

Penentuan Nilai Koefisien Linear Magneto Optik Bahan Transparan Menggunakan Interferometer Michelson

Natanael Roni Budi Handoko, Drs. K. Sofjan Firdausi, Evi Setiawati M,Si

INTISARI

Telah dilakukan penelitian perubahan indeks bias bahan transparan sebagai akibat dari adanya medan magnet dengan menggunakan interferometer Michelson. Untuk mengetahui perubahan indeks bias yang terjadi dilakukan dengan menghitung perubahan frinji. Sinar laser yang digunakan adalah sinar laser He-Ne dengan $\lambda = 632,8$ nm dan daya keluaran 1 mW.

Penelitian dilakukan dengan memvariasi medan magnet dan konsentrasi. Dari variasi medan magnet dan konsentrasi ini dapat ditentukan perubahan indeks biasnya. Dan dari perubahan indeks bias ini dapat ditentukan nilai koefisien linear magneto optik dari sampel dengan menggunakan Interferometer Michelson.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa sebelum mendapat pengaruh medan magnet, adanya bahan transparan menyebabkan peningkatan kerapatan frinji yang menunjukkan adanya perubahan indeks bias. Dari perubahan indeks bias ini didapatkan nilai koefisien magneto optik yang linear untuk setiap kenaikan konsentrasi, dengan besarnya nilai koefisien linear magneto optiknya dalam orde 10^{-12} .

Kata kunci : Interferometer Michelson, Indeks bias, frinji, koefisien linear magneto optis

ABSTRACT

The research refractive index change in a transparent materials caused by magnetic field have done by using Michelson interferometer test. To know the change of refractive index that happened done by change calculated from fringe. By using laser He-Ne laser by $\lambda = 632,8$ nm and output power 1 mW.

The research is doing by variation field magnated and concentration. By magnate field and concentration will getting refractive index change. And from refractive index change will getting value from optical magneto coefficient linear by using Michelson interferometer.

The result was getting that before magnetic field influence, existence of transparent materials caused density of fringe increased. It was showing change of refractive index. And from refractive index change will getting value from optical magneto coefficient linear that improve because of concentration, and value from optical magneto coefficient linear on orde 10^{-12} .

Keyword : Michelson Interferometer, Refraction Index and Fringe, Optical Magneto Coefficient Linear

PENDAHULUAN

Studi yang sudah dilakukan Budiwati Sulistya (2005) diketahui ada penampakan sifat optis non linear

(dengan menggunakan teknik Interferometer Michelson). Dalam penelitiannya didapatkan perubahan indeks bias yang disebabkan oleh kenaikan medan magnet yang diberikan pada bahan transparan. Akan tetapi medan magnet yang digunakan masih relatif kecil, sehingga perhitungan jumlah cincin mengalami kesulitan. (Sulistya, B, 2005). Pada penelitian Anis Nila Kusuma juga membuktikan fenomena tersebut, tetapi dengan medan yang berbeda yaitu medan listrik. Suatu bahan atau medium (transparan) bila dikenai oleh medan listrik luar maka indeks bias dari bahan tersebut akan berubah dan mempengaruhi yang melaluinya ($\Delta n \sim \vec{E}$). (Kusuma, A. N, 2005)

Untuk penelitian Fahrurazi didapatkan perubahan indeks bias yang disebabkan oleh kenaikan medan magnet yang diberikan pada bahan transparan. Bahan yang diteliti indeks biasnya adalah : larutan elektrolit yaitu garam NaCl dan larutan gula dengan konsentrasi yang berbeda, air mineral, aquades, kaca preparat dengan tebal 1 mm, kaca dengan tebal 5 mm dan kaca *acrylic* dengan tebal 5 mm. Untuk larutan dengan konsentrasi yang semakin besar maka kerapatan cincinnya akan semakin besar pula. (Fahrurazi, 2005)

Sedangkan dalam penelitian ini, yang ditentukan adalah nilai koefisien linear magneto optis dari etil alkohol, air laut, aquades, air mineral dan air garam (NaCl). Yang dilakukan dengan memvariasi medan magnet dan konsentrasi bahan, sehingga menyebabkan adanya respon non linear.

DASAR TEORI

2.1 Medium Optik Nonlinier

Fenomena non linier secara umum diakibatkan oleh ketidakmampuan dari dipol dalam medium optik untuk merespon secara linier dari medan listrik ataupun medan magnet. Apabila cahaya dengan medan listrik yang cukup besar mengenai medium optis dengan suseptibilitas, akan menghasilkan polarisasi yang sebanding dengan medan listriknya. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya peristiwa kenonlinieran optik. Efek nonlinier merupakan suatu fenomena dimana respon medium terhadap cahaya yang datang adalah nonlinier. Ketidaklinieran ini dapat ditimbulkan oleh berbagai sebab diantaranya tingginya intensitas cahaya yang mengenai bahan atau adanya medan listrik/medan magnet yang diberikan pada bahan.

Gelombang elektromagnetik yang merambat didalam medium linier akan

menyebabkan polarisasi sebesar (Pedrotti, 1993):

$$P = \epsilon_0 \chi E \dots\dots\dots(2.1)$$

akan tetapi apabila merambat di dalam medium nonlinier persamaan (2.1) diatas akan berubah menjadi :

$$P = \epsilon_0 (\chi_1 E + \chi_2 E^2 + \chi_3 E^3 + \dots\dots) \dots\dots\dots(2.2)$$

suku pertama pada persamaan (2.2) merupakan polarisasi linier, sedangkan suku kedua, ketiga dan seterusnya merupakan polarisasi nonlinier.

2.2 Identifikasi Perubahan Indeks Bias n Terhadap Medan Magnet B

Banyak atau sedikitnya jumlah cincin yang terbentuk tergantung pada beda lintasan optik antara kedua cahaya yang saling berinterferensi. Semakin besar beda lintasan optik antara kedua cahaya akan menyebabkan pola-pola interferensi (cincin) semakin banyak. Demikian pula sebaliknya semakin kecil beda lintasan optik akan mengakibatkan jumlah cincin semakin sedikit.

Penurunan indeks bias akan berkaitan dengan penurunan jumlah cincin, sehingga dapat dibuat suatu hipotesa baru bahwa jumlah cincin akan berkurang sebesar faktor α dikali

besarnya medan magnet B . Jika ditulis dalam persamaan yaitu :

$$\eta = \eta_0 + \alpha B \dots\dots\dots$$

dengan η adalah jumlah cincin pada medan magnet tertentu, η_0 adalah jumlah cincin mula-mula, α merupakan parameter yang tergantung pada jenis sampel, konsentrasi dan ukuran sampel.

Pengurangan jumlah cincin muncul karena adanya pengurangan beda fase antara kedua cahaya yang berinterferensi. Berkurangnya beda fase berkaitan dengan pengurangan beda lintasan optik yang ditunjukkan oleh persamaan (Soedjojo, 1992):

$$\phi = k \Delta s \dots\dots\dots$$

dengan ϕ merupakan beda fase antara kedua gelombang yang berinterferensi, k adalah bilangan gelombang dan Δs adalah beda lintasan optik.

