

## STUDI EFEK KERR UNTUK PENGUJIAN TINGKAT KEMURNIAN AQUADES, AIR PAM DAN AIR SUMUR

*Kristantyo Sukarsono, Indras Marhaendrajaya, K. Sofjan Firdausi*  
*Laboratorium Optoelektronik dan Laser, Jurusan Fisika FMIPA UNDIP*

### ABSTRACT

*In this research was discussed about the ratio of purity level of aquades, running water, and well water by using the Kerr effect. Several substances being used are sugar solutions with the concentration of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% for linearity testing, salt solutions with the concentration of 10%, 30% and 50% for the testing of ionic response which be infested by some dipoles of H<sub>2</sub>O molecules in the salt solution toward the external electrical field, and also aquades, running water and well water as the water samples having the different purity. The external electrical field being given in the substances from zero to  $9 \times 10^5$  V/m and awakened by conducting the direct current of electric on the parallel plates. A light beam being used is a diode laser with  $\lambda = 645$  nm. The result of research was showing that the presence of external electrical field causing the difference of polarization angle indicating the purity level of water kinds since influenced by ions in the water. Based on the ions containing in it have been known that the value of aquades purity is 4 ppm, the value of running water purity is 108 ppm and the value of well water purity is 190 ppm. So, aquades is purer than running water and running water is purer than well water. The average value of polarization angle of aquades, running water, and well water is approximately  $0,50^\circ$ ,  $0,25^\circ$  and  $-0,25^\circ$  respectively.*

*Key words: Kerr Effect, electrical field, polarization angle*

### PENDAHULUAN

Aktivitas optik dapat diamati pada cairan yang tidak memiliki sifat optik aktif. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan medan listrik dalam orde yang cukup besar pada cairan. Hal ini akan menyebabkan bahan mengalami perubahan sifat – sifat optis, salah satunya adalah pemutaran bidang polarisasi. Prabowo [1] dalam penelitiannya untuk larutan garam memperoleh hubungan bahwa semakin besar medan listrik, semakin besar sudut polarisasinya dalam arah berlawanan jarum jam, dengan nilai sudut polarisasi negatif menggunakan medan listrik kurang dari  $4 \times 10^5$  V/m. Hal ini mengindikasikan bahwa ion – ion yang terkandung dalam larutan garam mempengaruhi pemutaran bidang polarisasi dalam arah berlawanan jarum jam. Namun, dalam penelitian ini akan diamati pemutaran bidang polarisasi larutan garam dengan konsentrasi berbeda menggunakan medan listrik mencapai  $9 \times 10^5$  V/m.

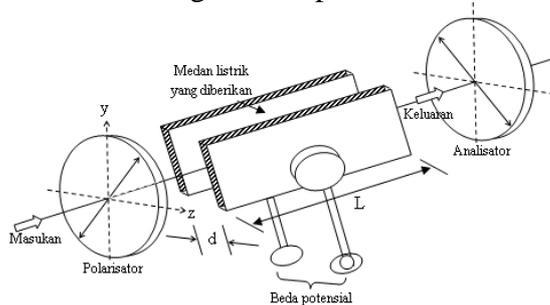
Air merupakan pelarut paling baik, sehingga dalam air juga terdapat kandungan ion – ion. Penelitian ini menggunakan tiga jenis air yang berbeda, diantaranya aquades, air PAM dan air sumur. Aquades merupakan air murni, air PAM merupakan jenis air yang telah mendapat perlakuan manusia dan air sumur adalah jenis air tanpa adanya perlakuan manusia karena langsung diambil dari alam yakni dari dalam tanah. Oleh karenanya ketiga jenis air ini memiliki kandungan ion yang berbeda. Jika ketiga jenis air ini ditempatkan dalam medan listrik luar, maka akan menghasilkan pemutaran bidang polarisasi yang berbeda ketika berkas cahaya terpolarisasi linier dilewatkan melalui ketiga bahan tersebut. Pemutaran bidang polarisasi atau besarnya sudut polarisasi larutan garam maupun ketiga jenis air tersebut dapat diamati dengan menggunakan peralatan yang disebut Efek Kerr. Penggunaan Efek Kerr dalam penelitian ini karena pemberian medan

listrik luar tidak bersinggungan langsung dengan bahan yang akan diamati, sehingga tidak membebani objek penelitian. Oleh karena itu, pemutaran bidang polarisasi sekecil apapun dapat teramati dengan baik.

