

PEMBENTUKAN SIFAT OPTIS AKTIF MENGGUNAKAN MEDAN RADIO FREQUENCY (RF) PADA LARUTAN GARAM

Ahmad Kamil, M. Azam, K. Sofjan Firdausi.

Jurusan fisika FMIPA UNDIP

ABSTRACT

The non-linear optical property of rotary power of light polarization in water and salt solution has been developed using the Radio-Frequency field (RF-Field). The RF-Field used in the experiment is produced by RF generator, and it supplies the frequency in the range between 6.04 to 14.56 MHz, which then applies to the samples. The source of light with 632.8 nm-wavelength and 532 nm-wave length are used to observe the change of angle polarization of the light, after it passes through the samples. Three modes of the direction of the electric field of light are chosen 0° ($\mathbf{E}_{//}$) (\mathbf{E} of light is parallel to \mathbf{E} of RF-Field, and 90° (\mathbf{E}_\perp) (\mathbf{E} of light is perpendicular to \mathbf{E} of the RF-Field) in order to determinate the optimal change of the angle of the polarization β . The values of β is measured as a function of RF-Field, $\varepsilon \equiv \omega_{RF} B_{RF}$, where ω_{RF} is the angular frequency of RF-Field and B_{RF} is the magnitude of magnetic field measured in the center of the coil which is assumed to be homogeny in the circumstances of the samples. The results of the experiment show that the degrees of change of the polarization direction, η is largest at the E_3 mode. It shows also that at small wavelength of light we obtain the larger η , which is indicated the higher frequency of light will more induce the dipoles of molecules of the samples.

Keywords: non-linear optics, polarization angle, rotary power

INTISARI

Dalam penelitian ini, sifat optis tak linier berupa pemutaran sudut polarisasi dari air dan larutan garam terbentuk dalam medan frekuensi radio (RF). Medan RF dalam penelitian ini dihasilkan dari generator RF serta menghasilkan frekuensi dalam interval 6,04 sampai 14,56 MHz yang kemudian dikenakan pada bahan uji. Sumber cahaya dengan panjang gelombang 632,8 nm dan 532 nm digunakan untuk mengukur perubahan sudut polarisasi β yang terjadi setelah cahaya melalui bahan uji. Untuk mengetahui perubahan β , digunakan tiga mode arah getar cahaya yakni E_1 (arah rambat cahaya sejajar dengan arah getar medan RF), E_2 (arah getar medan listrik cahaya sejajar terhadap arah getar medan RF), dan E_3 (arah getar medan listrik cahaya tegak lurus arah getar medan RF). Nilai β diukur sebagai fungsi dari nilai medan RF, $\varepsilon \equiv \omega_{RF} B_{RF}$, dengan ω_{RF} adalah frekuensi anguler dari RF dan B_{RF} besar medan magnet yang dihasilkan terukur dalam koil dengan asumsi bersifat homogen di sekitar sampel. Hasil-hasil eksperimen menunjukkan bahwa derajat perubahan sudut putar tiap perubahan medan RF, η paling besar pada mode E_3 . Ditunjukkan pula bahwa pada sumber cahaya dengan panjang gelombang kecil, dihasilkan nilai η yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya dengan frekuensi yang lebih besar akan lebih kuat menginduksi dipol-dipol molekul pada bahan uji.

Kata Kunci: optika non-linier, perubahan sudut polarisasi, optis aktif

PENDAHULUAN

Serangkaian pengukuran dan studi awal tentang optika non-linier telah dilakukan [1-8], dan dibuktikan bahwa sifat optis bahan, misalnya indek bias n dan perubahan arah getar medan listrik

suatu cahaya β , setelah melewati material, tergantung pada medan luar yang dikenakan Dalam referensi [3, 5] telah didefinisikan parameter baru, yakni sudut putar jenis elektrooptis (atau magnetooptis), η yakni derajat perubahan

sudut putar per satuan perubahan medan listrik yang merupakan nilai khas dari suatu material. Nilai tersebut lebih besar untuk bahan polar dari pada non-polar, dan tergantung pada konsentrasinya.

