

DOSEN MUDA



LAPORAN KEGIATAN

**UJI ABSORPSI DAN INTERFEROMETRI
HOLOGRAFI PADA BAHAN SETELAH
DIKENAKAN MEDAN MAGNET LUAR**

Oleh:

Drs. Priyono, M.Si.

K. Sofjan Firdausi

Much. Azam, M.Si.

Dibiayai Oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, sesuai dengan Perjanjian Surat Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Nomor: 031/SPPP/PP/DP3M/IV/2005 tanggal 11 APRIL 2005

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
NOPEMBER, 2005**

UPT-PUSTAK-UNDIP

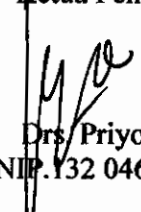
No. Dett: 239/KI/MIPA/C

IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA

1. a. Judul Penelitian : Uji Absorpsi Dan Interferometri Holografi Pada Bahan
Setelah Dikenakan Medan Magnet Luar
b. Kategori Penelitian : Pengembangan IPTEKS
2. Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap & Gelar : Drs. Priyono, M.Si.
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
c. Pangkat/Gol/NIP : Penata/IIIC/132 046 843
d. Jabatan Fungsional : Lektor
e. Fakultas/Jurusan : FMIPA/Fisika
f. Universitas : Universitas Diponegoro
g. Bidang Ilmu : MIPA
3. Jumlah Tim Peneliti : 2 orang
4. Lokasi Penelitian : Jurusan Fisika, FMIPA, UNDIP
5. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
6. Biaya yang dibutuhkan : Rp. 6.000.000,-
(Enam juta rupiah)



Semarang, 11 Nopember 2004
Ketua Peneliti


Drs. Priyono
NIP.132 046 843

RINGKASAN

Karakteristik beberapa bahan transparan telah diukur menggunakan uji absorpsi/transmisi dan interferometri. Bahan-bahan tersebut adalah air mineral, dan beberapa larutan garam yang hendak diketahui sifat-sifat optis takliniernya dalam medan magnet luar, B . Dengan uji absorpsi, diukur cahaya yang tertransmisi setelah melalui bahan, serta perubahan arah getar (sudut polarisasi, β) dari cahaya laser terhadap B . Melalui uji interferometri, hendak diukur perubahan indeks bias bahan, Δn terhadap B .

Bahan transparan adalah air mineral, larutan cuka, larutan NaCl (konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%), larutan MgSO₄ (konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%), dan larutan gula (konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%). Wadah untuk sampel larutan terbuat dari kaca preparat ukuran $4,1 \times 1,2 \times 1,2$ cm. Untuk pengukuran β sebagai fungsi B , telah dilakukan koreksi terhadap wadah. Namun untuk koreksi wadah pada uji interferometer, belum dapat dilakukan mengingat sifat pengoreksi yang tidak linier. Penghasil medan magnet luar adalah kumparan dengan jumlah lilitan sebanyak lebih kurang 6000, dialiri arus AC maksimum 2 A, tegangan 220 V, frekuensi 50-60 Hz. Dari kumparan sanggup dihasilkan kuat medan maksimum sebesar 49 mT. Sumber cahaya yang digunakan adalah Laser He-Ne panjang gelombang 633 nm daya maksimum 5 mW. Pada kondisi ini, arah perambatan cahaya searah dengan medan magnet luar. Pengukuran β sebagai fungsi B , digunakan dua polarisator dan detektor fotodioda. Sedangkan pada uji interferometri digunakan *beam splitter* sehingga berkas terbagi dua. Sampel diletakkan pada salah satu lengan interferometer. Perubahan indeks bias diamati dengan mengukur jumlah frinji pada layar yang berubah bila B dinaikkan.

Hasil-hasil penelitian, baik β maupun Δn sebagai fungsi B , menunjukkan kecenderungan yang linier pada interval B yang dihasilkan. Pada air mineral, gradien β terhadap B relatif lebih kecil daripada larutan garam. Hal ini dapat dipahami mengingat pada larutan garam lebih mudah terkutubkan sedemikian rupa sehingga dipol-dipol listrik yang terbentuk secara keseluruhan akan lebih mudah. Secara umum, kenapa timbul perubahan arah getar cahaya terhadap medan luar dapat dijelaskan sebagai berikut. Bahan yang mempunyai struktur molekul tidak simetri akan mengakibatkan setiap sel satuan berperan sebagai dwikutub listrik kecil dengan ujung positif dan negatif. Ketika medan

listrik atau medan magnet dikenakan pada bahan tersebut, dimensi molekulnya akan mengalami perubahan. Hal ini disebabkan muatan positif akan tertarik ke elektroda negatif, dan muatan negatif akan tertarik ke elektroda positif. Ketika medan listrik atau medan magnet diperbesar, perubahan polarisasi bahan pun juga akan mengalami perubahan yang semakin besar. Kejadian ini akan mengakibatkan arah getar dari cahaya laser yang melewati bahan tersebut akan mengalami gangguan (perubahan arah getar cahaya).