**Efek Kerr**

Soedjo [2] menyatakan bahwa suatu material (kristal maupun cairan) yang semula isotropik menjadi anisotropik jika material tersebut berada dalam pengaruh medan listrik yang kuat. Gejala demikian dikenal sebagai Efek Kerr.

Rossi [3] menyatakan bahwa cairan dalam sel kaca ditempatkan di antara dua pelat logam dengan tegangan yang berbeda, dan selanjutnya diletakkan di antara polarisator dan analisator, seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Seberkas cahaya ditembakkan melalui polarisator melewati sel kaca dan analisator, kemudian ditangkap oleh fotosel. Dalam kasus ini fotosel hanya digunakan untuk mengetahui intensitas minimum saat polarisator dan analisator saling tegak lurus atau bersilangan. Pada saat terjadi pemutaran bidang polarisasi, maka fotosel akan menerima intensitas lebih besar dari intensitas minimum. Dengan memutar analisator pada posisi tegak lurus kembali dengan polarisator, akan diperoleh intensitas minimum kembali dan dapat ditentukan besar sudut pergeseran analisator sebagai sudut polarisasi.



Gambar 1. Skema peralatan percobaan dengan metode Efek Kerr [4].

**METODE PENELITIAN**

Pelat sejajar mulai dialiri arus DC tegangan tinggi dari catu daya tegangan tinggi. Arus yang mengalir pada pelat sejajar menimbulkan beda potensial.

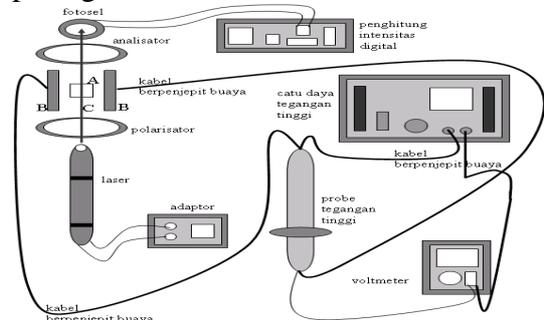
Sebuah wadah yang terbuat dari kaca preparat ditempatkan di antara pelat sejajar. Diasumsikan bahwa wadah sampel tidak mempengaruhi hasil akhir pengukuran, hal ini sudah dibuktikan pada pengukuran awal.

**Kalibrasi**

Larutan gula dimasukkan ke dalam wadah dan diletakkan di antara pelat sejajar tanpa pemberian arus listrik. Berkas cahaya sinar laser yang melewati larutan gula akan mengalami perubahan arah getaran, oleh karenanya terjadi pemutaran bidang polarisasi. Pemutaran bidang polarisasi tersebut akan menyebabkan perubahan arah getaran cahaya laser yang melewati analisator dan ditentukan sebagai sudut polarisasi. Pada kalibrasi ini hendak dicek, apakah detektor sudah bekerja dengan baik dengan ditunjukkannya perubahan sudut putar yang linier terhadap konsentrasi gula.

**Pengukuran Sudut Polarisasi Bahan Transparan menggunakan Medan Listrik**

Medan listrik yang ditimbulkan oleh pelat sejajar akan menginduksi bahan transparan ketika diletakkan di antara pelat sejajar. Muatan yang terinduksi medan listrik akan mengalami perubahan sifat – sifat optis seperti pemutaran bidang polarisasi, sehingga berkas cahaya yang melewati analisator mengalami perubahan dan ditentukan sebagai sudut polarisasi. Susunan peralatan penelitian disajikan pada gambar 2.

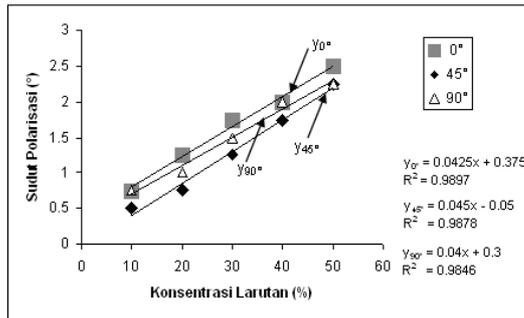


Keterangan : A. Wadah dan sampel, B. Pelat tembaga, C. Berkas cahaya laser

Gambar 2. Rangkaian peralatan penelitian menggunakan metode Efek Kerr

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Uji Linieritas**



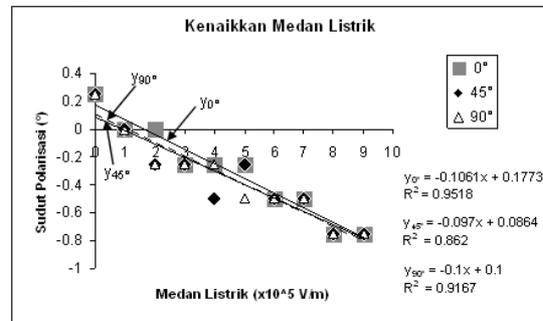
Gambar 3. Grafik hubungan antara konsentrasi larutan gula dengan sudut polarisasi.

