

## PENGARUH POLARITAS MEDAN LISTRIK EKSTERNAL DAN SUDUT POLARISASI LASER DIODA UNTUK PENGAMATAN EFEK KERR

*Hari Wibowo, Eko Sugiyanto, K. Sofjan Firdausi, Indras Marhaendrajaya*

*Jurusan Fisika FMIPA Universitas Diponegoro, Semarang Indonesia*

### ABSTRACT

*An identification of non linear optics of some material has been carried out. The samples used here are mineral water, salt solution, and sugar solution for various concentrations. A static applied external field  $E$  is adjusted to left and right direction. And also, the direction of electric field of laser is varied against  $E$ . The magnitude of  $E$  used in the experiment is produced by a DC high voltage (0-10 kV) applied on two identical parallel plates. A source of light to the samples is a diode laser of 645 nm and 5 mW. The change of polarization angle of laser  $\beta$  after through the samples is the optical property to be identified. Both of mineral water and salt solution, the effect of polarity of  $E$  shows identical results of  $\beta$  vs.  $E$ . In case of sugar solution, we obtain a positive gradient for right polarity and negative gradient for left polarity of  $E$ .*

*Key words: non linear optics, polarization, polarization angle, Kerr Effect*

### INTISARI

*Telah dilakukan identifikasi sifat optis tak linier dari beberapa bahan transparan yang meliputi air, larutan garam dan larutan gula dengan berbagai konsentrasi dalam medan listrik luar, pemilihan polaritas arah medan ke kiri dan ke kanan, serta variasi arah getar sinar laser terhadap medan luar. Besar medan listrik yang digunakan dalam penelitian dihasilkan dari plat sejajar yang dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi sampai tegangan maksimum sebesar 10 kV. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser dioda dengan panjang gelombang 645 nm dan daya 5 mW. Perubahan arah getar medan listrik laser dioda  $\beta$  setelah melewati sampel merupakan sifat optis yang dikaji dalam penelitian. Dari hasil pengukuran pada air mineral dan larutan garam diperoleh kenaikan perubahan sudut polarisasi laser dioda yang linier terhadap  $E$  dan pengaruh dari polaritas medan listrik luar ke kanan dan ke kiri cenderung hampir sama. Pada larutan gula, tanpa adanya pengaruh medan listrik luar sudut polarisasi laser dioda sudah mengalami perubahan. Hal ini dikarenakan larutan gula (sukrosa) memiliki sifat optis aktif putar kanan (*dextro-rotatory*).*

*Kata Kunci : optika non-linier, polarisasi, sudut polarisasi, efek Kerr*

### PENDAHULUAN

Penggunaan cahaya terpolarisasi untuk mengamati sifat optis dari suatu medium menjadi bidang penelitian yang cukup menarik untuk dikaji lebih mendalam. Hal ini memungkinkan dalam beberapa kondisi untuk mengetahui karakteristik suatu struktur atau komposisi medium yang dikaji. Pada beberapa bahan sudah memiliki sifat optis aktif secara alami. Seperti halnya sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) yang memiliki sifat putar kanan (*dextro-rotatory*) kemudian

pada protein yang kebanyakan bersifat putar kiri (*levo-rotatory*).

Namun hal ini tidak menutup kemungkinan suatu bahan atau medium yang tidak memiliki sifat optis aktif secara alami dapat memutar bidang polarisasi cahaya. Pada penelitian yang dilakukan oleh John Kerr pada tahun 1875 menunjukkan bahwa suatu bahan yang diberi medan listrik eksternal akan menunjukkan sifat elektro-optis salah satunya kemampuan untuk memutar bidang polarisasi cahaya. Dalam pembahasan mengenai bahan dielektrik,

telah diasumsikan hubungan linier antara  $\beta$  dan  $E$ . Asumsi ini berlaku apabila kuat medan listrik eksternal yang digunakan sekitar  $10^6$  V/m, hal ini lebih kecil bila dibandingkan dengan ikatan elektron dalam atom yang besarnya sekitar  $10^{11}$  V/m. [1]

Dalam penelitian awal yang telah dilakukan [2-4] dihasilkan bahwa perubahan sudut polarisasi cahaya naik secara linier terhadap perubahan medan listrik luar yang dikenakan pada air mineral, larutan garam, dan larutan gula. Namun bagaimana efek polaritas maupun variasi arah getar serta variasi konsentrasi masih belum optimal terjawab.

Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh polaritas dari medan listrik luar serta variasi arah getar laser dioda terhadap  $E$  pada sifat elektrooptis air, larutan gula dan larutan garam.

**METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan adalah merujuk pada ref. [3-4] dengan beberapa pengecualian yakni pertama sumber cahaya yang digunakan adalah sinar laser dioda dengan panjang gelombang 645 nm dan daya 5 mW. Kedua adalah variasi konsentrasi larutan gula dan larutan garam yang lebih rapat (5%, 10%, ..., dan 35%). Ketiga adalah pemilihan untuk  $E$  ke kiri dan ke kanan, serta variasi arah getar laser terhadap  $E$  yakni,  $0^\circ(E//)$ ,  $30^\circ(E_{30^\circ})$ ,  $45^\circ(E_{45^\circ})$ ,  $60^\circ(E_{60^\circ})$  dan  $90^\circ(E \perp)$ .

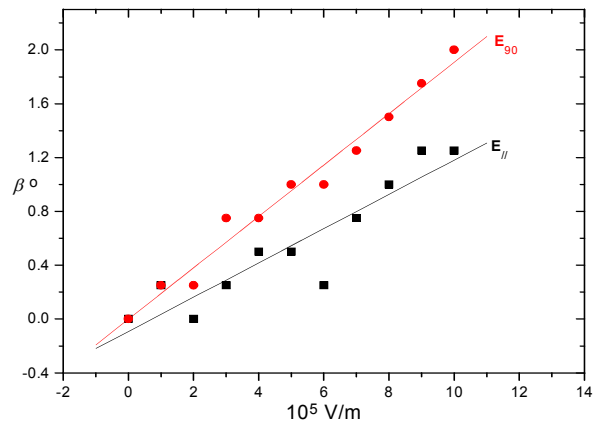
Hasil pengukuran pada bagian hasil sudah terkoreksi terhadap sifat optis dari wadah yang digunakan, serta asumsi  $E$  yang homogen dan memenuhi persamaan  $E = V/d$ , dengan  $V$  tegangan serta  $d$  jarak antar plat ( $d=1$  cm). Kalibrasi alat dilakukan untuk mengetahui bagaimana detektor yang digunakan masih layak untuk pengukuran perubahan arah getar. Pada kalibrasi ini digunakan larutan gula dengan mengukur sifat optis aktif terhadap konsentrasinya. Menguatkan dengan hasil sebelumnya [2-4], kami peroleh pula dari

uji linieritas  $\beta \propto C$  untuk larutan gula tanpa adanya  $E$ .

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

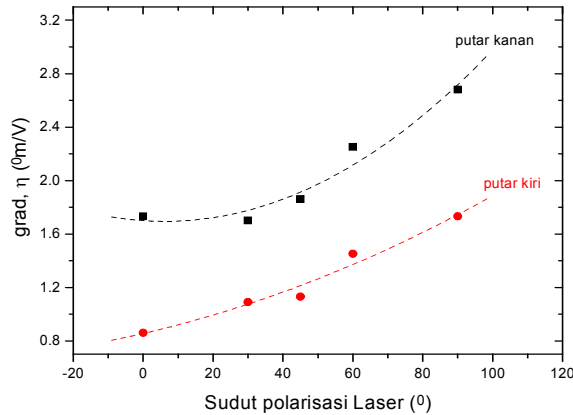
$\beta$  vs.  $E$  pada Sampel Air Mineral

Pemilihan sudut arah medan laser dengan arah medan eksternal secara umum memberikan gradien grafik  $\beta$  vs.  $E$  yang berbeda, dan hal ini cukup menyolok pada  $E_{90}$  dan  $E_{//}$  seperti terlihat pada gambar 1. Hal ini memperkuat hasil penelitian terdahulu [4], yang menunjukkan bahwa secara efektif, arah medan laser yang tegak lurus arah medan eksternal menghasilkan interaksi pada perubahan sudut polarisasi lebih efektif dari pada arah medan sejajar, terutama pada molekul air.



Gambar 1, grafik  $\beta$  vs.  $E$  pada sampel air mineral untuk dua arah medan laser yakni tegak lurus (merah) dan sejajar (hitam) terhadap arah  $E$ . Beberapa arah, seperti  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , dan  $60^\circ$  juga memberikan nilai rerata di antara  $0^\circ$  dan  $90^\circ$ , dalam gambar tidak ditampilkan.