Perubahan indeks bias bahan dalam medan magnet menunjukkan kecenderungan linier, yakni indeks berkurang dengan bertambahnya B . Hal ini diketahui dengan berkurangnya kedalaman frinji pada layar bila B diperbesar. Untuk larutan elektrolit, dengan konsentrasi yang semakin tinggi akan mengakibatkan jumlah ion-ion terlarut semakin banyak, sehingga nilai konduktivitas molar bahan semakin berkurang. Untuk nilai konduktivitas molar yang semakin berkurang maka *atenuasi* yang terjadi semakin besar. *Atenuasi* yang terjadi di dalam bahan transparan mengakibatkan sinar yang berinterferensi intensitasnya mengalami pelemahan sehingga kondisi ini akan menggeser posisi dari kerapatan frinji. Selain itu, adanya pelemahan intensitas akan berkaitan energi. Sehingga energi dari foton yang menjalar di medium berkonduktivitas kecil juga akan mengalami pengurangan, pengurangan energi akan berkaitan dengan pengurangan frekuensi. Kondisi ini disebabkan karena suatu medium isotropis yang berada di dalam medan magnet dengan $\sigma \neq 0$ merupakan medium dispersif. Adanya nilai konduktivitas bahan tentu saja akan mempengaruhi penurunan kerapatan frinji, karena nilai α juga sangat tergantung pada jenis bahan yang dimaksud salah satunya adalah nilai konduktivitas molar dari bahan. Secara keseluruhan masih ada hal-hal yang perlu diperbaiki, misal penggunaan medan magnet yang lebih besar lagi sehingga diperoleh hasil yang lebih teliti.

SUMMARY

Properties of some transparency media have been measured using absorption or transmission and interferometer. In this experiment, mineral water and some salt solution are to identify the properties of their nonlinear optics in an external magnetic field, B . By absorption test, the direction change β of electric field of transmission light has been measured as a function of B after the light passed the material. By interferometer examination, the change of refraction index of material Δn against B has been investigated.

The samples used here are mineral water, acid solution, NaCl solution (concentration at 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%), MgSO₄ solution (concentration at 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%), and sugar solution (concentration at 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%). The samples tested are placed at cuvette from cover glass with the dimension $4,1 \times 1,2 \times 1,2$ cm. For β measurement against B , first the correction of β from the cuvette has been done. Somehow this correction is very difficult to be done using interferometer test. To produce an external magnetic field, a 6000 coil of wire is connected to a 220 V AC potential, an current maximum of 2 A, and frequency 50-60 Hz. The device can produce a maximum external field of 49 mT. The light source used here is He-Ne Laser 633 nm wavelength, 5 mW power. In this experimental condition, the direction of propagation of light is parallel to the external magnetic field. For β measurement against B , it is used two polar meters and photodiode detector. For in interferometer testing, it is used a beam splitter two divide the beam of laser in order to get two coherence lights. The sample is then placed in one of the interferometer arms. The change of refraction index is observed by counting of fringes depth on the screen when B is increased.

The experimental result shows that both of β and Δn as a function of B is linear within the range of the interval of B . For mineral water, the gradient of graphs of β against B is relatively smaller than for salt solution. This case can be understood because in salt solution, it is easy to form more electric dipoles in order to get the same orientation with external field. Generally, the change of polarization orientation of light as a respon to external field can be explained as follow. The materials which have no symmetry in their molecule structure cause every cell acts like small electric dipoles. When an external

field applied to the material, the molecule dimension changes, while positive charges are attracted forward to negative electrode and negative charges to positive electrode. If the field is increased, the change of polarization is also increased. This causes the direction of electric field of light is disturbed when passed through the material.

The change of refraction index of material in magnetic field shows also linear tendency. The index decreases when B increases. This information can be obtained by the decreased fringes on the screen as increasing of B . Especially for electrolyte solution, the higher concentration is, more ionic molecules formed is, therefore the conductivity of the material decreased. The decreased conductivity causes the absorption increases. The light passed through the material therefore reduces which leads to change in the number of fringes.