Perubahan beda lintasan optik berkaitan dengan perubahan indeks bias yang dilalui oleh salah satu cahaya. Semakin besar indeks bias yang dilalui oleh salah satu cahaya akan mengakibatkan beda lintasan optik semakin besar. Hal ini dapat ditunjukkan dengan persamaan (Soedjojo, 1992):

$$\Delta s = \frac{n'}{n} 2d \sin \theta \dots\dots\dots$$

dengan n adalah indeks bias pada medium 1 (udara) dan n' adalah indeks bias pada medium 2 (bahan transparan).

Dari sini dapat diketahui relasi antara berkurangnya jumlah cincin dengan berkurangnya indeks bias yang di tunjukkan oleh persamaan sebagai berikut (Suprayitno, 1997):

$$\Delta n = \frac{\lambda}{2t} \Delta m \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan Δn adalah perubahan indeks bias, Δm adalah perubahan jumlah cincin dan t merupakan tebal bahan yang dilalui gelombang cahaya.

Perubahan indeks bias sebanding dengan medan magnet dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut (Pedrotti, 1993) :

$$\Delta n \propto B \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan menggabungkan persamaan (2.5), (2.6) dan menggunakan prinsip induksi Faraday dapat diketahui suatu hubungan antara perubahan cincin dan perubahan medan magnet dan medan listrik.

Hubungan antara perubahan cincin dan perubahan medan listrik adalah penurunan indeks bias bahan sebanding dengan besar medan listrik yang bekerja. Penurunan indeks bias akan berkaitan dengan penurunan jumlah cincin, sehingga dapat dibuat suatu hipotesa baru bahwa jumlah cincin akan berubah terhadap besar medan listrik.

$$\Delta m = f(\vec{E}) \dots\dots\dots (2.8)$$

didapat suatu persamaan :

$$\Delta m = \frac{r n_0^3 t}{\lambda} E + \frac{R n_0^3 t}{\lambda} E^2 \dots\dots\dots$$

Sedangkan hubungan antara perubahan cincin dan perubahan medan magnet dapat digambarkan oleh hubungan:

$$\Delta m = f(\vec{B}) \dots\dots\dots$$

mengingat bahwa

$$E = cB \dots\dots\dots$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2.11) ke persamaan (2.9) dengan asumsi bahwa suku E^2 dapat diabaikan di dalam efek Pockels, sehingga didapat suatu persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai r atau koefisien linear optik :

$$\Delta m = \frac{c n_0^3 t}{\lambda} B \dots\dots\dots$$

dimana Δm adalah jumlah cincin yang hilang, c merupakan kecepatan cahaya, n_0 adalah indeks bias bahan, t adalah tebal sampel, dan λ adalah panjang gelombang. (Penjabaran/penurunan rumus dapat dilihat pada lampiran B)

Persamaan (2.3) dan (2.12) adalah persamaan yang hendak diuji di dalam penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan Penelitian

Langkah pertama yang harus dilakukan didalam penelitian ini adalah

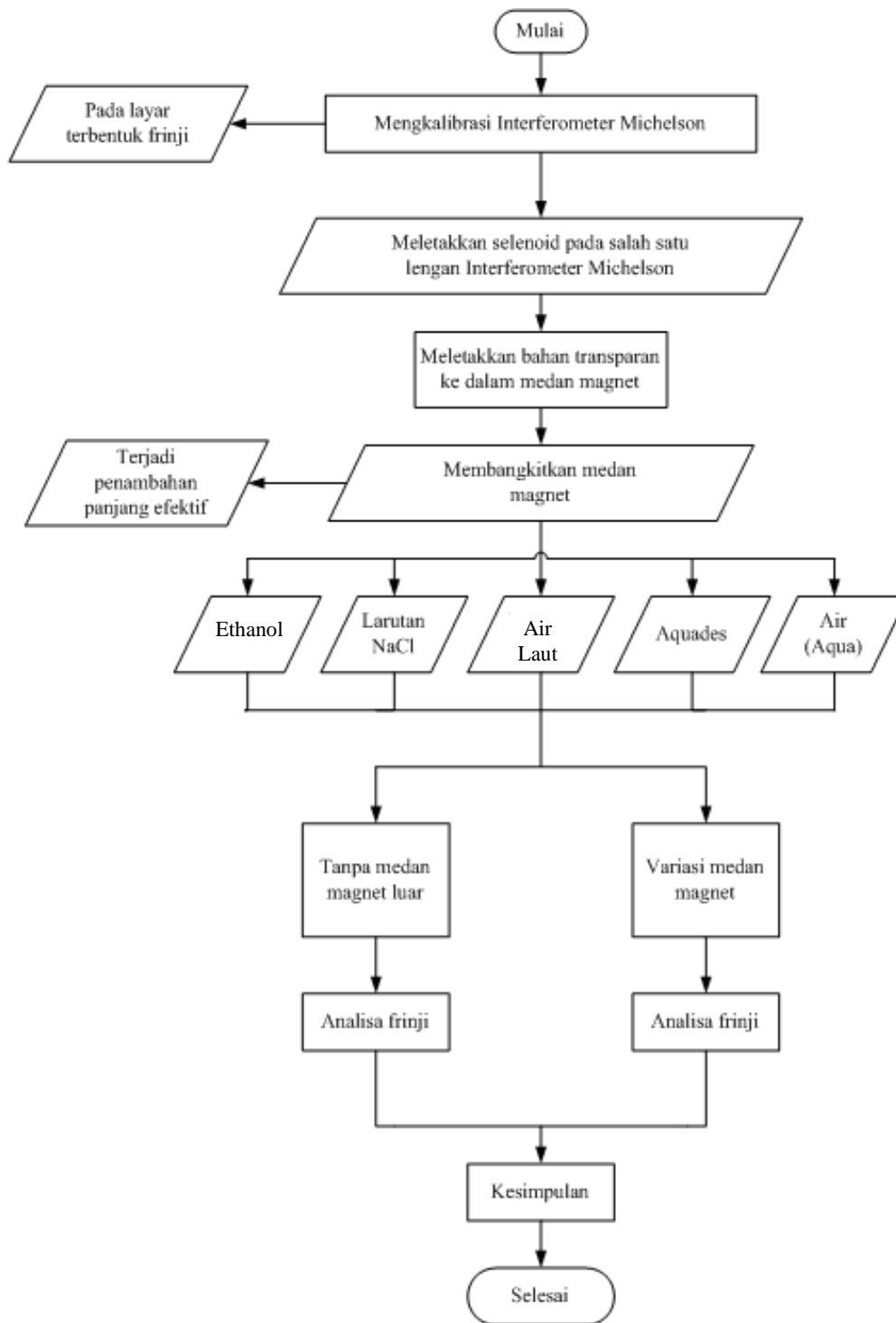
mengkalibrasi Interferometer Michelson dengan cara mengatur posisi Laser, *Beam Splitter*, kedua cermin dan Lensa agar sinar laser yang melewati semua peralatan tersebut tepat segaris. Kemudian mencari pola interferensi dengan cara menggeser-geser salah satu cermin sampai dihasilkan pola gelap terang (frinji) pada layar.

Meletakkan *solenoid* (kumparan) yang terdapat bahan transparan / sampel larutan pada salah satu bagian antara *Beam Splitter* dengan cermin datar. Kemudian menghubungkan *solenoid* dengan Slide Regulator untuk menyuplai tegangan bolak-balik (ac). *Solenoid* yang dialiri arus akan menghasilkan medan magnet.