Perubahan polaritas  $E$  pada plat juga memberikan perubahan sudut putar, ke kanan dan ke kiri. Cukup menarik adalah pada sudut putar kanan, kenaikan gradien sudut putar tiap satuan volt/m lebih signifikan dari pada sudut putar kiri. (lihat gambar 2).

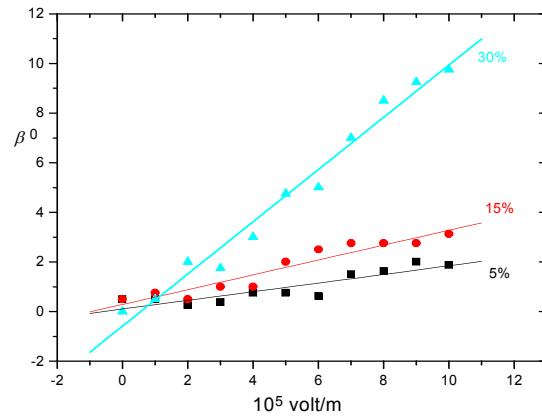


Gambar 2, gradien perubahan sudut putar per volt/m pada air mineral untuk putar kiri (arah  $E$  ke kanan) dan putar kanan (arah  $E$  ke kiri) sebagai fungsi sudut polarisasi laser.

Ketika polaritas  $E$  ke kanan, maka imbas dipol listrik molekul air akan memberikan efek medan ke kiri, sehingga interaksi dengan medan laser memberikan perubahan sudut putar ke kiri per satuan medan listrik luar. Efektif dirasakan adalah bila medan laser tegak lurus  $E$  seperti terlihat pada gambar 2 di atas. Namun bila polaritas  $E$  di ubah ke kiri, maka imbas dipol listrik berarah ke kanan, sehingga memberikan perubahan sudut putar arah ke kanan. Dari grafik, setidaknya nilai gradien baik putar kanan maupun putar kiri harusnya identik atau mendekati sama. Namun hasil eksperimen menunjukkan perbedaan, hal ini dimungkinkan adanya relaksasi waktu dari molekul air setelah mengalami imbas ke kiri, dipol-dipol tersebut tidak langsung menuju nol, melainkan secara acak semacam perlu adanya waktu untuk kembali normal.

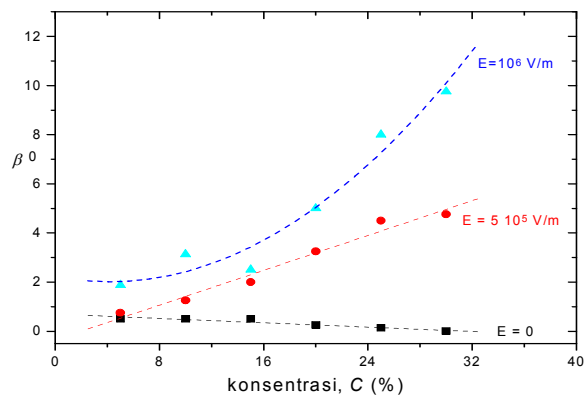
$\beta$  vs.  $E$  pada Larutan Garam

Baik untuk polaritas  $E$  ke kanan maupun ke kiri, bahkan pemilihan arah getar laser  $E_{//}$  sampai  $E_{90^0}$  ternyata memberikan hasil yang identik. Efek perubahan sudut putar hanya dipengaruhi oleh besar  $E$  dan konsentrasi larutan. Dalam hasil ini di pilih untuk  $E_{90^0}$  dan arah putar kanan. Gambar 3 menunjukkan grafik  $\beta$  vs.  $E$  untuk tiga konsentrasi 5%, 15%, dan 30%.



Gambar 3, grafik  $\beta$  vs.  $E$  pada larutan garam untuk konsentrasi 5%, 15%, dan 30%.