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, termasuk dengan terselesaikannya penelitian Dosen Muda ini. Insyaallah penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat umumnya, dan terutama bagi perkembangan sains di Jurusan Fisika. Dalam jangka 1 sampai 2 tahun mendatang, penelitian ini masih sangat diperlukan untuk pengembangan sains bidang material dan hendak ditindaklanjuti dengan mengoreksi beberapa hal yang dirasa masih kurang. Dalam waktu dekat akan dibuat semacam buku ajar yang akan digunakan untuk menunjang kurikulum mata kuliah wajib yakni Optika Modern.

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada DIKTI yang telah membiayai penelitian ini, serta segenap komponen masyarakat yang tidak dapat disebut satu-persatu. Semoga bermanfaat.

DAFTAR ISI

Lembar Identitas Dan Pengesahan...	ii
Ringkasan Dan Summary...	iii
Prakata...	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel...	ix
Daftar Gambar...	x
Daftar Lampiran...	xi
I. Pendahuluan...	1
II. Tinjauan Pustaka...	3
III. Tujuan Dan Manfaat Penelitian...	9
IV. Metode Penelitian...	10
V. Hasil Dan Pembahasan...	13
VI. Kesimpulan Dan Saran...	29
Daftar Pustaka...	31
Lampiran	

D A F T A R T A B E L

Tabel 4.1 Kerapatan Frinji Awal...	15
Tabel 4.2 Nilai α untuk larutan NaCl...	16
Tabel 4.3 Kerapatan frinji awal untuk larutan MgSO ₄ ...	19
Tabel 4.4 Nilai α untuk larutan MgSO ₄ ...	20
Tabel 4.5 Kerapatan frinji awal untuk larutan gula...	21
Tabel 4.6 Nilai α untuk larutan Gula...	22
Tabel 4.7 Nilai α untuk asam cuka dan air...	25
Lampiran	
Tabel A. DATA PERCOBAAN INTERFEROMETER...	A-1
Tabel E-1. H ₂ O (air aquaria)...	E-1
Tabel E-2. Larutan NaCl 1,7 molal ; (E// bidang)...	E-1
Tabel E-3. Larutan NaCl 1,7 molal ; (E⊥ bidang)...	E-1
Tabel E-4. Larutan NaCl 2,6 molal ; (E // bidang)...	E-2
Tabel E-5. Larutan NaCl 2,6 molal ; (E⊥ bidang)...	E-2
Tabel E-6. Larutan NaCl 3,4 molal; (E // bidang)...	E-2
Tabel E-7. Larutan NaCl 3,4 molal; (E⊥ bidang)...	E-3
Tabel E-8. Larutan NaCl 4,3 molal; (E // bidang)...	E-3
Tabel E-9. Larutan NaCl 4,3 molal; (E⊥ bidang)...	E-3
Tabel E-10. Larutan NaCl 5,2 molal; (E // bidang)...	E-3
Tabel E-11. Larutan NaCl 5,2 molal; (E⊥ bidang)...	E-4
Tabel E-12. Hasil pengukuran sudut polarisasi untuk preparat kosong...	E-4
Tabel F-1, konstanta Verdet untuk larutan NaCl...	F-2

D A F T A R G A M B A R

Gambar 2.1 Interferometer Michelson...	6
Gambar 3.1. Rangkaian uji absorpsi...	10
Gambar 3.2 Rangkaian uji menggunakan interferometer Michelson...	11
Gambar 4.1 grafik β fungsi B pada air mineral...	13
Gambar 4.2 grafik β fungsi B hasil eksperimen pada larutan NaCl...	14
Gambar 4.3 Grafik kerapatan frinji interferensi terhadap B pada larutan NaCl...	15
Gambar 4.4 Grafik kerapatan frinji interferensi terhadap B pada larutan MgSO ₄ ...	19
Gambar 4.5 Grafik kerapatan frinji interferensi terhadap B pada larutan gula...	21
Gambar 4.6 Grafik kerapatan frinji interferensi dengan B pada larutan asam cuka dan Air...	24
Gambar 4.7 Pola frinji untuk larutan MgSO ₄ 3 %...	26