Dalam penelitian ini dicoba menggunakan medan RF untuk menghasilkan sifat optis pada sampel aquades dan larutan garam dengan menekankan pada perbedaan arah relatif berkas laser terhadap medan RF, dan besar frekuensi yang dikenakan pada bahan transparan.

Efek Elektro Optis

Secara umum dapat didefinisikan bahwa efek elektrooptis merupakan perubahan sifat optis akibat dikenakan medan listrik luar. Gelas atau bahan transparan akan mempunyai aktivitas optik ketika berada dalam medan magnet. Bidang polarisasi dari gelombang cahaya yang berada dalam medan magnet akan berputar searah jarum jam atau berlawanan dari arah jarum jam. Perubahan indeks bias dari bahan sebanding dengan perubahan medan magnet yang dikenakan ($\Delta n \sim B$), dan juga cahaya yang dikenakan bahan tersebut terpolarisasikan sebesar β ($\beta \propto B$).

Bila medan berosilasi dengan frekuensi anguler ω_{rf} , maka besarnya β menurut [9] diberikan oleh persamaan

$$\beta \propto \omega_{rf} B \quad (1)$$

Dalam kasus penelitian ini, kenaikan besarnya B diikuti pula dengan kenaikan ω_{rf} sehingga dituliskan parameter $\omega_{rf} B = \varepsilon$. Perubahan sudut putar β dapat dituliskan sebagai fungsi medan frekuensi ε yakni

$$\beta = \beta_0 + \alpha \varepsilon \quad (2)$$

dengan β_0 merupakan perubahan sudut polarisasi sebelum diberi medan rf, dan α merupakan konstanta karakteristik. Pemberian ω dan B kepada

bahan transparan akan mengakibatkan perpindahan dan deformasi dalam distribusi elektron dalam ion, dan posisi tempat ion dapat berubah sedikit. Dalam bahan yang tidak mempunyai pusat simetri, tempat kation dikelilingi oleh anion yang pada umumnya bergeser dari titik pusatnya. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya efek aktivitas optis [10].

METODE PENELITIAN

Peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

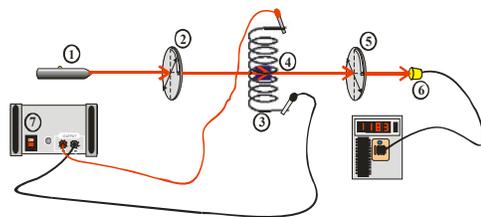
1. Sumber cahaya laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm (merah) dan laser dengan panjang gelombang 532 nm (hijau).
2. Dua polarisator yang digunakan untuk memilih arah medan listrik cahaya yang akan dilewatkan pada bahan transparan dan untuk mengamati perubahan sudut polarisasi cahaya setelah melewati bahan transparan yang disebut analisator.
3. *Radio frequency* (rf) yang berfungsi untuk menghasilkan frekuensi maksimum sebesar 14,56 MHz. Alat ini dihubungkan dengan koil yang panjangnya 30 cm, diameter 5 cm, dan lilitan sebanyak 14 sehingga dapat menghasilkan medan elektromagnetik dalam kumparannya.
4. *Spectrum analyser* dengan merk *Advantest* tipe R4131 dengan nomor serial 50340599 buatan jepang. Memiliki karakteristik impedansi input 50Ω , range frekuensi 10 kHz sampai 3,5 GHz, penguatan maksimum ± 20 dBm, yang digunakan sebagai pembacaan nilai keluaran (output) dari frekuensi.
5. Detektor Cahaya digunakan untuk mengukur β menggunakan intensitas relatif dari cahaya laser sebelum dan sesudah mengenai bahan yang tertangkap oleh detektor cahaya dengan

menggunakan LDR yang berbasis Mikrokontroler.