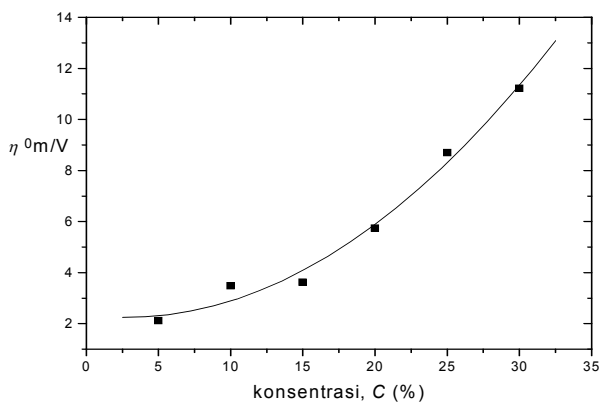
Seperti terlihat pada grafik, pada  $E$  yang kecil ( $0-10^5$  V/m) perubahan sudut polarisasi relatif kecil, hal ini disebabkan dipol-dipol molekul yang masih acak belum terimbas secara kuat. Bila  $E$  semakin besar, untuk konsentrasi garam yang relatif kecil, dipol listrik molekul NaCl terimbas naik secara perlahan. Namun untuk konsentrasi yang besar, karena jumlah dipol bertambah, imbas dipol karena kenaikan  $E$  memberikan perubahan sudut polarisasi yang cukup signifikan, terutama untuk konsentrasi 30%. Hasil yang sangat menyolok adalah pada grafik  $\beta$  vs.  $C$  untuk tiga nilai  $E$  yang berbeda seperti terlihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4, grafik  $\beta$  vs.  $C$  untuk  $E=0$ ,  $\beta$  praktis konstan, untuk  $E=5 \cdot 10^5$  V/m,  $\beta$  cenderung linier terhadap  $C$ , dan untuk  $E=10^6$  V/m,  $\beta$  cenderung naik secara kuadratis terhadap  $C$ .

Pada  $E=0$ , perubahan sudut putar terhadap konsentrasi garam praktis konstan, hal ini dapat dimengerti bahwa kondisi tanpa medan, arah dipol-dipol listrik dari molekul NaCl bersifat acak. Penembakan dengan laser tidak memberikan perubahan sudut polarisasi laser secara signifikan. Pada  $E=5 \cdot 10^5$  V/m, terlihat bahwa kenaikan perubahan sudut putar linier terhadap konsentrasi, yang mengindikasikan mulai terimbasnya dipol-dipol listrik molekul. Penambahan medan sampai  $10^6$  V/m pada sampel mengakibatkan kenaikan perubahan sudut polarisasi terhadap konsentrasi sangat signifikan. Kenaikan konsentrasi pada  $E$  yang tinggi menghasilkan imbas arah dipol yang kuat. Hasil analisa regresi diperoleh, pada kondisi ini,  $\beta$  vs.  $C$  cenderung kuadratis dengan korelasi kuadratis sekitar 0,95.

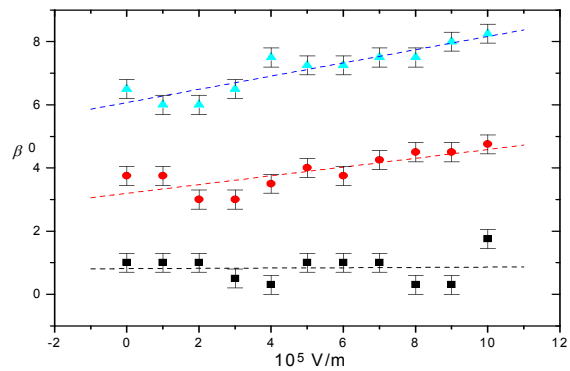
Hasil-hasil lain yang juga cukup menyolok adalah pada gradien  $\beta$  vs.  $E$ . Kami definisikan parameter  $\eta \equiv \frac{\Delta\beta}{\Delta E}$ , yakni perubahan kenaikan sudut putar persatuan perubahan medan listrik. Hasil penelitian kami memberikan kaitan  $\eta$  sebagai fungsi  $C$  konsentrasi garam adalah kuadratis ( $R= 0,98$ ) seperti terlihat pada gambar 5.



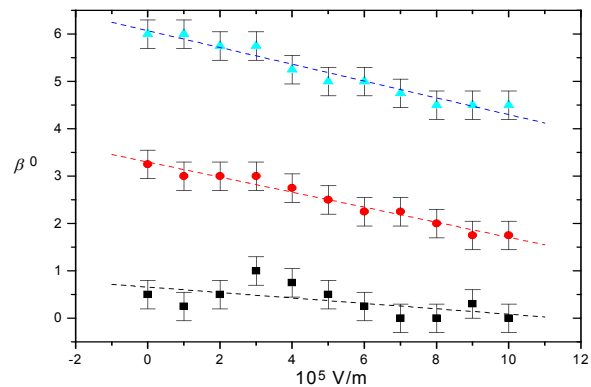
Gambar 5, gradien  $\eta$  vs. Konsentrasi pada larutan garam. Hasil analisa regresi menunjukkan bahwa grafik lebih cenderung kuadratis dari pada linier, dengan korelasi kuadratis 0,98.

