

STUDI SIFAT ELEKTROOPTIS PADA KACA AKUARIUM, KACA PREPARAT, DAN AKRILIK

Anis Nila Kusuma, K. Sofjan Firdausi, Wahyu Setia Budi

Corresponding Author: K. Sofjan Firdausi, email: firdauspark@plasa.com, HP 08155525721

Jurusan Fisika, FMIPA UNDIP, Semarang

ABSTRACT

The properties of electrooptics of transparency media such as aquarium glass, micro slides, and acrylic have been studied. To obtain the change of refractive index (Δn) of materials against external static electric field (E), the samples are placed in two parallel plates applied by potential different of $0 - 10^4$ V. The maximum external field reached by this experiment is in order 10^6 V/m. The change of refractive index as function of E is measured by Michelson interferometer equipment. First, our results show that the refractive index decreases as E increases for all samples. Second, Δn varies slightly square to E , which is still the dominant of linear electrooptic coefficient. The graphs both of acrylic and slides are rather smooth, which indicates that the crystal structures are more regular than aquarium glass.

Key Words: electrooptics, refractive index, static electric field

INTISARI

Telah dilakukan studi sifat elektrooptis bahan transparan berupa kaca akuarium, kaca preparat, dan kaca akrilik. Agar diperoleh perubahan indeks bias (Δn) bahan terhadap medan listrik statis (E), sampel diletakkan pada plat sejajar yang terpasang beda potensial 0 sampai 10^4 V, sehingga dalam penelitian ini dicapai besar medan sampai orde 10^6 V/m. Perubahan Δn sebagai fungsi E diukur dengan perangkat interferometer Michelson. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa untuk ketiga sampel, diperoleh penurunan indeks bias, yang cenderung linier, dengan bertambahnya medan. Pada pengukuran perubahan Δn sebagai fungsi E , diperoleh kenaikan yang cenderung kuadratis meskipun demikian koefisien elektrooptis linier paling dominan. Untuk kaca preparat dan akrilik diperoleh grafik yang mulus, kami simpulkan di sini bahwa struktur kristal preparat dan akrilik lebih teratur daripada struktur kristal kaca akuarium.

Kata Kunci: Elektrooptis, indeks bias, medan listrik statis

PENDAHULUAN

Hasil-hasil studi awal sifat optis nonlinier pada bahan transparan non kristal bila dikenakan medan luar memungkinkan untuk diteliti lebih lanjut terutama manfaatnya pada sensor [1]. Kendala sementara pada peralatan yang belum lengkap, hasil yang masih belum akurat, serta terbatasnya sampel berupa larutan seperti air, larutan garam serta larutan gula. Pengamatan yang telah dilakukan adalah perubahan sudut polarisasi cahaya bila sampel dikenakan medan magnet (0 sampai sekitar 0,2 T) dengan hasil yang cenderung linier [2-3]. Hasil yang sama diperoleh pula bila sampel dikenakan pada medan listrik statis 0 sampai sekitar 10^6 V/m [4-5]. Selain itu, variasi arah getar

laser dan perubahan polaritas tegangan yang dikenakan ke sampel menunjukkan bagaimana kelakuan dipol listrik molekul air sebelum dan sesudah adanya medan. Hasil lain adalah bahwa pada larutan garam diperoleh adanya perubahan sudut putar terhadap konsentrasi yang non linier [6]. Pada penelitian ini, kami tertarik untuk melakukan pengukuran parameter lain berupa indeks bias bahan menggunakan interferometer Michelson. Seperti yang ditunjukkan pada referensi [1], secara kualitatif indeks bias bahan berkurang secara linier bila medan magnet (B) yang dikenakan pada sampel semakin bertambah. Pada kesempatan ini dicoba untuk mengukur secara kuantitatif sifat elektrooptis berupa perubahan indeks bias

(Δn) bahan transparan terhadap perubahan medan listrik statis (E). Identik pada referensi [1], secara kualitatif pengurangan indeks bias terhadap medan listrik diasumsikan memenuhi ekspresi

$$\zeta = \zeta_0 - \alpha E \quad (1)$$

dengan ζ adalah jumlah lingkaran gelap-terang/cm, ζ_0 jumlah lingkaran gelap-terang tanpa adanya E , dan α konstanta kesebandingan. Secara kuantitatif, mengingat $\Delta n \propto \Delta m$, perubahan indeks bias terhadap medan listrik didekati oleh persamaan