Dalam penelitian ini digunakan Slide Regulator yang dapat divariasikan tegangannya antara 0 – 240 volt sehingga besar medan magnet yang dihasilkan dapat divariasikan. Kemudian menghitung besar medan magnet (B) yang ditimbulkan tiap kenaikan tegangan dengan menggunakan Teslameter.

Mengamati perubahan pola-pola interferensi yang terjadi sebagai akibat dari adanya medan magnet yang diberikan pada bahan transparan. Hal ini dilakukan pada nilai tegangan tertentu yaitu antara 0 – 220 volt yang dapat menghasilkan medan magnet sebesar 0 mT sampai dengan 184,95 mT.

Diagram Kerja

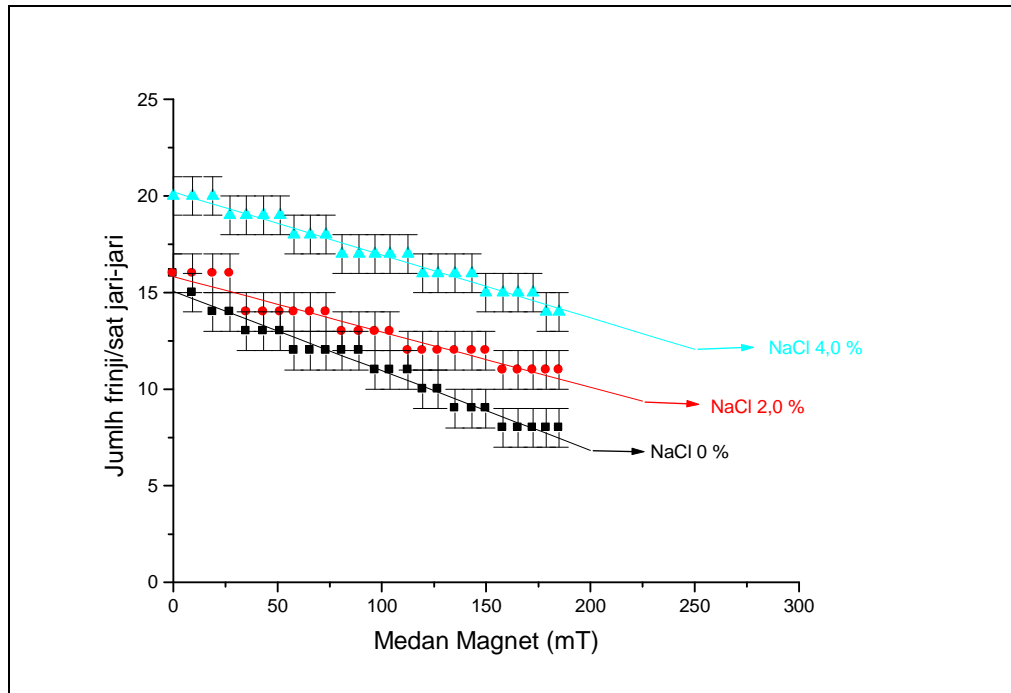


Gambar 3.1 Diagram kerja menggunakan interferometer Michelson

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perubahan fase pada Larutan NaCl

Percobaan dengan larutan NaCl dilakukan untuk konsentrasi 0,5 %, 1 %, 1,5 %, 2 %, dan 2,5 %. Dari data yang diperoleh di hasilkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap jumlah cincin/satuan jari-jari pada larutan NaCl

Dari Grafik (4.1) dapat diketahui bahwa kerapatan cincin awal yang terbentuk setelah salah satu lengan interferometer diletakkan larutan NaCl sebelum dikenakan medan magnet luar dapat dilihat dalam tabel (B.2) pada lampiran.

Kemudian diperoleh hasil bahwa kerapatan cincin awal semakin meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Misalkan untuk larutan NaCl 0,5 % didapatkan kerapatan cincin

awalnya adalah 14, untuk larutan NaCl 2,0 % didapatkan kerapatan cincin awalnya adalah 16 dan untuk larutan NaCl 4,0 % didapatkan kerapatan cincin awalnya adalah 20. Hal ini dikarenakan adanya beda fase antara kedua cahaya yang saling berinterferensi bertambah besar seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Akibat adanya sinar laser pada larutan NaCl akan menyebabkan indeks biasnya semakin tinggi dengan meningkatnya konsentrasi larutan NaCl.

Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa sebelum adanya medan magnet luar peningkatan konsentrasi mengakibatkan indeks bias semakin besar akibat dari adanya polarisasi oleh cahaya laser He-Ne. Sehingga bisa dikatakan bahwa indeks bias NaCl 0 % < indeks bias NaCl 2,0 % < indeks bias NaCl 4,0 %. Hasil tersebut sesuai dengan referensi bahwa besarnya polarisasi sebanding dengan indeks bias bahan (Gunter, 1983).

Penurunan dari kerapatan cincin yang terbentuk disebabkan oleh adanya pengaruh medan magnet luar yang diberikan pada larutan NaCl. Dengan kata lain, semakin besar medan magnet luar yang diberikan larutan NaCl maka kerapatan cincin atau jumlah cincin yang teramati akan semakin kecil. Hal ini dapat dilihat dari grafik yang cenderung turun. Medan magnet luar yang diberikan dapat menginduksi medan magnet yang berada di dalam larutan NaCl, sehingga akan menyebabkan muatan-muatan semakin banyak yang terkutub. Kondisi ini yang akan menyebabkan keadaan sefase dari cahaya yang saling berinterferensi lebih mudah tercapai dan mengakibatkan penurunan jumlah cincinnya semakin besar.

Dari grafik dapat dilihat bahwa grafik merupakan grafik linear, semakin

tinggi konsentrasi suatu larutan maka grafik yang dihasilkan akan semakin linear dan akan semakin turun. Dari Grafik (4.1) di atas dihasilkan faktor α yang merupakan gradien grafik. Nilai α untuk beberapa konsentrasi larutan NaCl dapat dilihat pada tabel (B.2).

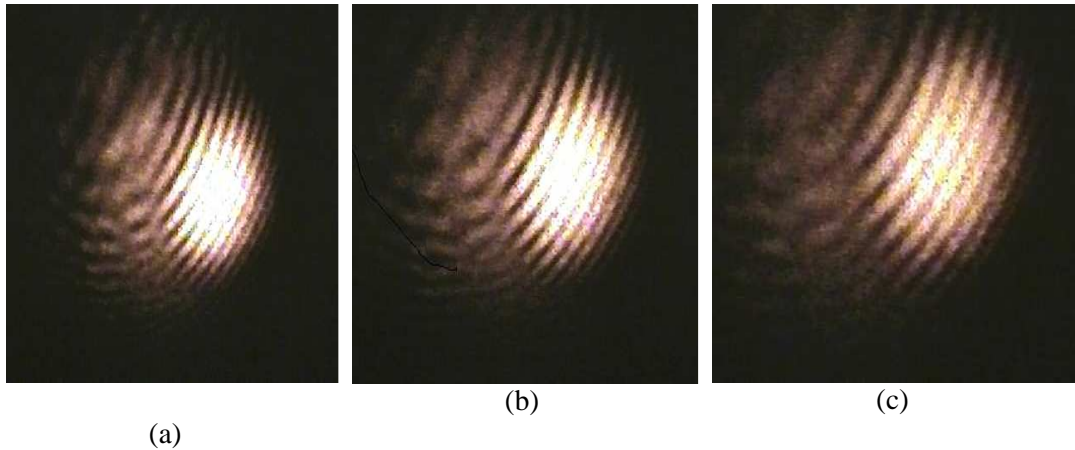
Penurunan jumlah cincin yang semakin drastis disebabkan oleh adanya peningkatan medan magnet yang sama dan konsentrasi yang semakin tinggi pada larutan NaCl. Hal ini dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka nilai α akan menjadi semakin kecil. Inilah yang menyebabkan untuk konsentrasi yang berbeda, perubahan indeks bias tidak sama walaupun besar medan magnet yang diberikan sama. Hal ini akan sesuai dengan persamaan (2.7), selain medan magnet faktor α juga sangat mempengaruhi perubahan indeks bias.

