

## SIFAT OPTIS TAK-LINIER PADA MATERIAL KDP

*Rahmadi Setyawan, Evi Setiawati, Indras Marhaendrajaya, K. Sofjan Firdausi.*

*Jurusan Fisika Universitas Diponegoro*

### ABSTRACT

*Non-linear optical properties of transparent material Kalium Di- hydrogen Phosphate (KDP) have been identified under the influence of external magnetic fields at wavelength 632.8 nm and 532 nm by using Faraday Effect method. The external magnetic fields used in this experiment is produced from coils with total turns of 810, wire diameter of 0,8 mm, and soft magnet core, and is flowed by maximum AC current 5 A. The magnitude of magnetic fields can be produced is 194.23 mT. The optical property measured here is rotation of polarization angle  $\beta$  of the laser beam after passed the transparent material. From the experiment, it is obtained Verdet's constant value for transparent material KDP is  $(12.60 \pm 0.59)$  min/G-cm at  $\lambda = 632.8$  nm and  $(14.93 \pm 0.73)$  min/G-cm at  $\lambda = 532$  nm.*

*Key words: non-linear optic, KDP, magnetic fields, polarization, Verdet's constant*

### INTISARI

*Telah dilakukan identifikasi sifat optis tak linier dari bahan transparan Kalium Dihidrogen Pospat (KDP) dalam medan magnet luar pada panjang gelombang 632,8 nm dan 532 nm dengan menggunakan metode efek Faraday. Medan magnet luar yang digunakan dalam penelitian dihasilkan dari kumparan dengan jumlah lilitan 810, menggunakan kawat berdiameter 0,8 mm, mempunyai inti besi lunak dari campuran logam arsenik dan besi yang dihubungkan dengan sumber tegangan AC maksimum 5 A. Besar medan magnet yang dihasilkan mencapai 194,23 mT. Sifat optis yang diukur dalam penelitian adalah pemutaran sudut polarisasi  $\beta$  dari berkas sinar laser setelah dilewatkan pada bahan transparan. Dari eksperimen diperoleh nilai konstanta Verdet untuk bahan transparan KDP yaitu  $(12,60 \pm 0,59)$  min/G-cm pada  $\lambda = 632,8$  nm dan  $(14,93 \pm 0,73)$  min/G-cm pada  $\lambda = 532$  nm.*

*Kata kunci: optik tak linier, KDP, medan magnet, polarisasi, konstanta Verdet*

### PENDAHULUAN

Fenomena-fenomena ataupun proses-proses alam yang selama ini telah dipelajari seperti transmisi, refraksi, refleksi, superposisi, dan *birefringe* adalah kasus-kasus optik yang linier dalam arti bahwa perambatan pada medium optis dinyatakan dengan persamaan gelombang linier. Konsekuensinya adalah dua gelombang harmonis yang berpaduan dalam media itu memenuhi prinsip superposisi, merambat tanpa adanya gangguan dari media itu sendiri. Tetapi jika intensitas cahaya yang datang sangat besar, atau adanya medan listrik dan medan magnet dari luar yang cukup besar prinsip superposisi tidak lagi berlaku pada dua gelombang harmonik yang saling

berinterferensi di kejadian tersebut[1][2]. Pada kasus tersebut terlihat bahwa cahaya berinteraksi tidak hanya dengan cahaya lain tetapi juga berinteraksi dengan medium yang dilaluinya dan fenomena inilah yang disebut dengan optik nonlinier. Teknologi seperti ini yang mengandalkan material yang memiliki sifat optik nonlinier, yakni kebergantungan indeks bias material terhadap intensitas cahaya, yang bisa disebut juga dengan teknologi fotonik