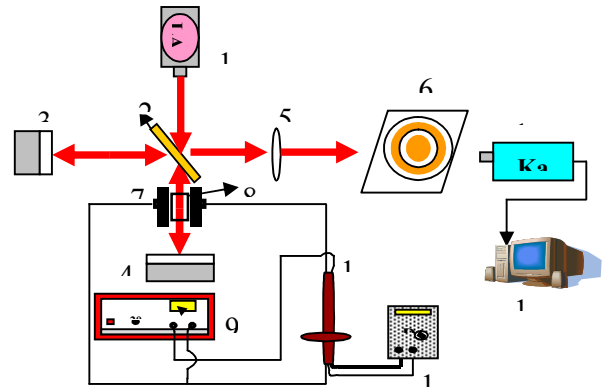
$$\Delta m = \frac{rn_0^3 t}{\lambda} E + \frac{Rn_0^3 t}{\lambda} E^2 \quad (2)$$

dengan Δm adalah jumlah frinji yang hilang atau muncul pada layar interferometer ketika E divariasikan. Parameter r dan R berturut-turut adalah koefisien linier dan kuadratis elektrooptis. Koefisien yang lebih tinggi dari E^3 , E^4 , dan seterusnya dianggap terlalu kecil sehingga dapat diabaikan.

METODE PENELITIAN

Sampel pada penelitian ini berupa kaca akuarium (tebal 5 mm), kaca preparat (tebal 1 mm), dan kaca akrilik (tebal 5 mm). Nilai ζ diukur untuk tiap 8 cm dari jari-jari cincin interferensi yang terbentuk dengan toleransi kesalahan 0,5 sampai 1. Untuk mengamati Δn sebagai fungsi E , bahan diletakkan pada salah satu lengan interferometer. Dengan mengenakan tegangan (0-10⁴ volt) pada sampel, perubahan indeks bias terhadap E diukur melalui perubahan frinji (Δm) yang hilang atau timbul dengan kesalahan sekitar ± 1 .

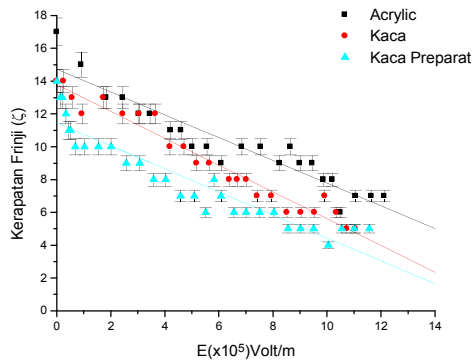
Skema alat penelitian dapat dilihat pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Susunan peralatan penelitian menggunakan Interferometer Michelson. 1. Laser HeNe, 2. Beam Splitter, 3. Cermin I, 4. Cermin II, 5. Lensa Cembung, 6. Layar, 7. Keping Plat Sejajar, 8. Sampel, 9. Sumber Tegangan Tinggi DC (High Voltage), 10. Probe (Pengali Tegangan), 11. Multimeter Digital, 12. Kamera CCD, 13. Video Monitor dan Komputer.

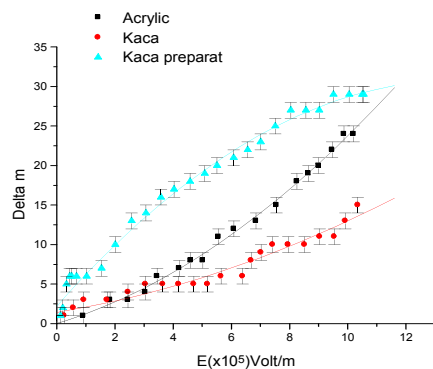
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji kualitatif persamaan (1) sesuai dengan prediksi awal, bahwa semakin besar E yang dikenakan pada material akan mengurangi indeks bias bahan. Hal ini disebabkan karena pada saat medan listrik bekerja, ion-ion pada bahan transparan akan terakumulasi, sehingga kondisi ini akan menyebabkan kedua cahaya yang saling berinterferensi akan lebih sefase. Apabila cahaya semakin sefase, maka beda lintasan optisnya akan semakin kecil. Dan sebagai akibatnya kerapatan frinji akan berkurang dan jarak antar frinji semakin melebar. Gambar 2 menunjukkan grafik pengurangan fase terhadap medan listrik. Pengurangan fase mengindikasikan pengurangan indeks bias bahan.



Gambar 2. Grafik hubungan antara medan listrik luar E terhadap kerapatan frinji ζ pada kaca (akuarium), acrylic dan kaca preparat.