6. Bahan yang digunakan adalah larutan gula dan larutan garam. Konsentrasi larutan yang digunakan untuk gula 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35% untuk menguji detektor. Konsentrasi garam dipilih pada 35%. Dengan pengertian sebagai berikut larutan berkonsentrasi 5% berarti terdapat 5 gram zat terlarut dalam 100 gram larutan [11].
7. Tempat sampel terbuat dari kaca preparat dengan tebal 1 mm dan berbentuk balok dengan ukuran panjang 2 cm, lebar 1 cm dan tingginya 2,5 cm. Ralat dari pengaruh perubahan sifat optis pada sampel dikoreksi dengan melakukan pengukuran β tanpa sampel.

Observasi pada bahan transparan

Parameter perubahan arah polarisasi β diukur dengan prinsip Mallus, digunakan intensitas relatif minimum yang diterima oleh fotodetektor dari berkas sinar yang ditransmisikan. Pada tahap ini, perubahan arah polarisasi cahaya untuk setiap bahan transparan dengan variasi frekuensi digunakan dua mode arah getar medan cahaya laser yakni $0^\circ (E_{//})$ dan $90^\circ (E_{\perp})$. Setelah cahaya melalui koil, cahaya tersebut dianalisa perubahan arah polarisasinya dengan analisator. Dalam hal ini diambil nilai intensitas minimumnya, artinya sumbu transmisi polarisator dan sumbu transmisi analisator saling tegak lurus. Gambar (1) adalah susunan peralatan penelitian untuk arah berkas laser tegak lurus arah getar medan RF.

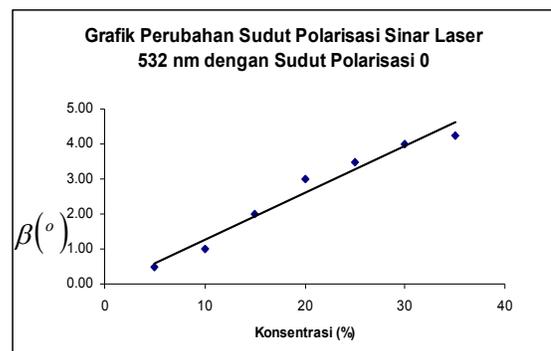


Gambar 1. Set Up alat Penelitian 1.Sumber Laser, 2. Polarisator, 3. Koil, 4. Sampel, 5. Analisator, 6. Detektor, 7. Generator RF

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kalibrasi

Seperti hasil-hasil sebelumnya, diperoleh perubahan sudut putar terhadap konsentrasi gula yang linier seperti terlihat pada gambar (2). Dapat diketahui bahwa larutan gula sudah bersifat optis aktif, artinya walaupun tidak dikenai medan RF sudut polarisasi sinar laser yang melaluinya akan mengalami perubahan terhadap variasi konsentrasi. Hal terjadi karena sifat optis dari molekul larutan gula.



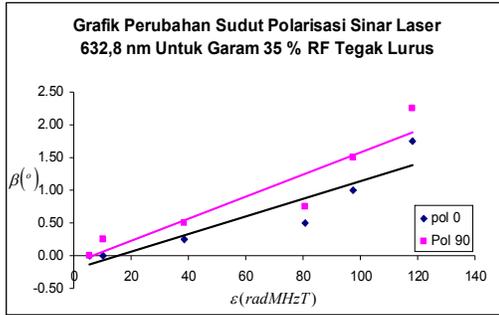
Gambar (2). Grafik perubahan sudut polarisasi cahaya terhadap konsentrasi larutan gula

Dan karena bentuk molekul gula adalah berbentuk spiral (heliks) dengan arah putar tertentu. Hal ini menyebabkan kedua komponen mempunyai kecepatan jalar yang berbeda. Akibatnya setelah menempuh jarak tertentu di dalam larutan gula, komponen polarisasi lingkaran ini akan mempunyai fasa yang berbeda, sehingga polarisasi linier yang merupakan superposisi kedua komponen polarisasi lingkaran ini arah getarannya akan berubah.

