detektor bekerja cukup baik untuk dapat digunakan pengambilan data dari sampel lain.

β vs. E pada Medium Air Mineral, Larutan Garam, dan Larutan Gula



Gambar 3. Grafik β vs. E pada Air Mineral (hitam) dengan persamaan garis $\beta = -0,11 + 1,06 \times 10^{-3} V/d$, $R = 0,92$. Pada larutan garam (grafik tengah, warna merah), $\beta = 1,8 + 1,23 \times 10^{-3} V/d$, $R = 0,90$. Arah β adalah putar kanan (arah E ke kanan). Hasil yang identik juga diperoleh untuk putar kiri bila E berarah ke kiri. Nilai $d = 1$ cm. Pada larutan gula (grafik atas), menunjukkan β yang hampir konstan.

Dari grafik untuk air mineral (hitam) diperoleh persamaan garis, $\beta = -0,11 + 1,06 \times 10^{-3} V/d$, serta β arahnya putar kanan (arah E ke kanan). Gradien garis, $\text{grad} = (1,06 \pm 0,07) \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{m/V}$. Sedangkan pada larutan garam (warna merah, konsentrasi 25%) menunjukkan perubahan β yang cukup signifikan dengan gradien garis, $\text{grad} = (1,23 \pm 0,09) \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{m/V}$. Kenaikan yang serupa juga diperoleh untuk larutan garam dengan konsentrasi 15% dan 20%. Hasil yang identik diperoleh pula untuk sudut putar kiri dengan E berarah ke kiri. Hasil-hasil tersebut sesuai dengan asumsi sebelumnya pada persamaan (1). Pada larutan gula, perubahan β yang cukup landai (konstan) terhadap E ditunjukkan pada grafik paling atas gambar 3. Penambahan medan listrik tidak merubah β secara signifikan.

Gradien garis β vs. E pada larutan garam lebih besar dari pada air disebabkan oleh dipol-dipol listrik molekul NaCl lebih kuat dari pada air mineral. Kelebihan polaritas inilah yang menyebabkan perubahan β yang cukup signifikan bila E bertambah. Air mineral sendiri didominasi oleh dipol listrik dari molekul H₂O, yang meskipun polar masih belum kuat daripada larutan garam. Sebaliknya, gula bersifat non polar, molekul gula tidak membentuk dipol, sehingga dalam larutan gula sebagian besar pemutaran sudut polarisasi dipengaruhi oleh sifat optis gula. Penambahan medan listrik praktis tidak berpengaruh. Nilai β vs. E yang hampir konstan bisa jadi interaksi sifat optis molekul gula dan sifat dipol molekul air.

Kesimpulan dan Saran.

Perubahan sudut polarisasi cahaya linier terhadap medan listrik statis baik untuk air mineral maupun larutan garam. Hal ini sesuai dengan asumsi awal bahwa pada persamaan (1) dengan $\beta = -0,11 + 1,06 \times 10^{-5} E$ untuk air mineral, dan $\beta = 1,8 + 1,23 \times 10^{-5} E$ untuk larutan garam, dimana kontribusi dipol-dipol molekul NaCl lebih dominan dari pada dipol-dipol

listrik molekul H_2O . Sebaliknya pada larutan gula, interaksi dipol molekul air dengan sifat optis aktif molekul gula yang non polar tidak menghasilkan perubahan β yang cukup signifikan.

Beberapa saran yang perlu dipertimbangkan adalah memperbesar E serta menambah variasi konsentrasi sampel sehingga nilai β vs. E lebih terukur.

Daftar Pustaka

- [1]. Priyono dkk., Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 7, no. 1, hal. 83-87, Oktober 2005.
- [2]. Yopie Oktavian, W. Setia Budi, Priyono, Berkala Fisika, Vol. 5, no. 4, Oktober 2002.
- [3]. Mulyadi, *Pengaruh Perubahan Frekuensi Medan Bolak-Balik Terhadap Karakteristik Permittivitas Relatif Bahan Dielektrik KH_2PO_4* . Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, 2004.
- [4]. K. Sofjan F. dkk., Berkala Fisika, Vol. 7, no. 3, hal. 91-96, Juli 2004.
- [5]. K. Sofjan Firdausi, dkk., Berkala Fisika, Vol. 8, no. 1, hal. 1-6, Januari 2005.