Pada pengujian persamaan (2), mengingat perubahan indeks bias yang sangat kecil ($\Delta n \sim 10^{-6}$), digunakan interferometer Michelson karena kemampuannya dalam pendeteksian perubahan deformasi dalam orde mikro tersebut. Grafik perubahan indeks bias ketiga sampel dinyatakan dalam perubahan jumlah frinji (Δm) sebagai fungsi E seperti terlihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik hubungan antara medan listrik luar E terhadap delta m (frinji yang hilang) pada kaca (akuarium), acrylic dan kaca preparat.

Hubungan antara jumlah frinji yang hilang terhadap medan listrik luar dari grafik gambar 3 untuk masing-masing jenis bahan transparan yang diuji pada

kaca, acrylic dan kaca preparat seperti berikut :

$$\Delta m_{Acrylic} = 0,003 + 1,122 \times 10^{-5} E + 1,252 \times 10^{-11} E^2 ; R^2 = 0.996$$

$$\Delta m_{Kaca} = 1,424 + 6,041 \times 10^{-6} E + 5,517 \times 10^{-12} E^2 ; R^2 = 0.954$$

$$\Delta m_{Kaca\ Preparat} = 2,244 + 4,149 \times 10^{-5} E - 1,505 \times 10^{-11} E^2 ; R^2 = 0.989$$

Persamaan tersebut mengindikasikan bahwa tidak terdapat sifat simetri kristal dari bahan. Mengingat bahwa untuk material yang mempunyai simetri kristal harus memenuhi $\Delta n(-E) = \Delta n(+E)$ yang berarti suku-suku dengan koefisien E^2 , E^4 , E^6 , dan seterusnya harus lenyap. Sedangkan dari grafik masih muncul suku kuadratis yang kami simpulkan bahwa sifat simetrinya belum ada. Lebih jauh, grafik untuk akrilik dan preparat ternyata lebih mulus dari pada kaca akuarium. Hal ini mengindikasikan bahwa susunan struktur kristal akrilik dan preparat lebih teratur dari kaca akuarium. Korelasi kuadratis ditunjukkan pada nilai R^2 pada ketiga grafik di atas dengan akrilik dan preparat yang paling mendekati. Koefisien linier dan kuadratis elektrooptik ketiga bahan dapat ditentukan dari gradien persamaan (2) dan disajikan pada tabel berikut.

Tabel, Nilai r dan R hasil pengujian

Bahan Transparan	$r (\times 10^{-10} \text{m/V})$	$R (\times 10^{-16} \text{m/V})$
Acrylic	$4,3 \pm 0,6$	$4,8 \pm 0,5$
Kaca	$2,1 \pm 0,8$	$1,9 \pm 0,7$
Kaca Preparat	$66,6 \pm 3,4$	$-24,2 \pm 3,3$

Nilai koefisien elektro-optik linier r ataupun nilai koefisien elektro-optik kuadratis R yang semakin besar menandakan adanya tanggapan bahan transparan terhadap medan listrik luar yang diberikan semakin besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa indek bias berkurang dengan kenaikan medan listrik statis. Perubahan indek bias terhadap kenaikan medan lebih cenderung kuadratis yang mengindikasikan sifat bahan yang tidak simetris. Hasil grafik dengan tingkat kepercayaan yang tinggi pada akrilik dan preparat dari pada kaca akuarium disimpulkan sebagai susunan struktur dipole-dipol yang terbentuk lebih teratur.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal, perlu dilakukan pengukuran pembandingan dengan medan bolak-balik, memperbesar medan, dan juga menambah pengaruh frekuensi pada sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Priyono dkk., Jurnal Sains Materi Indonesia, Vol. 7, no. 1, hal. 83-87, Oktober 2005.
- [2] K. Sofjan F. Dkk., Berkala Fisika, Vol. 7, no. 3, hal. 91-96, Juli 2004.
- [3] K. Sofjan Firdausi, dkk., Berkala Fisika, Vol. 8, no. 1, hal. 1-6, Januari 2005.
- [4] Krisno Prabowo, K. Sofjan Firdausi, Much. Azam, Berkala Fisika, Vol. 9, no.1, hal. 1-4, Januari 2006.
- [5] Fatkhiyah, Heri Sugito, K. Sofjan Firdausi, Jurnal Sains & Matematik, Vol. 14, no. 2. hal. 65-69. April 2006.
- [6] Hari Wibowo dkk., Berkala Fisika, Vol. 9. no. 1, hal. 31-36, Januari 2006.