Teknologi fotonik adalah alternatif satu-satunya yang saat ini memberi harapan di dalam pengolahan data dengan kecepatan tinggi yang merupakan esensi dari teknologi komputer dan telekomunikasi. Ketergantungan indeks

bias material terhadap intensitas cahaya inilah yang merupakan sifat dasar bagi *all-optical switching* ataupun *computing*. Implementasi pengolahan sinyal dengan *all-optical device* hingga saat ini berlangsung agak lambat karena belum ditemukannya material-material yang diperlukan bagi devais tersebut. Diperkirakan bahwa sepuluh tahun yang akan datang, kantor-kantor Telkom bagian *switching* akan mengoperasikan  $10^4$  *channel* yang menghasilkan laju bit  $10^{12}$  bit/second. Saat ini, dengan elektronik *switching* dapat ditangani  $10^{10}$  bit/s. Artinya, diperlukan *switching* yang berkecepatan ratusan kali lebih besar daripada elektronik *switching*.<sup>[3]</sup>

Guna pengembangan riset untuk menemukan material tersebut, maka perlu diuji bagaimana tingkat kenonlinieran dari bahan. Tingkat kenonlinieran suatu bahan berbeda-beda tergantung jenisnya. Semakin tinggi nilai konstanta kenonlinieran akan menyebabkan respon medium semakin tinggi demikian pula sebaliknya.

Studi tentang penampakan sifat optis non linear telah dilakukan oleh Adi (efek magneto optis mempergunakan teknik interferometer Michelson) dan Asfurin (efek elektro optis mempergunakan teknik polarisasi). Dalam penelitiannya didapatkan perubahan indeks bias yang disebabkan oleh kenaikan medan magnet / medan listrik yang diberikan pada bahan transparan. Bahan yang diteliti dalam penelitian Adi adalah lapisan tipis ZnO dengan ketebalan  $5,4 \times 10^{-5}$  m.<sup>[4]</sup> Pada penelitian Asfurin digunakan bahan garam Inggris.<sup>[5]</sup> Studi tentang penampakan sifat optis non linier juga telah dilakukan oleh Mahmudi dengan bahan yang digunakan adalah *naftalen* menggunakan teknik efek Faraday. Dalam penelitiannya didapatkan kesimpulan bahwa perubahan sudut polarisasi sebanding dengan besar medan magnet luar yang diberikan.<sup>[6]</sup>

Dalam penelitian ini, hendak diketahui bagaimana perubahan sudut putar polarisasi setelah dikenai medan magnet luar dan hendak ditentukan nilai konstanta Verdet dari bahan transparan. Bahan yang digunakan adalah *Kalium Dihidrogen Pospat* (KDP) yang dilapiskan pada kaca preparat.

## METODE PENELITIAN

### 1. Persiapan

Dalam tahap persiapan ini, kegiatan yang dilakukan adalah melakukan preparasi semua perlengkapan yang diperlukan dalam penelitian baik menyusun alat dan membuat lapisan tipis KDP pada kaca preparat. Lapisan tipis dibuat dengan memanaskan KDP di atas kaca preparat sampai melebur dan terbentuk lapisan.

### 2. Kalibrasi

Dalam tahap kalibrasi ini kegiatan yang dilakukan adalah melakukan observasi mengenai pengaruh medan magnet luar terhadap arah polarisasi cahaya untuk kaca preparat sebagai faktor koreksi untuk perubahan sudut putar polarisasi sinar laser ( $\beta$ ). Medan magnet yang digunakan dalam selang 0 hingga 194,23 mT. Setelah cahaya laser melalui bahan transparan, 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.

### 3. Pengambilan Data

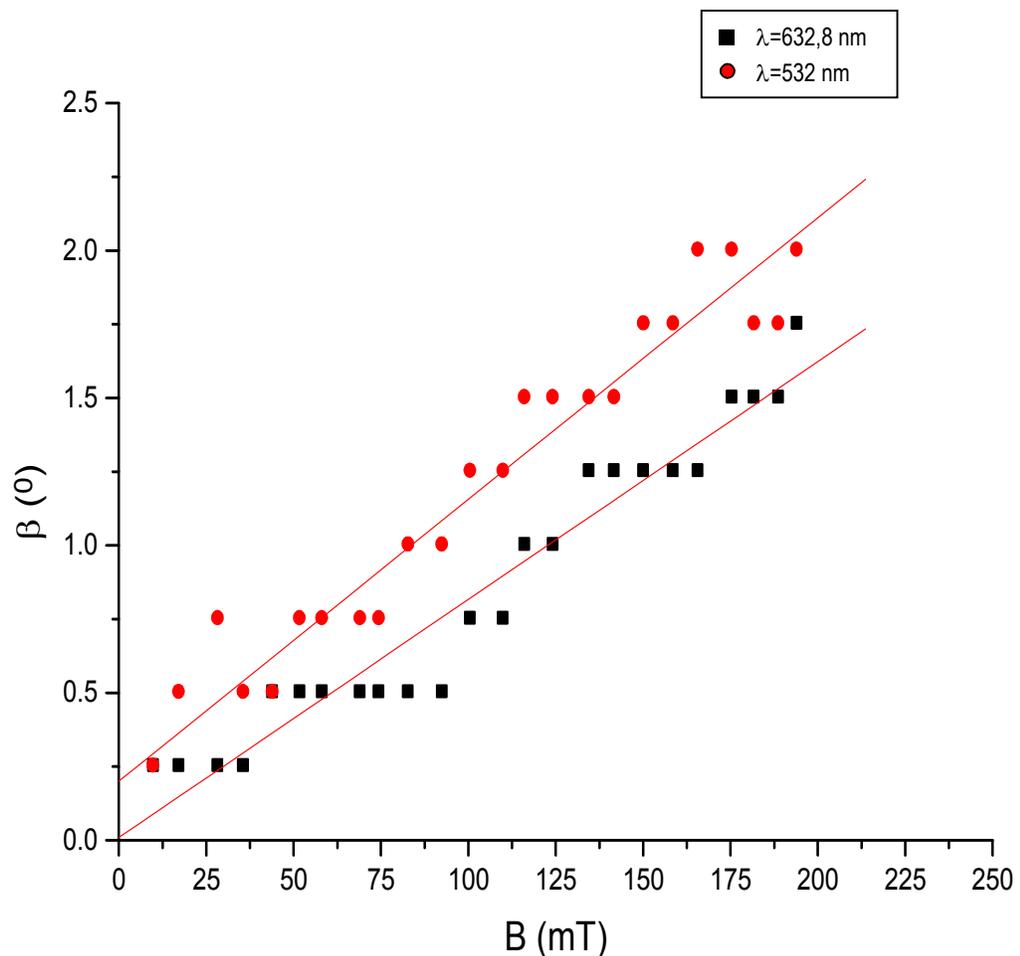
Pada tahap ini, dilakukan pengamatan dan pengukuran perubahan arah polarisasi cahaya untuk bahan transparan dengan menggunakan medan magnet 0-194,23 mT. Sudut polarisator yang digunakan adalah  $0^\circ(\mathbf{E} //)$ ,  $30^\circ(\mathbf{E}_{30}^0)$ ,  $45^\circ(\mathbf{E}_{45}^0)$ ,  $60^\circ(\mathbf{E}_{60}^0)$ , dan  $90^\circ(\mathbf{E} \perp)$ . Setelah cahaya melalui bahan transparan yang sudah dikenai medan listrik luar, cahaya tersebut dianalisa perubahan sudut polarisasinya dengan analisator. Dalam hal ini diambil nilai intensitas minimum sinar

laser, artinya sumbu transmisi polarisator dan sumbu transmisi analisator saling tegak lurus. Kemudian dilakukan perhitungan dan plot grafik dari data-data yang telah diperoleh.

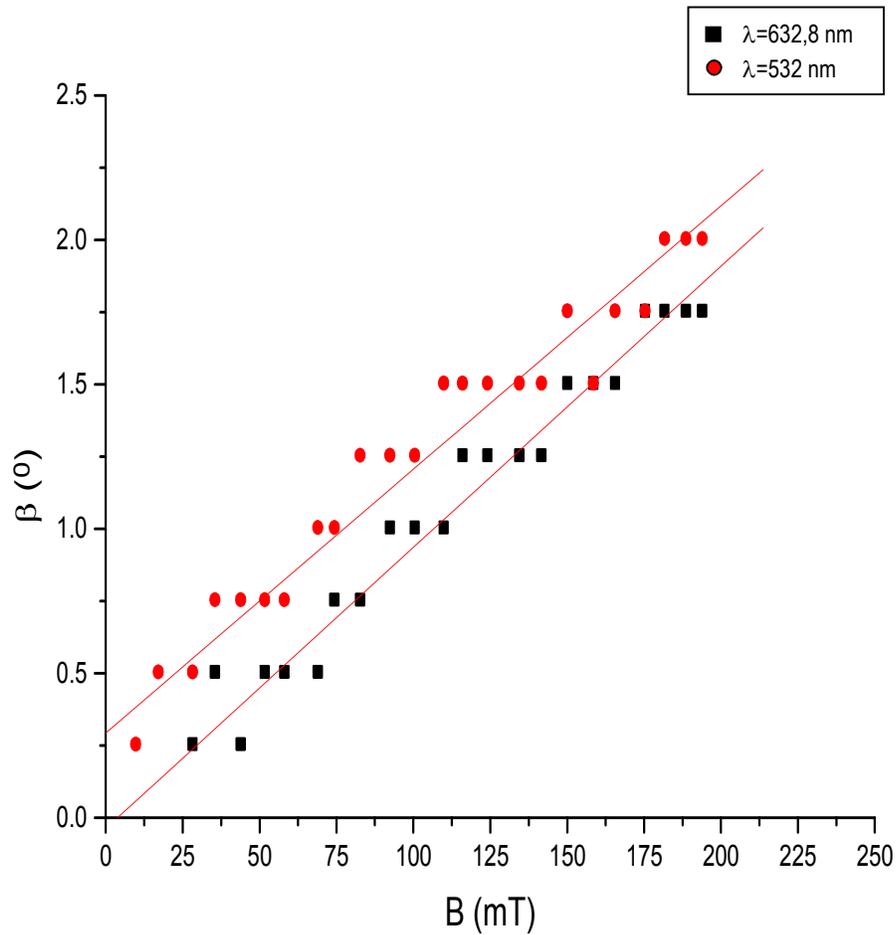
**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Pengaruh Medan Magnet Terhadap Pemutaran Sudut Polarisasi Laser**

Berdasarkan data dari hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh adanya perubahan sudut polarisasi sinar laser ( $\beta$ ) dengan variasi laser (panjang gelombang,  $\lambda$ ) dan variasi medan magnet luar ( $B$ ) yang

dikenakan pada bahan transparan KDP untuk masing-masing sudut polarisator  $0^0$ ,  $30^0$ ,  $45^0$ ,  $60^0$  dan  $90^0$ . Dari grafik hubungan medan magnet luar dengan perubahan sudut polarisasi yang diperoleh dari data percobaan, masing-masing sudut polarisator mempunyai kecenderungan kelinieran yang hampir sama. Grafik hubungan medan magnet luar dengan perubahan sudut polarisasi untuk sudut polarisator  $0^0$  yang diperoleh dari data percobaan dapat dilihat pada gambar 1. dan



Gambar 1. Grafik hubungan  $\beta$  dengan  $B$ , pada  $E_0^0$  dengan  $B$  naik,  $\lambda=632,8$  nm dan  $\lambda=532$  nm



Gambar 2. Grafik hubungan  $\beta$  dengan  $B$ , pada  $E_0^0$  dengan  $B$  turun,  $\lambda=632,8$  nm dan  $\lambda=532$  nm