$\beta$  vs.  $E$  pada Larutan Gula untuk polaritas  $E$  ke kiri dan  $E$  ke kanan

Gambar 6 dan gambar 7 menunjukkan grafik hubungan  $\beta$  vs.  $E$  pada larutan gula untuk arah polaritas  $E$  ke kiri dan ke kanan. Larutan gula dalam air memungkinkan adanya interaksi antara dipol listrik dari molekul air dan sifat optis larutan gula. Pemberian medan listrik berarah ke kiri mengakibatkan dipol molekul air dalam larutan terimbas ke kanan, yang berujung pada interaksi dengan molekul gula yang bersifat putar kanan. Terlihat bahwa kenaikan perubahan sudut putar terhadap  $E$  praktis sangat kecil (hampir konstan).



Gambar 6. Grafik  $\beta$  vs.  $E$  ( $E_{60^\circ}$ ) untuk larutan gula,  $E$  berarah ke kiri.



Gambar 7 Grafik  $\beta$  vs.  $E$  ( $E_{60^\circ}$ ) untuk larutan gula,  $E$  berarah ke ke kanan

Pada gambar 7, penurunan perubahan sudut polarisasi cahaya terhadap  $E$  (polaritas ke kanan) diakibatkan oleh

imbias dipol listrik molekul air ke kiri. Mengingat arah putar medan oleh molekul gula ke kanan, interaksi antara dipol-dipol listrik molekul air dan sifat optis molekul gula cenderung mereduksi arah medan laser, berlawanan dengan kasus  $E$  ke kiri gambar 6.

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

1. Pada air mineral dapat diketahui bahwa perubahan sudut polarisasi cahaya laser cenderung naik secara linier terhadap  $E$ , dimana penggunaan arah medan laser tegak lurus sedikit lebih efektif daripada arah sejajar terhadap  $E$ . Pengaruh polaritas  $E$  ke kanan berimbias sifat optis putar kiri untuk beberapa nilai arah medan laser, dan hal ini mengaktifkan adanya waktu relaksasi pada dipol molekul air ketika arah polaritas  $E$  diubah ke kiri untuk putar kanan.
2. Perubahan sudut polarisasi laser dioda lebih dominan pada konsentrasi dan  $E$  yang besar. Kecenderungan perubahan sudut polarisasi laser sebagai fungsi konsentrasi adalah kuadratis, demikian pula untuk parameter  $\eta$ .
3. Pada larutan gula, imbias dipol listrik dari molekul air ke kanan akan berinteraksi dengan sifat optis aktif molekul gula sehingga  $\beta$  sedikit naik secara linier terhadap  $E$ .

Sebaliknya, imbias dipol molekul air ke kiri berinteraksi destruktif dengan sifat optis molekul gula sehingga terjadi pengurangan  $\beta$  terhadap  $E$ .

Penelitian ini masih perlu dikaji lebih jauh, mengingat fluks medan listrik yang relatif belum begitu kuat dengan dua palt yang luasnya  $28 \times 28 \text{ cm}^2$ . Dengan mereduksi luas plat sampai orde  $3 \times 3 \text{ cm}^2$ , tentunya akan diperoleh fluks  $E$  yang sedikitnya 80 kali relatif lebih kuat, sehingga hasilnya akan lebih teliti.

Penggunaan cahaya laser dengan variasi panjang gelombang perlu diuji lebih detail, bagaimana pengaruhnya pada sifat optoelektrooptisnya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Jenkins, F & White, H, 1937. *Fundamental of Optics*, Mc. Graw-Hill. Inc, NewYork
- [2] Krisno Prabowo, K. Sofjan Firdausi, Much. Azam, *Berkala Fisika*, Januari 2006 (akan dipublikasikan)
- [3] Eko Sugiyanto, 2005, *Pengamatan Perubahan Sudut Putar Polarisasi Cahaya pada Medium transparan dalam Medan Listrik Luar*, Skripsi, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP
- [4] Fathkhiyah, Heri Sugito, K.Sofjan Firdausi, *Jurnal Sains dan Matematika*, Januari/April 2006 (akan dipublikasikan)