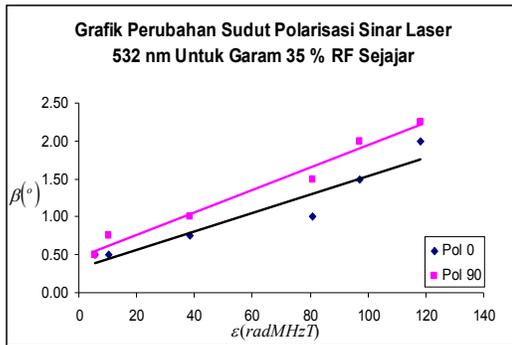
Perubahan Sudut Polarisasi pada Larutan Garam 35%

Berdasarkan gambar (3) dapat diketahui bahwa sifat optis larutan garam meningkat setelah dikenakan medan RF, artinya bahwa kenaikan perubahan sudut polarisasi cahaya meningkat dengan bertambahnya medan RF yang dikenakan pada bahan.. Hal ini disebabkan oleh

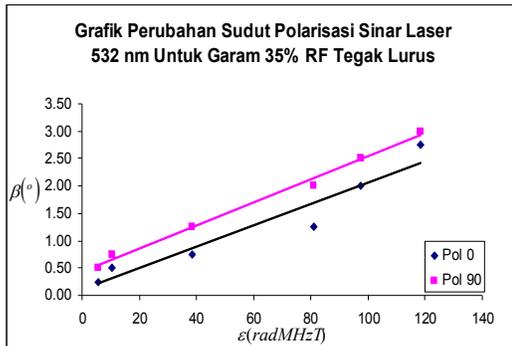
momen dipol yang ditimbulkan oleh medan RF semakin bertambah besar.



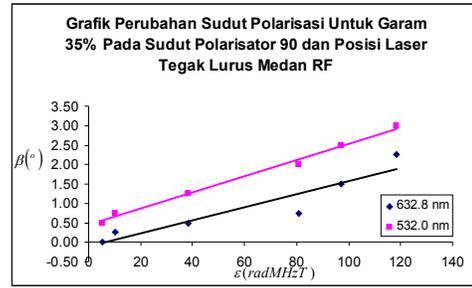
Gambar (3) Grafik perubahan sudut polarisasi sebagai fungsi ϵ pada larutan garam 35% dengan $\lambda = 632,8$ nm dan arah berkas laser tegak lurus medan RF.



Gambar (4) Grafik perubahan sudut polarisasi sebagai fungsi ϵ pada larutan garam 35% dengan $\lambda = 532$ nm dan arah berkas laser sejajar medan RF.



Gambar (5) Grafik perubahan sudut polarisasi sebagai fungsi ϵ pada larutan garam 35% dengan $\lambda = 532$ nm dan arah berkas laser tegak lurus medan RF.



Gambar (6) Grafik perubahan sudut polarisasi untuk garam 35% pada sudut polarisasi 90 dan posisi laser tegak lurus medan RF.

Pada gambar (3)- (6) perubahan sudut polarisasinya akan lebih efektif bila digunakan sumber dengan panjang gelombang 532 nm (hijau) dari pada 632,8 nm. Mode arah berkas laser yang tegak lurus juga memberikan perubahan sudut polarisasi yang lebih signifikan dari pada mode sejajar. Arah tegak lurus memberikan resultan dipol dan medan listrik yang lebih besar dari pada arah sejajar. Resultan tersebut yang akan termodulasi pada berkas yang diteruskan sehingga memberikan polarisasi yang besar ketika berkas ke luar dari bahan uji. Seperti ditunjukkan pada data di atas, kesalahan pengukuran masih perlu dieliminir, hal ini dapat dilakukan dengan mengatur atau memodifikasi koil lebih rapat dan lebih panjang. Kebocoran atau ketakhomogenan medan akibat lilitan koil yang renggang ternyata cukup signifikan. Untuk mengetahui lebih jauh bagaimana efek medan RF ini, perlu dilakukan pengujian lanjutan dengan reflektansi, sampel yang berbeda namun frekuensi medan beresonansi dengan rotasi molekuler bahan.