Dari gambar 1 dan 2 menunjukkan grafik hubungan antara medan magnet luar dengan perubahan sudut polarisasi pada *KDP*. Hasil grafik hubungan  $\beta$  dan  $B$  pada lapisan tipis *KDP* tersebut diatas menunjukkan bahwa pemberian medan magnet luar yang semakin besar, maka perubahan sudut polarisasi sinar laser juga semakin besar dan hubungan tersebut terjadi secara linier. Pada saat medan magnet adalah 0 atau dengan kata lain *KDP* belum dikenai oleh medan magnet luar, tidak terjadi perubahan sudut putar sinar laser yang melaluinya, hal ini disebabkan karena kesimetrian molekul *KDP* memiliki momen dipol 0 dan molekul *KDP* tidak bersifat optis aktif.

Apabila medan magnet dikenakan pada *KDP*, maka ion-ion penyusun *KDP* akan terkutubkan dengan membentuk muatan-muatan baru (imbas) yang mempunyai momen dipol yang sebanding dengan medan magnet luar tersebut. Pada akhirnya akan membentuk medan magnet baru (imbas) yang besarnya mengurangi medan magnet luar. Medan magnet imbas yang terbentuk akan menyearahkan dipol-dipol yang ada pada molekul tersebut. Semakin besar medan magnet yang diberikan, semakin banyak juga dipol-dipol yang disearahkan, sehingga momen dipol yang terbentuk juga semakin besar. Jika dilewatkan sebuah gelombang elektromagnetik berupa sinar laser,

interaksi yang terjadi antara sinar laser dengan medan magnet imbas tersebut akan mengubah arah getar cahaya laser tersebut menjadi lebih besar.

Pada saat diimbis dengan medan magnet luar, molekul-molekul KDP tersebut terpisah menjadi dua jenis bagian bermuatan yang berbeda. Karena molekul mengalami pengutuban, maka bila terdapat suatu medan listrik sinar laser yang dilewatkan pada medium tersebut akan menimbulkan interaksi antara medan listrik sinar laser dan medium transparan yang telah diberi medan magnet luar dengan mengubah arah getar cahaya laser tersebut. Hasil dari interaksi tersebut adalah arah medan listrik sinar laser akan mengalami suatu perubahan sudut polarisasi cahaya.

Dalam percobaan ini juga diteliti pengaruh pemberian medan magnet dari besar ke kecil. Dari hasil yang diperoleh, membuktikan bahwa hubungan antara besar medan magnet luar dengan pemutaran sudut polarisasi tetap berbanding secara linier. Sehingga pernyataan bahwa semakin besar medan magnet yang diberikan maka semakin besar pula perubahan sudut polarisasi sinar laser, tetap berlaku. Tabel 1 menunjukkan persamaan garis grafik dari gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Persamaan garis linier dari gambar 1 dan 2

$\lambda$ (nm)	B	Persamaan Garis	Gradien Garis ( $^{\circ}$ /mT)	R (Koefisien Korelasi)
632,8	Naik	$0,00925 + 0,00807*B$	$0,00807 \pm 0,00038$	0,97
	Turun	$-0,03745 + 0,00973*B$	$0,00973 \pm 0,00031$	0,99
532	Naik	$0,20022 + 0,00956*B$	$0,00956 \pm 0,00047$	0,97
	Turun	$0,29372 + 0,00912*B$	$0,00912 \pm 0,00043$	0,97

**Konstanta Verdet untuk Bahan Transparan KDP**

Pada percobaan diperoleh nilai konstanta Verdet untuk bahan transparan KDP yaitu  $(12,60 \pm 0,59)$  min/G-cm pada  $\lambda = 632,8$  nm dan  $(14,93 \pm 0,73)$  min/G-cm pada  $\lambda = 532$  nm. Konstanta Verdet merupakan suatu nilai yang sangat bergantung pada panjang gelombang sinar laser yang diberikan dan juga temperatur. Dalam penelitian ini penentuan konstanta Verdet dipengaruhi oleh panjang gelombang sinar laser dan dilakukan pada suhu kamar. Nilai konstanta verdet pada fase ferroelektrik dan suhu di bawah 123 K dari referensi adalah 45,48 min/G-cm. Perbedaan hasil yang diperoleh dari penelitian ini dibandingkan dengan referensi dikarenakan karena adanya perbedaan fase pada bahan transparan KDP yang diukur. Pada referensi, perhitungan konstanta Verdet dilakukan pada bahan transparan KDP saat berada pada fase ferroelektrik sedangkan penelitian ini perhitungan konstanta Verdet dilakukan pada saat KDP berada pada fase paraelektrik. Perbedaan fase ini mempengaruhi besarnya medan magnet imbas yang terjadi ketika bahan KDP dikenai medan magnet luar. Pada fase ferroelektrik medan magnet imbas yang terjadi lebih besar sehingga nilai konstanta Verdet yang diperoleh juga lebih besar.

**Pengaruh Panjang Gelombang Sinar Laser Terhadap Perubahan Sudut Polarisasi**

Dari hasil percobaan pada saat menggunakan laser He-Ne diperoleh nilai perubahan sudut polarisasi yang lebih kecil dibandingkan menggunakan laser hijau. Hal ini dikarenakan panjang gelombang yang dimiliki oleh kedua sinar berbeda. Untuk laser He-Ne panjang gelombangnya 632,8 nm sedangkan untuk laser hijau panjang gelombangnya 532 nm.

Besar kecilnya panjang gelombang yang dipakai sangat menentukan besarnya interaksi antara medan listrik sinar laser dan medium transparan yang telah diberi

medan magnet luar. Semakin kecil panjang gelombang yang dipakai, semakin besar interaksi antara medan listrik sinar laser dengan medan magnet imbas yang terjadi karena energinya semakin besar. Semakin besar interaksi yang terjadi antara sinar laser dengan medan magnet imbas tersebut akan mengubah sudut putar polarisasi sinar laser menjadi lebih besar. Karena perubahan sudut putar polarisasi sebanding dengan konstanta Verdet, maka semakin kecil panjang gelombang yang dipakai, semakin besar konstanta Verdet yang diperoleh. Sebaliknya semakin besar panjang gelombang yang dipakai, semakin kecil konstanta Verdet yang diperoleh.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

Sudut polarisasi sebagai fungsi medan magnet memperlihatkan bahwa semakin besar medan magnet yang diberikan pada bahan transparan KDP, maka semakin besar pula sudut polarisasi yang terjadi.

Perubahan sudut polarisasi juga dipengaruhi oleh besarnya panjang gelombang sinar laser yang diberikan pada bahan transparan KDP, semakin besar panjang gelombang sinar laser yang

diberikan maka semakin kecil sudut polarisasi yang terjadi.

Nilai konstanta Verdet untuk bahan transparan KDP adalah  $(12,60 \pm 0,59)$  min/G-cm pada  $\lambda = 632,8$  nm dan  $(14,93 \pm 0,73)$  min/G-cm pada  $\lambda = 532$  nm.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hecht, E., 1992, *Optics*, 2nd Ed, Addison Wesley
- [2] Pedrotti, F. L. dan Pedrotti, L. S., 1993, *Introduction to Optic*, 2nd ed, Prentice Hall, New Jersey
- [3] Siregar, R. E. dan Setianto, 1999, *Aplikasi Teknologi Optik Nonlinier (ONL)*, Fisika Material UNPAD, Bandung
- [4] Adi, M., 2006, *Studi efek magneto optis pada lapisan tipis (ZnO) Menggunakan Interferometer Michelson*, Skripsi S1, Undip Semarang
- [5] Asfurin, 2006, *Pengamatan Pengaruh Sudut Polarisasi Cahaya pada  $MgSO_4$  dengan Metode Efek Kerr*, Skripsi S1, Undip Semarang
- [6] Mahmudi, M., 2007, *Analisis Sifat Optis Bahan Transparan Naftalen Menggunakan Metode Efek Faraday*, Skripsi S1, Undip Semarang