Adanya kenyataan perubahan kerapatan cincin yang semakin drastis membuktikan terjadinya perubahan indeks bias yang juga semakin drastis seiring dengan penambahan jumlah konsentrasi, karena perubahan indeks bias berbanding lurus dengan perubahan kerapatan cincin.

Berikut ini merupakan gambar dari pola-pola interferensi (cincin) untuk salah satu larutan elektrolit yang diambil

pada tiga kondisi yang berbeda adalah

sebagai berikut :



Gambar 4.2 Pola cincin untuk larutan NaCl 1 % (a) Tanpa medan magnet luar (b) pada medan magnet 80,89 mT (c) pada medan magnet 135,11 mT

Dari ketiga gambar diatas dapat dilihat bahwa untuk kondisi medan magnet yang berbeda diperoleh bentuk cincin yang berbeda pula. Perbedaan tersebut tampak dari jarak antara terang satu dengan terang yang lain. Pada gambar 4.2 (a) tampak bahwa jarak antara terang cincin yang satu dengan terang cincin yang lain sangat rapat. Untuk gambar 4.2 (b) dengan medan magnet sebesar 80,89 mT diperoleh hasil bahwa jarak antara terang cincin yang satu dengan terang cincin yang lain agak sedikit lebih lebar dibandingkan dengan kondisi sebelum mendapat pengaruh medan magnet. Sedangkan untuk gambar 4.2 (c), jarak antara terang cincin lebih lebar dibandingkan dengan gambar 4.2 (a) dan 4.2 (b). Hal ini membuktikan bahwa semakin lebar

jarak antara cincin yang satu dengan cincin yang lain maka beda fase yang terjadi semakin berkurang, sehingga cincin yang berinterferensi akan mengembang keluar. Hal ini disebabkan karena ion-ion pada larutan NaCl terketub akibat medan magnet yang bekerja, sehingga menyebabkan kedua cahaya yang berinterferensi akan lebih sefase. Sesuai dengan dasar teori bahwa apabila cahaya sefase maka beda lintasan optisnya akan semakin kecil. Oleh karena itu kerapatan cincin akan berkurang dan jarak antar cincin semakin lebar.

4.2 Perubahan fase pada Larutan Air Mineral, Aquades dan Air laut.

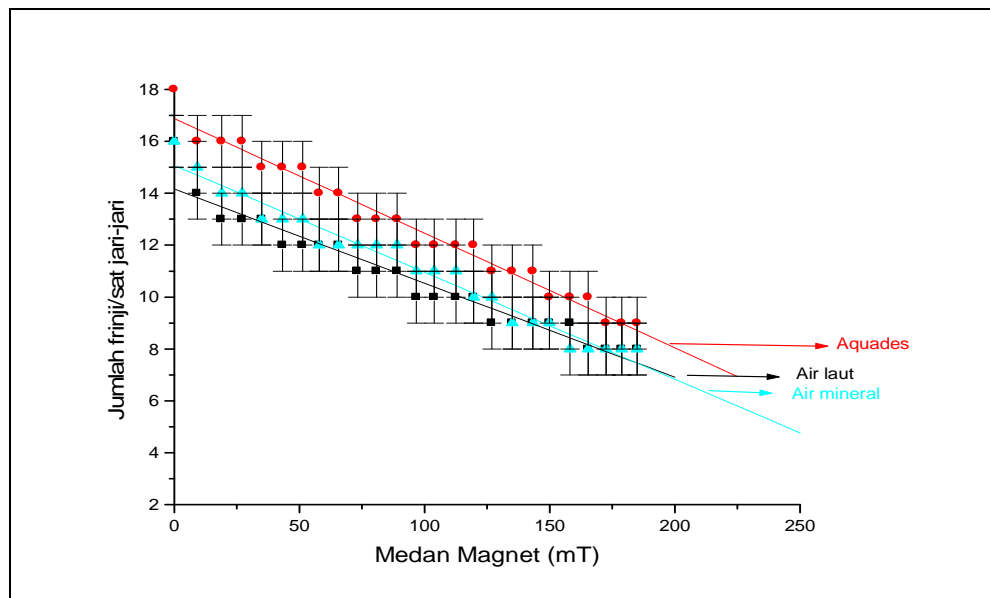
Air merupakan contoh dari elektrolit lemah. Karena air bersifat

polar, sehingga antara bagian molekul air yang lebih negatif (oksigen) akan menarik bagian molekul air lain yang lebih positif (hidrogen). Adanya saling tarik-menarik antara molekul air satu dengan molekul air yang lain akan menimbulkan suatu gaya tarik antar dipol-dipol. Gaya tarik antar dipol-dipol ini akan menimbulkan polarisasi *orientasi*. Apabila gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang cukup tinggi merambat di dalam medium maka bagian medan magnet akan menginduksi bahan, sehingga akan terjadi polarisasi *distorsi*. Adanya polarisasi *orientasi* dari molekul H₂O akan menyebabkan gelombang

elektromagnetik mengalami ketertinggalan fase yang cukup besar dibandingkan dengan cahaya yang hanya melewati udara. Besarnya ketertinggalan fase disebabkan karena dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendistorsikan elektron dari molekul yang terpolarisasi *orientasi*. Adanya ketertinggalan fase akan menimbulkan beda fase yang cukup besar, dan hal ini tentu saja akan menimbulkan kerapatan cincin yang lebih besar (Sulistya, 2005).

Pada percobaan kali ini dilakukan untuk air laut, air mineral dan aquades. Adapun grafik dari data percobaan tersebut adalah sebagai berikut

:



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap kerapatan cincin interferensi pada aquades, air laut dan air mineral

Dari grafik dapat dilihat bahwa, jumlah cincin semakin turun seiring

dengan meningkatnya medan magnet. Untuk air laut grafiknya lebih linear

dibandingkan dengan air mineral maupun aquades. Hal ini disebabkan karena perubahan cincin air laut lebih kecil dibandingkan dengan air mineral maupun aquades.

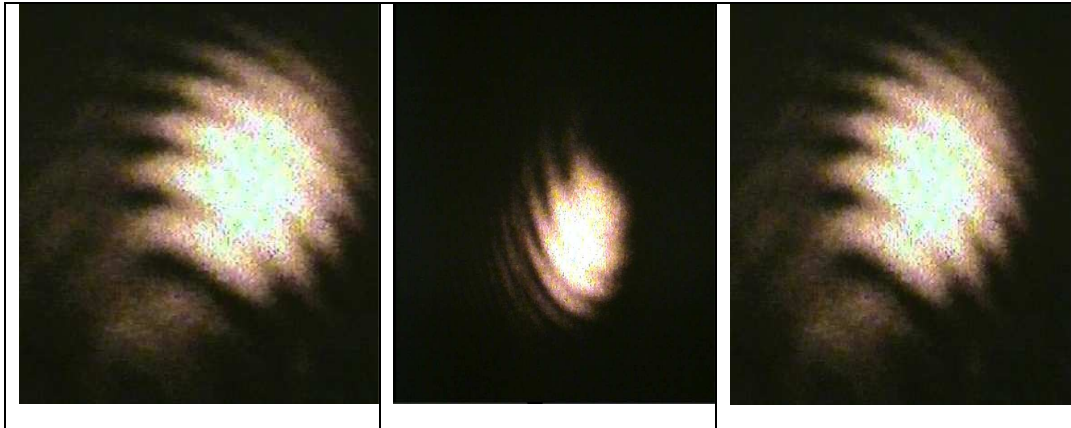
Kemudian dari tabel (B.6) didapatkan hasil bahwa, kerapatan cincin awal yang terbentuk untuk ketiga larutan tersebut yaitu untuk air laut kerapatan cincin awal adalah 14, untuk aquades kerapatan cincin awal adalah 18 dan untuk air mineral kerapatan cincin awal adalah 16. Besarnya akurasi dapat dilihat pula pada data yang terdapat pada lampiran dengan nilai yang tertera dari grafik (Lampiran B) akan tetapi dari grafik (4.3) pada kondisi medan magnet luar = 0 untuk air laut kerapatan cincinnya adalah 14,13 dengan ralat relatifnya sebesar 2,89 %, untuk air mineral pada kondisi awal, kerapatan frnjinya adalah 16,89 dengan ralat relatif 2,82% dan untuk aquades kerapatan cincinnya adalah 17,20 dengan ralat relatifnya sebesar 2,88 %, terdapat perbedaan antara pengukuran kerapatan cincin pada kondisi awal dengan hasil ekstrapolasi dari grafik. Jika daya laser yang digunakan semakin besar maka hasil ekstrapolasi grafik akan semakin mendekati nilai pengukuran yang sebenarnya. Besarnya ralat relatif ini disebabkan karena kecilnya daya laser yaitu hanya 1 mW, sehingga

mempengaruhi pembentukan kerapatan cincin pada daerah tertentu. Selain dari ralat relatif, ada pula faktor lain yang menyebabkan berkurangnya akurasi pengukuran yaitu ralat saat penghitungan kerapatan cincin sebesar ± 1 .

Dari Tabel (B.6) dapat diketahui bahwa nilai α untuk air laut lebih besar dari air mineral dan aquades, sehingga penurunan indeks bias untuk air laut lebih kecil bila dibandingkan dengan air mineral dan aquades untuk kenaikan medan magnet yang sama. Sehingga seolah-olah indeks bias air laut lebih besar daripada indeks bias aquades. Tentu saja hal ini tidak benar, sebab dari referensi diketahui untuk suhu yang sama yaitu 20 °C indeks bias air adalah 1,333. Atau dengan kata lain indeks bias ketiga larutan tersebut tidak jauh berbeda.

Dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil pola cincin yang berbeda-beda untuk setiap kenaikan medan magnet dan konsentrasi yang diberikan pada larutan transparan.. Perbedaan tersebut terjadi setelah larutan transparan mendapat pengaruh dari adanya pemberian medan magnet luar dan konsentrasi yang divariasi besarnya. Berikut ini merupakan gambar dari pola-pola interferensi (cincin) untuk air mineral, air laut dan aquades yang

diambil pada tiga kondisi yang berbeda adalah sebagai berikut :

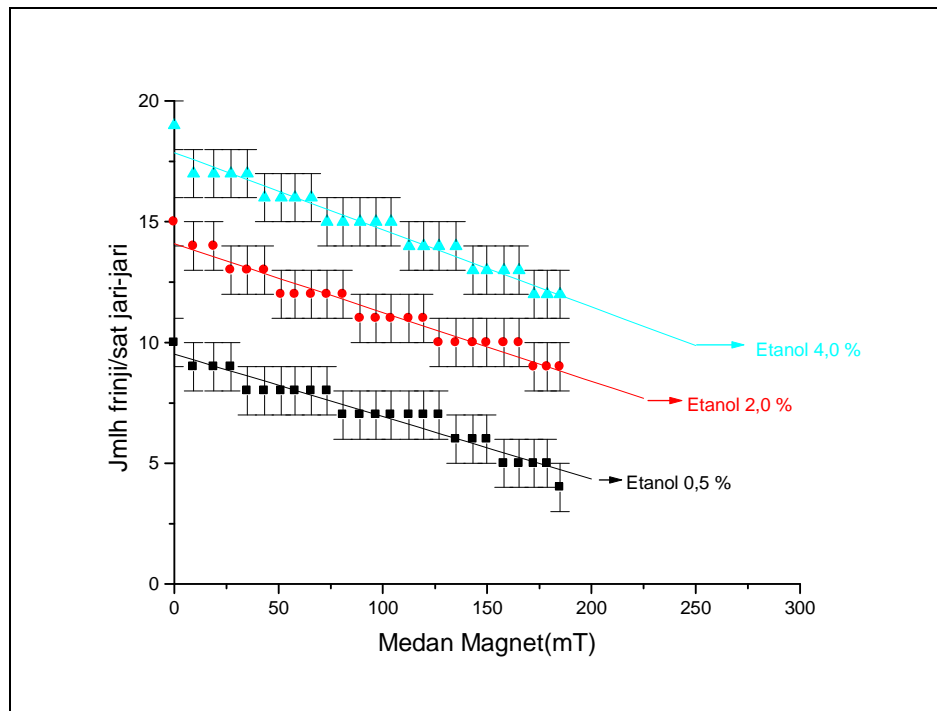


Gambar 4.4 Pola cincin untuk larutan air mineral, air laut dan aquades tanpa medan magnet luar

Air laut, aquades dan air mineral mempunyai kerapatan cincin yang pengurangan kerapatannya hampir sama, sehingga diperoleh gambar yang hampir sama pula. Untuk gambar (4.4) (a), (b) dan (c) dapat dilihat bahwa jarak antara terang cincin yang satu dengan yang lain semakin lebar. Hal ini membuktikan bahwa semakin lebar jarak antara cincin yang satu dengan cincin yang lain maka beda fase yang terjadi semakin berkurang, sehingga cincin yang berinterferensi akan mengembang keluar. Dengan penambahan konsentrasi akan mempengaruhi pembentukan cincin awal akan tetapi penurunannya dipengaruhi oleh medan magnet dan sifat optis aktif dari larutan tersebut.