KESIMPULAN

Untuk garam dapat diketahui perubahan sudut polarisasi cahaya laser naik secara linier terhadap perubahan medan RF (ωB), pada kondisi yang sama nilai η untuk larutan garam 35% lebih efektif pada mode tegak lurus, posisi

polarisator 90⁰ dan penggunaan panjang gelombang sumber yang semakin kecil.

Tabel 1 Perbandingan nilai sudut putar jenis, η larutan garam 35%

λ (nm)	Mode	Posisi Polarisator	$\eta(^0/\epsilon)$
632,8	Sejajar	0 ⁰	-
		90 ⁰	-
	Tegak lurus	0 ⁰	0,0135
		90 ⁰	0,0169
532	Sejajar	0 ⁰	0,0121
		90 ⁰	0,0147
	Tegak lurus	0 ⁰	0,0196
		90 ⁰	0,0210

Saran

Penelitian ini masih perlu dilanjutkan mengingat beberapa karakteristik yang didapat dapat digunakan sebagai uji kualitas maupun sebagai alternatif identifikasi material. Secara teknis kualitas medan dalam kumparan masih perlu diperbaiki, misal dibuat lebih rapat dan lebih panjang sehingga medan dapat diasumsikan homogen. Uji kualitas dan identifikasi material memerlukan pembakuan *setup* kesperimen, yakni kalibrasi alat dan bahan standar untuk membandingkan bahan uji.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Krisno Prabowo, K. Sofjan Firdausi, dan Much. Azam, 2006, *Berkala Fisika*, Vol. 9, No. 1, hal. 1-4, Januari.

[2] Fathkiyah, Heri Sugito, dan K. Sofjan Firdausi, 2006, *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol. 14, No. 2, hal. 65-69, April.

[3] Hari Wibowo dkk, 2006, *Berkala Fisika*, Vol. 9, No. 1, hal. 31-36, Januari.

[4] Linda Perwirawati, K. Sofjan Firdausi, dan Indras Marhaendrajaya, 2007, *Jurnal Sains dan Matematik*, Volume 15, Nomor 2, hal. 72-82, April.

[5] K. Sofjan Firdausi, Endri Ernawati, dan Indras Marhaendrajaya, 2006, *Jurnal Sains dan Matematik*, *Jurnal Sains dan Matematik*, Volume 15, Nomor 4, hal. 149-152, Oktober.

[6] Sulistya, B, 2005. *Analisis Pengaruh Medan Magnet terhadap Indeks Bias Bahan Menggunakan Interferometer Michelson*, Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA Undip.

[7] Wardaya, A, Y & Firdausi, K, S, 2004. *Perhitungan Reflektansi Dan Transmittansi Bahan Transparan Dalam Medan Listrik Luar*, *Berkala Fisika*, Vol. 8, No. 5, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP.

[8] Widarsono, 2005. *Pengaruh Medan Magnet terhadap Sudut Polarisasi Sinar Laser Pada Bahan Transparan*, Skripsi. Jurusan Fisika FMIPA UNDIP.

[9] Yarif, A., 1985. *Optical Electronic Third Edition*, CBS College Publishing, New York.

[10] Vlack, V., 1986. *Ilmu dan Teknologi Bahan* (ilmu logam dan bukan logam) (terjemahan). Edisi keempat. Erlangga. Jakarta

[11] Hardjono, S, 2001. *Kimia Dasar*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta