

## **Sifat Optis Aktif Air dalam Medan Magnet pada Frekuensi Resonansi 50Hz-60Hz**

**K. Sofjan Firdausi, Dro Dwi Lego, Heri Sugito**

Corresponding Author: k.sofjanfirdausi@yahoo.co.id

Laboratorium Optoelektronik & Laser, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP

### **ABSTRACT**

*The interaction between external magnetic field modulated at 50-60 Hz and the dipoles of the sample induced by laser light modulated at 50-100 Hz has been studied. The magnetic field has the maximum value of 170 mT produced by a coil of 810 in turns. The source of light of 632,8 nm and 532 nm is modulated at the resonance value between 30 Hz and 100 Hz. The optical characteristic behavior studied in this research is the change of polarization E-direction of laser light in the aquades samples against the influence of external magnetic field. The result of experiment indicates that the change of laser polarization angle is linearly proportional with the increase of modulated frequency and external magnetic field in sample materials. It is shown that the change of glycerine concentration changes also linearly direction of polarization. The verdet constants measured in the experiment for 632 nm and for 532 nm equal to  $(0,026 \pm 0,005) V (\text{min/g-cm})$  and  $(0,025 \pm 0,003) V (\text{min/g-cm})$ , respectively. Key words: change of polarization, external magnetic fields, resonance frequency*

### **PENDAHULUAN**

Aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ ) pada umumnya adalah netral, tetapi dapat bersifat optis aktif dalam pengaruh medan listrik atau medan magnet luar. Karena pengaruh itu ikatan kimia pada molekul aquades mengalami pergeseran muatan. Hasilnya adalah ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{O}^{2-}$  yang membentuk dipol listrik akan terpolarisasi sebanding dengan medan listrik dan magnet luar yang diberikan. Hasil dari induksi medan magnet luar tersebut adalah terbentuknya muatan-muatan baru yang berupa momen dipol materi. Ketika dilewatkan gelombang elektromagnetik berupa sinar laser maka medan magnet dari sinar tersebut berinteraksi dengan medan magnet luar yang diberikan, yaitu dengan memutar arah getar sinar laser tersebut. Contoh aplikasi ini dapat ditinjau pada *oven microwave*. Jika medan luar yang dikenakan tidak statis, maka dipol, ion dan elektron akan mencoba untuk mengikuti perubahan pada arah bidang dan bergerak bolak balik. Efek ini digunakan dalam oven gelombang mikro, yang membombardir isi dengan

radiasi pada frekuensi sekitar 100Hz. Karena medan luar berubah arah, dipol khususnya yang dihubungkan dengan molekul air berorientasi ulang bolak-balik. Gerakan kontinyu ini memanaskan makanan dalam oven. Dalam penelitian ini dibahas efek perubahan sudut putar pada aquades dalam medan magnet bolak-balik 50-60 Hz dengan melewati sinar laser yang termodulasi pada frekuensi di sekitar 30 Hz sampai 100 Hz. Apabila cahaya laser dengan frekuensi  $\omega_L$  dikenakan pada bahan, maka perubahan sudut polarisasi  $\beta$  dinyatakan oleh rumus [1]:

$$\beta = \frac{\omega_L n_0^3 r E d}{c} \quad (1)$$

dengan  $n_0$  adalah indek bias bahan mula-mula,  $r$  koefisien linier magnetooptis,  $E$  medan listrik luar yang dikenakan pada sampel,  $c$  laju cahaya dalam ruang hampa, dan  $d$  jarak antar plat penghasil medan. Pada penelitian awal, sifat optis aktif dari aquades dan larutan garam dapat terbentuk melalui medan RF dengan frekuensi

modulasi  $\omega_{mod}$ . Dengan asumsi  $E \propto B$ , diperoleh [2]:

$$E = \frac{\omega_{mod} B a}{2} \quad (2)$$

dengan  $B$  adalah medan magnet osilasi dalam kumparan, dan  $a$  dimensi kumparan. Persamaan (1) dapat dituliskan lagi dalam bentuk,

$$\beta = \frac{\omega_L n_0^3 r a d (\omega_{mod} B)}{2c} \quad (3)$$

Dari persamaan (3) dapat diambil sebuah kesimpulan bahwa besarnya perubahan sudut polarisasi sebanding dengan frekuensi dan medan magnet luar yang diberikan oleh [2]:

$$\beta \propto \omega_{mod} \quad (4)$$

Dan sesuai dengan persamaan [3]:

$$\beta = V B L \quad (5)$$

dengan  $V$  dan  $L$  berturut-turut adalah konstanta Verdet dan tebal sampel.

**METODE PENELITIAN**

Peralatan dan susunan alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran perubahan sudut putar terhadap medan magnet mengacu pada referensi [4]. Sumber Cahaya yang digunakan dalam penelitian ini adalah laser He-Ne dengan daya maksimum 1 mW dan panjang gelombang 632,8 nm, serta laser pointer hijau daya maksimum 5 mW dan panjang gelombang 532 nm. Sebelum mengiduksi sample, berkas cahaya dimodulasi dengan chopper antara 30 Hz sampai 100 Hz, dengan variasi perubahan tiap 10 Hz. Beberapa mode arah getar awal dipilih pada sudut  $0^0$ ,  $45^0$ ,  $60^0$ , dan  $90^0$  untuk mengecek perubahan sudut putar yang paling optimal.