4.3 Perubahan fase pada Larutan Etil alkohol

Untuk percobaan dengan larutan Etil alkohol dilakukan dengan memvariasi besarnya konsentrasi dan medan magnet luar. Dari penambahan konsentrasi dan kenaikan medan magnet luar ini akan terjadi perubahan fase pada larutan etil alkohol, sehingga semakin besar konsentrasi dan medan magnet luar yang diberikan pada larutan etil alkohol akan mempengaruhi terhadap perubahan pola-pola cincin yang terbentuk. Larutan Etil alkohol divariasikan konsentrasinya dari 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %, 2,0 %, dan 2,5 %. Kemudian dari data yang diperoleh dapat dibuat grafik hubungan antara jumlah cincin/satuan jari-jari dengan medan magnet dalam mT. Sehingga dari grafik didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap jumlah cincin/satuan jari-jari pada larutan Etil alkohol

Dari Grafik (4.5) dapat diketahui bahwa kerapatan cincin awal yang terbentuk setelah salah satu lengan interferometer diletakkan pada larutan etil alkohol sebelum dikenakan medan magnet luar adalah sebagai berikut: untuk larutan etil alkohol 0,5 % kerapatan cincin awalnya 10, untuk larutan etil alkohol 2,0 % kerapatan cincin awalnya 15 dan untuk larutan etil alkohol 4,0 % kerapatan cincin awalnya 19.

Dari Tabel (B.4) dapat dilihat bahwa kerapatan cincin semakin banyak seiring dengan bertambahnya konsentrasi. Hal ini membuktikan bahwa untuk konsentrasi yang semakin

tinggi beda fase antara kedua cahaya yang saling berinterferensi semakin besar. Akibat adanya sinar laser pada larutan etil alkohol akan menyebabkan indeks biasnya semakin tinggi dengan meningkatnya konsentrasi larutan etil alkohol. Jika diperhatikan pertambahan jumlah dari kerapatan cincin untuk larutan etil alkohol lebih kecil apabila dibandingkan dengan larutan NaCl. Hal ini dikarenakan larutan etil alkohol mempunyai momen dipol yang lebih kecil dibandingkan dengan NaCl. Momen dipol ini yang menyebabkan terjadinya polarisasi yang dipengaruhi oleh sifat magneto optis dari bahan yaitu

indeks bias. Dan besarnya indeks bias sebanding dengan konsentrasi.

Dari sini dapat disimpulkan bahwa untuk kondisi awal sebelum mendapat pengaruh medan magnet luar peningkatan konsentrasi akan mengakibatkan indeks bias semakin besar sebagai akibat dari adanya polarisasi oleh cahaya laser He-Ne. Atau dengan kata lain indeks bias larutan etil alkohol 0,5 % < indeks bias etil alkohol 2,0 % < indeks bias etil alkohol 4,0 %. Hasil tersebut sesuai dengan referensi bahwa besarnya polarisasi sebanding dengan indeks bias bahan (Gunter, 1983).

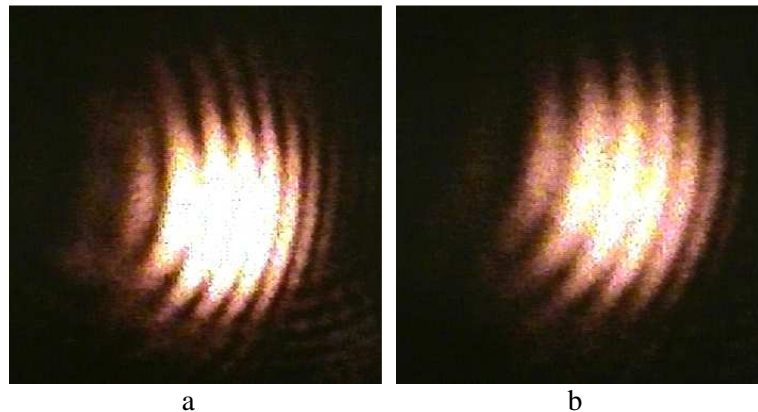
Adanya medan magnet luar yang diberikan pada larutan etil alkohol akan mengakibatkan kerapatan cincin yang terbentuk mengalami pengurangan untuk masing-masing konsentrasi. Hal ini disebabkan karena untuk konsentrasi yang semakin tinggi polarisasi oleh larutan etil alkohol semakin kuat sehingga adanya medan magnet luar yang menginduksi material akan memberikan efek yang lebih kecil. Dengan demikian untuk larutan etil alkohol semakin tinggi konsentrasi maka nilai α akan semakin kecil sebagai akibat dari pengurangan indeks bias

yang semakin drastis untuk setiap kenaikan medan magnet luar.

Dari grafik dapat dilihat bahwa grafik merupakan grafik linear, semakin tinggi konsentrasi suatu larutan maka grafik yang dihasilkan akan semakin linear dan akan semakin turun. Dari Grafik (4.5) di atas dihasilkan faktor α yang merupakan gradien grafik. Nilai α untuk beberapa konsentrasi larutan etil alkohol dapat dilihat pada tabel (B.4).

Faktor α yang bervariasi menunjukkan respon medium yang juga bervariasi tergantung pada jenis bahan dan konsentrasinya. Peningkatan medan magnet yang sama dan konsentrasi yang semakin tinggi, pada larutan etil alkohol akan menimbulkan penurunan kerapatan cincin yang semakin drastis. Kenyataan tersebut dapat dilihat dari nilai α yang semakin kecil seiring dengan meningkatnya konsentrasi. Hal inilah yang menyebabkan untuk konsentrasi yang berbeda, perubahan indeks bias tidak sama walaupun besar medan magnet yang diberikan sama.

Berikut ini merupakan gambar dari pola-pola interferensi (cincin) untuk larutan etil alkohol yang diambil pada tiga kondisi yang berbeda. Kondisi-kondisi tersebut tampak dalam gambar dibawah ini :



Gambar 4.6 Pola cincin untuk larutan Etil alkohol 2 % (a) Tanpa medan magnet luar (b) pada medan magnet 126,9 mT

Untuk larutan etil alkohol kerapatan cincin mengalami pengurangan yang hampir sama, sehingga diperoleh gambar yang hampir sama pula. Untuk gambar (4.6) (a) dan (b) dapat dilihat bahwa jarak antara terang cincin yang satu dengan yang lain semakin lebar. Hal ini membuktikan bahwa semakin lebar jarak antara cincin yang satu dengan cincin yang lain maka beda fase yang terjadi semakin berkurang, sehingga cincin yang berinterferensi akan mengembang keluar. Dengan penambahan konsentrasi akan mempengaruhi pembentukan cincin awal akan tetapi penurunannya dipengaruhi oleh medan magnet dan sifat optis aktif dari larutan etil alkohol.