LAMPIRAN

Gambar B-1, Pola frinji untuk larutan NaCl 3 % tanpa medan magnet luar...	B-1
Gambar B-2, Pola frinji untuk larutan NaCl 3 % dengan $B = 1,03$ mT...	B-1
Gambar B-3, Pola frinji untuk larutan MgSO ₄ 3 % tanpa medan magnet luar...	B-1
Gambar B-4, Pola frinji untuk larutan MgSO ₄ 3 % dengan $B = 2,02$ mT...	B-1
Gambar B-5, Pola frinji untuk larutan MgSO ₄ 3 % sesaat setelah $B = 0$...	B-2
Gambar B-6, Pola frinji untuk larutan Gula 3 % tanpa medan magnet luar...	B-2
Gambar B-7, Pola frinji untuk larutan Gula 3 % dengan $B = 1,7$ mT...	B-2
Gambar B-8, Pola frinji untuk air tanpa medan magnet luar...	B-2
Gambar B-9, Pola frinji untuk air dengan medan magnet luar 2,02 mT...	B-3
Gambar B-10, Pola frinji untuk larutan asam cuka tanpa medan magnet luar...	B-3
Gambar B-11, Pola frinji untuk larutan asam cuka dengan $B = 6,33$ mT...	B-3
Gambar B-12, Pola frinji pada larutan asam cuka sesaat setelah $B = 0$...	B-3
Gambar C, Alat Uji Interferometer...	C-1
Gambar F-1, Perubahan sudut polartisasi untuk $E_{//}$...	F-1
Gambar F-2, grafik perubahan sudut polarisasi untuk E_{\perp} ...	F-1
Gambar G, grafik β fungsi B pada preparat kosong...	G-1

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Tabel A. DATA PERCOBAAN INTERFEROMETER...	A-1
---	-----

LAMPIRAN B

FOTO FRINJI (POLA-POLA INTERFERENSI) DARI BERBAGAI BAHAN TRANSPARAN PADA BEBERAPA KONDISI MEDAN MAGNET

Gambar B-1, Pola frinji untuk larutan NaCl 3 % tanpa medan magnet luar...	B-1
Gambar B-2, Pola frinji untuk larutan NaCl 3 % dengan $B = 1,03$ mT...	B-1
Gambar B-3, Pola frinji untuk larutan MgSO ₄ 3 % tanpa medan magnet luar...	B-1
Gambar B-4, Pola frinji untuk larutan MgSO ₄ 3 % dengan $B = 2,02$ mT...	B-1
Gambar B-5, Pola frinji untuk larutan MgSO ₄ 3 % sesaat setelah $B = 0$...	B-2
Gambar B-6, Pola frinji untuk larutan Gula 3 % tanpa medan magnet luar...	B-2
Gambar B-7, Pola frinji untuk larutan Gula 3 % dengan $B = 1,7$ mT...	B-2
Gambar B-8, Pola frinji untuk air tanpa medan magnet luar...	B-2
Gambar B-9, Pola frinji untuk air dengan medan magnet luar 2,02 mT...	B-3
Gambar B-10, Pola frinji untuk larutan asam cuka tanpa medan magnet luar...	B-3
Gambar B-11, Pola frinji untuk larutan asam cuka dengan $B = 6,33$ mT...	B-3
Gambar B-12, Pola frinji pada larutan asam cuka sesaat setelah $B = 0$...	B-3

LAMPIRAN C

Gambar C, Alat Uji Interferometer...	C-1
--------------------------------------	-----

LAMPIRAN D

Alat dan Spesifikasinya...	D-1
----------------------------	-----

LAMPIRAN E (data pengukuran sudut polarisasi)

Tabel E-1. H ₂ O (air aquaria)...	E-1
Tabel E-2. Larutan NaCl 1,7 molal ; (E// bidang)...	E-1
Tabel E-3. Larutan NaCl 1,7 molal ; (E⊥ bidang)...	E-1

Tabel E-4. Larutan NaCl 2,6 molal ; (E // bidang)...	E-2
Tabel E-5. Larutan NaCl 2,6 molal ; (E⊥ bidang)...	E-2
Tabel E-6. Larutan NaCl 3,4 molal; (E // bidang)...	E-2
Tabel E-7. Larutan NaCl 3,4 molal; (E⊥ bidang)...	E-3
Tabel E-8. Larutan NaCl 4,3 molal; (E // bidang)...	E-3
Tabel E-9. Larutan NaCl 4,3 molal; (E⊥ bidang)...	E-3
Tabel E-10. Larutan NaCl 5,2 molal; (E // bidang)...	E-3
Tabel E-11. Larutan NaCl 5,2 molal; (E⊥ bidang)...	E-4

LAMPIRAN F (Perhitungan konstanta verdet larutan NaCl dengan grafik)

Gambar F-1, Perubahan sudut polartisasi untuk $E_{//}$...	F-1
Gambar F-2, grafik perubahan sudut polarisasi untuk E_{\perp} ...	F-1