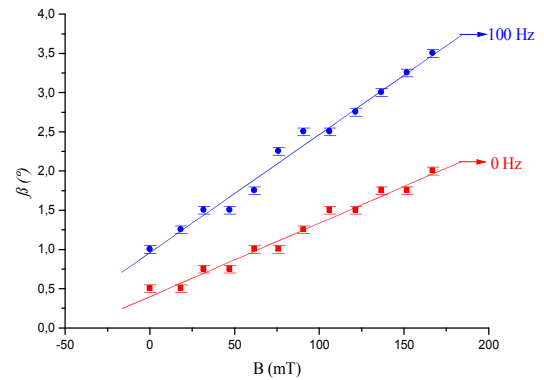
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran  $\beta$  terhadap  $B$ , menunjukkan bahwa mode polarisasi awal pada sudut  $90^0$  selalu memberikan nilai  $\beta$  yang paling optimal dari pada sudut-sudut

lainnya. Hal yang mengejutkan adalah nilai rata-rata  $\beta$  pada 632,8 nm yang relatif lebih besar dari pada 532 nm. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh reduksi kekuatan dipol-dipol akibat perbedaan frekuensi yang terlalu besar pada 532 nm. Hasil berikut ditampilkan untuk panjang gelombang laser 632,8 nm.

**$\beta$  sebagai fungsi  $B$  dan  $\omega_{mod}$**

Gambar 1 menunjukkan perubahan sudut putar sebagai fungsi medan magnet termodulasi pada nilai 0 Hz dan 100 Hz.

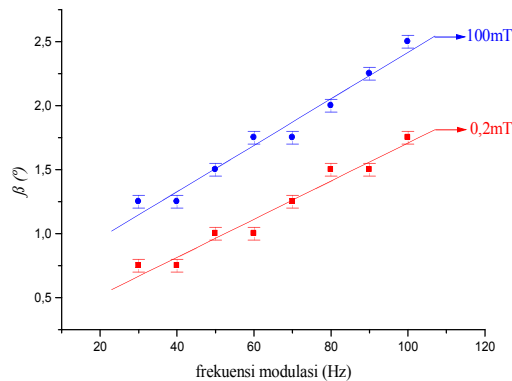


Gambar 1. Grafik hubungan  $\beta$  sebagai fungsi  $B$  pada aquades,  $E_{90^0}$  untuk dua nilai  $\omega_{mod}$  yang berbeda.

Ketika laser yang sudah dimodulasi dengan  $\omega_{mod}$  dan divariasikan antara 30-100 Hz dilewatkan pada medium yang beresilasi di dalam pengaruh medan magnet (frekuensi dipol materi), maka terjadi resonansi yang saling menguatkan antara  $\omega_{mod}$  dengan frekuensi dipol-dipol materi yang menyebabkan susceptibilitas larutan meningkat dan pemutaran bidang polarisasi semakin besar. Hal ini sesuai dengan rumus (4).

Demikian pula pada gambar 2 ditunjukkan perubahan  $\beta$  terhadap  $\omega_{mod}$  untuk dua nilai medan magnet berbeda. Semakin besar  $\omega_{mod}$  yang diberikan semakin besar pula  $\beta$ , dengan kemiringan terbesar dialami oleh laser

dengan frekuensi 100Hz. Hal ini disebabkan karena frekuensi laser ( $\omega_{mod}$ ) beresonansi dengan frekuensi tegangan sumber yaitu PLN. Arus dari PLN berupa medan magnet bolak-balik dengan



Gambar 2. Grafik hubungan  $\beta$  dengan  $\omega_{mod}$  pada aquades dengan  $E_{90^\circ}$  untuk dua nilai  $B$  yang berbeda.

Frekuensi yang sama dengan arus bolak-balik dari PLN, sehingga terjadi resonansi yang saling menguatkan dan menyebabkan semakin besarnya torsi momen dipol magnet materi yang semakin kuat terhadap pemutaran arah bidang polarisasi sinar laser yang dilewatkan dan terbentuklah kecenderungan efek polarisasi yang semakin besar.

### Konstanta Verdet Aquades

Dari hasil percobaan diperoleh bahwa nilai konstanta Verdet aquades ( $H_2O$ ) untuk  $\lambda = 632$  nm adalah 0,026 V(min/G-cm) dan untuk  $\lambda = 532$  nm adalah 0,025 V(min/G-cm). Berdasarkan referensi bahwa nilai konstanta Verdet  $H_2O$  untuk  $\lambda = 589$  nm adalah 0,0131 V(min/G-cm) [3].

Dari perbandingan nilai konstanta Verdet antara hasil percobaan yang sedikit lebih besar dari referensi diakibatkan karena digunakan panjang gelombang dan daya laser yang berbeda. Selain itu tidak dipertimbangkan adanya faktor lingkungan seperti temperatur, kelembapan dan zat pengotor dalam pengambilan data-data percobaan.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa terjadi resonansi antara dipol-dipol air dengan berkas laser. Pemilihan berkas laser hijau yang frekuensinya jauh dari resonansi pada 30-100 Hz, menghasilkan perubahan sudut putar yang relative kecil dari pada laser merah. Perubahan sudut putar terhadap  $B$  dan  $\omega_{mod}$  masih sesuai dengan teori yang mengacu pada persamaan (4) dan (5). Perlu dilakukan penelitian-penelitian lanjutan untuk melihat apakah metode tersebut dapat digunakan pada uji kualitas air dan juga bagaimana perilaku molekul air dalam bentuk dipol yang beresonansi dengan medan luar.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yariv, Amnon., *Optical Electronics Third Edition*, CBS College Publishing, NewYork, 1985
- [2] Ahmad Kamil, M. Azam, K. Sofjan Firdausi, *Berkala Fisika*, ISSN: 1410-9662, vol. 10, no.1, hal. 93-97, April, 2007.
- [3] Pedroti, F. L., & L. S. Pedroti, *Introduction to Optics*, second edition. Prentice-Hall, Inc, New Jersey, 1993.
- [4] Respita Sulistyoy, Efek Magnetooptis pada lapisan AgBr terekspos, Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, Januari 2007.