4.4 Nilai Koefisien Linear Magneto-Optik dari Larutan NaCl, etil

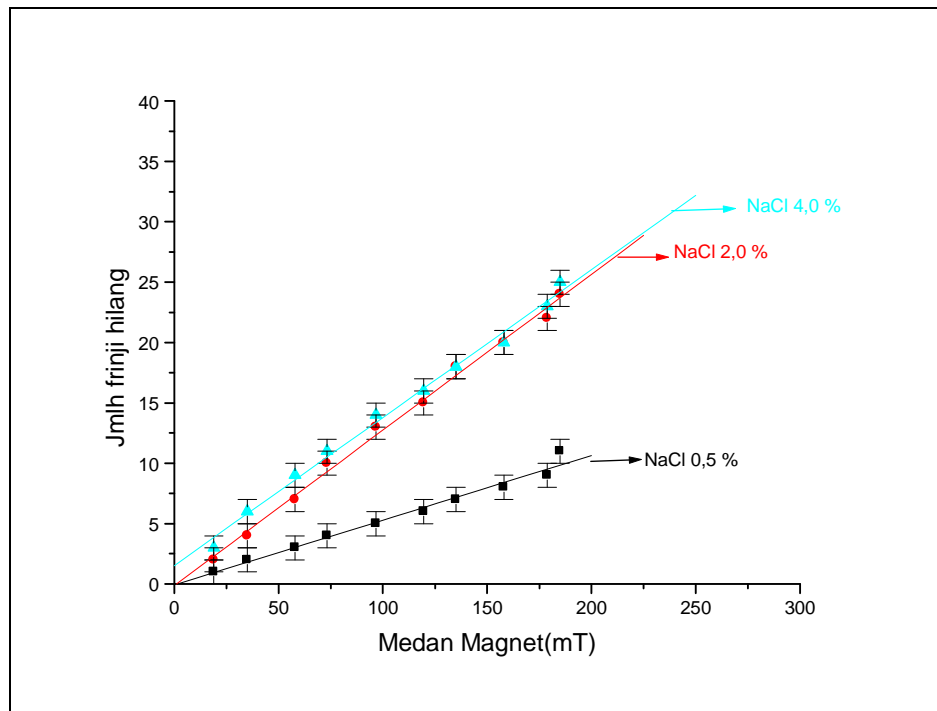
alkohol, air laut, air mineral dan aquades.

Efek magneto optik terjadi jika medan magnet diberikan pada bahan transparan sehingga akan mengakibatkan deformasi dan perpindahan dalam distribusi elektron dalam ion. Jika momen dipol terbentuk dan meningkat sesuai dengan meningkatnya medan magnet maka akan terjadi polarisasi.

Dalam bahan yang tidak mempunyai pusat simetri, tempat kation dikelilingi oleh anion yang pada umumnya bergeser pada titik pusatnya. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya efek aktivitas optis.

4.4.1 Nilai Koefisien Linear Magneto Optik dari Larutan NaCl

Adapun grafik dari percobaan untuk larutan NaCl adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap jumlah cincin yang hilang pada larutan NaCl

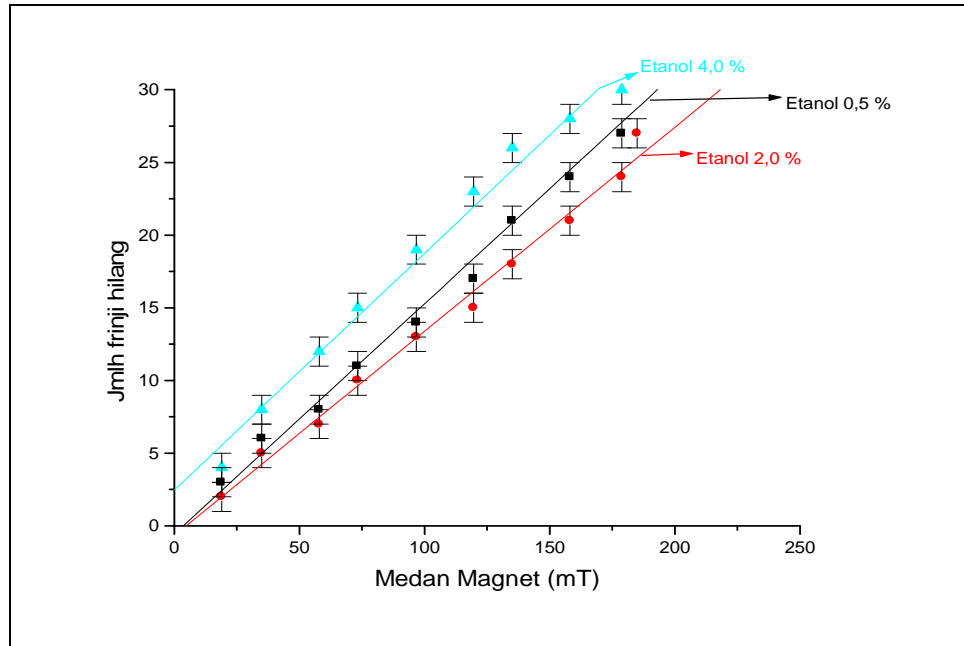
Larutan NaCl mempunyai indeks bias yang berbeda-beda untuk masing-masing konsentrasi. Tetapi nilai indeks bias tersebut tidak terlalu jauh berbeda nilainya.dengan indeks bias dalam referensi yaitu (n_0) = 1,644. Sehingga diasumsikan bahwa indeks bias NaCl untuk masing-masing konsentrasi sama nilainya dengan indeks bias dalam referensi.. Dari grafik (4.7) diperoleh nilai α sebagai faktor pendukung untuk menentukan besarnya nilai koefisien linear optik (r) . Kemudian dari persamaan (2.12) didapatkan nilai r untuk larutan NaCl 0,5 % adalah $2,66 \times 10^{-12}$ m/V, untuk larutan NaCl 2,0 % adalah $6,38 \times 10^{-12}$

m/V dan untuk larutan NaCl 4,0 % adalah $6,07 \times 10^{-12}$ m/V. (Perhitungan dan nilai r dapat dilihat pada lampiran B.10)

Semakin besar konsentrasi mengakibatkan perubahan indeks biasnya semakin besar karena adanya polarisasi. Karena indeks bias bahan berbanding terbalik dengan nilai koefisien linear magneto optik maka semakin besar nilai indeks bias bahan maka nilai koefisien linear magneto optisnya akan semakin kecil, demikian pula sebaliknya.

4.4.2 Nilai Koefisien Linear Magneto Optik dari Larutan Etil alkohol Antara larutan NaCl yang telah dihitung besarnya nilai r didapatkan

hasil yang berbeda dengan etil alkohol. Hal ini dapat dilihat dalam grafik (4.8).



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap jumlah cincin yang hilang pada larutan Etil alkohol

Dari grafik (4.8) diperoleh nilai α sebagai faktor pendukung untuk menentukan besarnya nilai koefisien linear optik (r). Nilai α dapat dilihat dalam lampiran.

Kemudian dari persamaan (2.12) didapatkan nilai r untuk larutan Etil alkohol 0,5 % adalah $1,39 \times 10^{-11}$ m/V, untuk larutan Etil alkohol 2,0 % adalah $1,22 \times 10^{-11}$ m/V dan untuk larutan Etil alkohol 4,0 % adalah $1,42 \times 10^{-11}$ m/V. Etil alkohol mempunyai nilai r yang lebih kecil dibandingkan dengan NaCl. Perbedaan hasil nilai r antara

NaCl dan etil alkohol adalah pada momen dipolnya. Momen dipol pada etil alkohol lebih kecil dibandingkan dengan NaCl, sedangkan momen dipol inilah yang menyebabkan terjadinya polarisasi yang dipengaruhi oleh sifat magneto optis bahan yaitu indeks bias. Dan besarnya polarisasi sebanding dengan indeks bias bahan. Sedangkan indeks bias bahan inilah yang mempengaruhi besarnya nilai r . Karena indeks bias bahan berbanding terbalik dengan r maka semakin besar nilai indeks bias bahan maka nilai r semakin kecil.