LAMPIRAN G

Gambar G, grafik β fungsi B pada preparat kosong...	G-1
---	-----

LAMPIRAN I

DAFTAR RIWAYAT HIDUP STAF PENELITIAN...	I-1
---	-----

BAB I PENDAHULUAN

Sifat optik non linier diakibatkan karena dua gelombang tidak lagi hanya saling berinteraksi, dalam arti cahaya satu berinteraksi dengan cahaya yang lainnya, akan tetapi juga akan berinteraksi dengan medium yang dilaluinya. Optik Nonlinier adalah ilmu pengetahuan modern terbaru yang berhubungan dengan fenomena fisika yang terjadi akibat medan yang ditimbulkan oleh laser. Ketergantungan polarisabilitas dan indeks bias bahan terhadap intensitas laser merupakan fenomena baru yang berdampak pada aplikasi yang cukup luas. Teknologi ini dinamakan teknologi fotonik sebagai pengganti teknologi elektronik untuk memperoleh, menyimpan, menyiapkan, mengirim dan memproses informasi. Konsep komputer optik, proses sinyal optik dan *image* analisis sedang dikembangkan dengan menggunakan proses optik nonlinier sebagai konversi frekuensi, modulasi cahaya, *optical switching*, *optical logic*, penyimpanan memori optik, dan *optical limiter function*.

Teknologi ini mengandalkan material yang memiliki sifat optik nonlinier, yakni kebergantungan polarisabilitas atau indeks bias material terhadap intensitas cahaya. Sifat ini merupakan 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.

Untuk beberapa aplikasi *Second Harmonic Generation (SHG)*, *Image Analisis*, *High Density Data Storage*, *Electrooptik Spatial Light Modulation* dapat direalisasikan dalam waktu dekat. Sedangkan untuk *Third Harmonic Generation (THG)*, *all-optical switching*, sangat berguna bagi optik informasi processing dan aplikasi dalam telekomunikasi di masa depan. Keuntungan terbesar dalam menggunakan *all-optical* proses adalah penguatan kecepatan yang mencapai subpicosecond.

Bahan nonlinier mempunyai beberapa keunggulan diantaranya yaitu : waktu respon sangat cepat, mudah difabrikasi, mudah diintegrasikan di dalam devais, ambang kerusakannya terhadap laser cukup tinggi dan harganya relatif lebih murah (Gehr, 1996).

Akan tetapi, umumnya material-material optik nonlinier yang dipakai saat ini dalam fabrikasi devais-devais fotonik pasif dan aktif adalah kristal-kristal anorganik yang

bersifat *feroelektrik* misalnya : kristal Kalium Dideterium Pospat (KDP) untuk pengganda frekuensi laser, kristal Lithium Niobat (LiNbO_3) untuk modulator *elektrooptik* dan kristal Barium Titanat (BaTiO_3) untuk aplikasi konjugasi fasa. Meskipun teknologi penumbuhan kristal untuk material-material ini berkembang jauh dan optik nonlinieritasnya cukup untuk kebanyakan aplikasi fotonik, namun material-material ini mempunyai kelakuan yang tak menguntungkan, misalnya harus dalam bentuk kristal tunggal.

Hal lain yang lebih sulit diatasi adalah bahwa kristal-kristal itu dalam *optical switching* masih terlalu lambat. Keterbatasan-keterbatasan ini memaksa orang untuk mencari material baru yang tepat dalam aplikasinya (Anonim, 1999).

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. Selain tingginya intensitas cahaya, ada hal lain yang dapat menyebabkan timbulnya efek nonlinier. Salah satunya yaitu pemberian medan listrik dan medan magnet luar pada bahan dalam orde yang cukup besar. Dimana hal ini akan menyebabkan bahan mengalami perubahan sifat-sifat optis, salah satunya adalah indeks bias.

Dalam penelitian ini hendak dikaji sifat optis taklinier dari beberapa bahan transparan seperti air mineral dan larutan garam ketika dikenakan medan magnet luar. Perubahan sifat optis taklinier dapat diidentifikasi dengan mengukur perubahan sudut polarisasi cahaya yang mengenai material, dan juga perubahan indeks bias bahan terhadap medan luar yang dikenakannya.

Perubahan sudut polarisasi cahaya laser dapat digunakan polarimeter dan analisator dengan membandingkan cahaya sebelum mengenai material dan sesudahnya. Dalam hal ini digunakan cahaya transmisi, setelah terabsorpsi oleh material.

Perubahan indeks bias dari bahan yang diletakkan di dalam medan magnet B dapat dapat diketahui dengan menggunakan metoda Interferometer Michelson. Penggunaan interferometer Michelson disebabkan karena pengukurannya berlangsung tanpa kontak mekanik sehingga tidak membebani objek yang diukur. Disamping itu, kepekaannya sangat tinggi sehingga simpangan dengan orde kurang dari panjang gelombang cahaya dapat dideteksi dengan mudah.