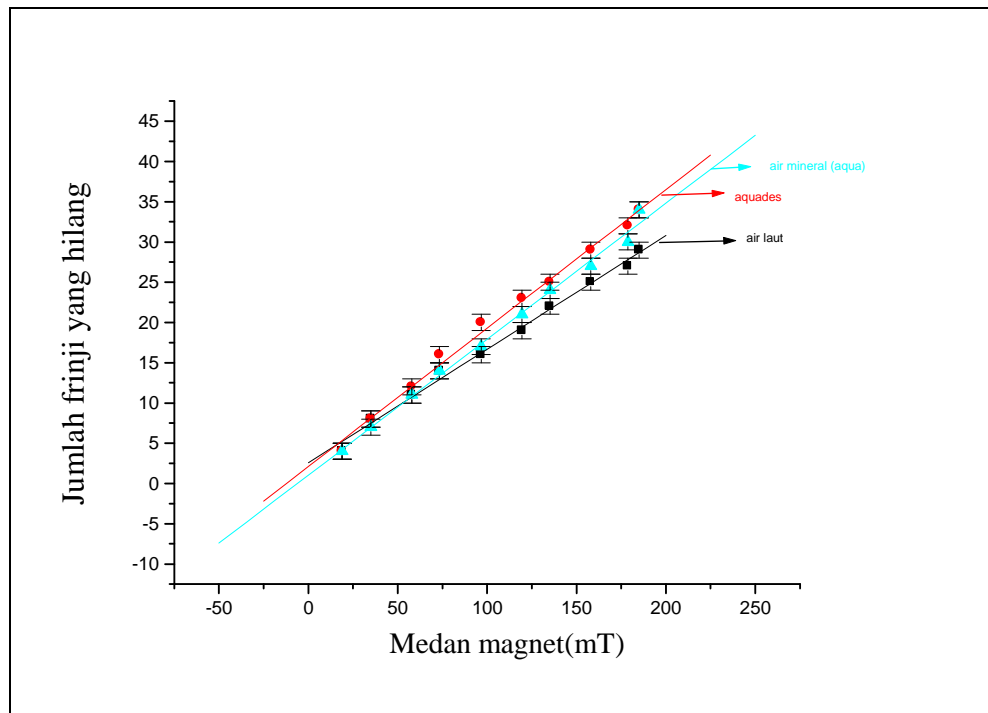
Larutan etil alkohol mempunyai indeks bias 1,36 sehingga dari persamaan (2.12) didapatkan nilai r untuk larutan etil alkohol seperti yang terlihat pada tabel (4.5). (Perhitungan nilai r dapat dilihat pada lampiran B.11).

Dari tabel B.11 dapat dilihat bahwa besarnya nilai r bervariasi untuk setiap konsentrasi. Besarnya nilai r dipengaruhi oleh nilai α , yaitu untuk nilai α yang besar maka nilai koefisien linear optiknya atau nilai r yang didapatkan juga besar. Hal ini dapat dilihat dari persamaan (2.12), bahwa r sebanding dengan gradien m atau α .

4.4.3 Nilai Koefisien Linear Magneto Optik dari air laut, aquades dan air mineral

Untuk air laut, aquades dan air mineral mempunyai nilai koefisien linear magneto optik yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya perubahan jumlah cincin yang hilang dari masing-masing sampel larutan.

Adapun grafik dari percobaan air laut, aquades dan air mineral adalah sebagai berikut:



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara medan magnet luar B terhadap jumlah cincin yang hilang pada air laut, aquades dan air mineral

Dari grafik (4.9) diperoleh nilai α sebagai faktor pendukung untuk menentukan besarnya nilai koefisien

linear optik (r). Nilai α dapat dilihat dalam lampiran.

Dari Tabel (4.6) dapat diketahui bahwa nilai α untuk aquades lebih besar dari air mineral dan air laut, sehingga nilai koefisien linear magneto optik dari aquades lebih besar bila dibandingkan dengan air mineral dan air laut untuk kenaikan medan magnet yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa seolah-olah indeks bias aquades sedikit lebih besar dari pada air mineral dan air laut. Dengan kata lain, indeks bias aquades > indeks bias air mineral dan air laut. Padahal untuk suhu yang sama yaitu 20 °C indeks bias air adalah 1,333. Perubahan indeks bias sebanding dengan perubahan jumlah cincin dan perubahan jumlah cincin sebanding dengan nilai koefisien linear optik. Jadi semakin besar perubahan jumlah cincin maka nilai koefisien linear optik semakin besar pula. Untuk sampel air laut diperoleh nilai r sebesar $1,32 \times 10^{-11}$ m/V, untuk aquades diperoleh nilai r sebesar $1,61 \times 10^{-11}$ m/V dan untuk air mineral diperoleh nilai r sebesar $1,58 \times 10^{-11}$ m/V. Ini dapat dilihat dari tabel bahwa r aquades > r air mineral > r air laut. (Perhitungan nilai r dapat dilihat pada lampiran B.12).

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengolahan data, hasil dan pembahasan maka dapat

ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemberian medan magnet luar yang semakin besar kepada bahan transparan akan menyebabkan indeks bias dari bahan akan berkurang. Hal ini ditunjukkan dengan berkurangnya kerapatan cincin.
2. Nilai koefisien linear magneto optik dari NaCl 0,5 % - 2,5 % adalah $2,66 \times 10^{-12}$ m/V, $3,73 \times 10^{-12}$ m/V, $4,32 \times 10^{-12}$ m/V, $6,38 \times 10^{-12}$ m/V, $6,04 \times 10^{-12}$ m/V. Untuk nilai r dari etil alkohol 0,5 % - 2,5 % adalah $1,39 \times 10^{-11}$ m/V, $9,61 \times 10^{-12}$ m/V, $1,21 \times 10^{-11}$ m/V, $1,22 \times 10^{-11}$ m/V, $9,63 \times 10^{-12}$ m/V. Untuk nilai r dari air laut, air mineral dan aquades adalah $1,32 \times 10^{-11}$ m/V, $1,58 \times 10^{-11}$ m/V, $1,61 \times 10^{-11}$ m/V.

DAFTAR PUSTAKA

- Fahrurazi, 2005, "Pengamatan Perubahan Indeks Bias Bahan Sebagai Akibat Adanya Medan Magnet Menggunakan Interferometer Michelson", Undip. Semarang.

- Firdausi, K. Sofyan, K. Kneipp, K. Gueldner, R. Liedtke. 2000. "Surface Enhanced Raman Scattering on Azo Dyes in Colloidal silver solution", berkala Fisika, Vol.4, no.1, Januari, Jurusan Fisika UNDIP.
- Gunter, Robert D., 1983, "Modern Optic", John & Wiley Sons, New York.
- J.R. Reitz, F.J. Milford, R.W. Christy, 1979, "Dasar Teori Listrik-Magnet", ITB, Bandung.
- Kusuma, A. N, 2005, "Pengamatan Efek Elektro Optik Menggunakan Interferometer Michelson", Skripsi S1, Undip, Semarang.
- Pedrotti,
- Frank L, Leno S. Pedrotti, 1993. "Introduction to Optics", 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey.
- Soedjojo, P, 1992, "Azas-azas Ilmu Fisika Jilid 3 Optika", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sulistya, B, 2005, "Analisis Pengaruh Medan Magnet Terhadap Indeks Bias Bahan Menggunakan Interferometer Michelson", Skripsi S1, Undip, Semarang.
- Suprayitno, 1997, "Penentuan Panjang Gelombang dan Indeks Bias Udara dengan Metode Interferometer Michelson", Skripsi S1, Undip, Semarang