Pengujian menggunakan larutan gula yang merupakan zat aktif secara optik dengan sifat pemutaran bidang polarisasi selalu arah kanan atau searah jarum jam dengan nilai sudut polarisasi positif. Pengujian dilakukan melalui tiga posisi sudut polarisator yaitu 0°, 45° dan 90° sama seperti posisi sudut polarisator yang digunakan dalam sampel bahan penelitian. Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa interaksi medan listrik berkas cahaya laser dengan molekul – molekul zat aktif optik sangat efektif, sehingga pada posisi sudut polarisator 0°, 45° dan 90° medan listrik dari berkas cahaya laser dapat berinteraksi dengan bahan sampel secara efektif.

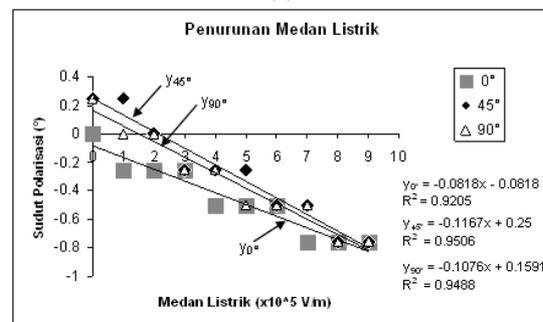
**Uji Kekuatan Medan Listrik dengan Larutan Garam**

Dalam larutan garam ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> dipisahkan oleh molekul – molekul air yakni H<sub>2</sub>O. Sebuah molekul air merupakan sebuah dipol listrik, yaitu di satu sisi bermuatan positif dan di sisi lain bermuatan negatif yang terpisah dalam jarak tertentu. Ini karena molekul air di satu sisi memiliki kelebihan muatan positif dan di sisi lain memiliki kelebihan muatan negatif dengan jumlah sama banyak. Dalam larutan garam, sisi yang bermuatan positif dari dipol listrik akan menempel pada ion Cl<sup>-</sup> dan sisi yang bermuatan negatif dari dipol lain cenderung menempel pada ion Na<sup>+</sup>. Pada saat terbentuk larutan garam, maka ion Cl<sup>-</sup> akan dikerumuni oleh dipol – dipol listrik lebih banyak daripada ion Na<sup>+</sup>. Hal ini disebabkan karena ukuran

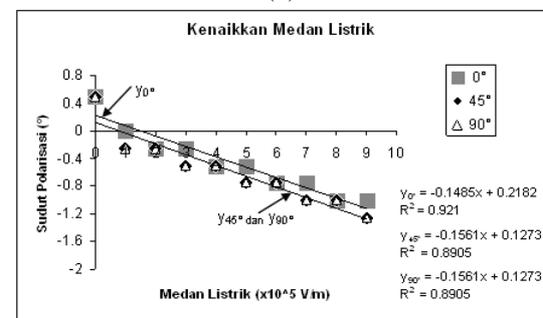
ion Cl<sup>-</sup> lebih besar daripada ion Na<sup>+</sup>. Ini dapat diketahui karena atom Cl memiliki jumlah elektron lebih banyak daripada atom Na, sehingga kulit atomnya lebih besar dan membuat ukuran atomnya juga lebih besar. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



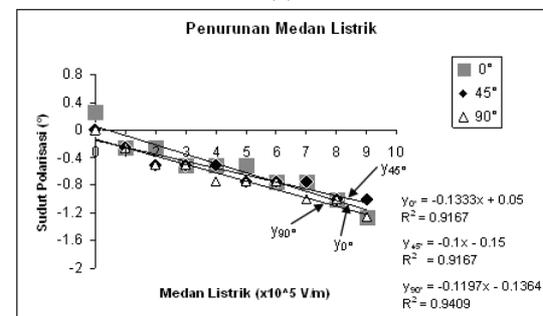
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. Grafik hubungan antara medan listrik luar dengan sudut polarisasi larutan garam 10% pada (a) kenaikan medan listrik dan (b) penurunan

medan listrik, larutan garam 30% pada (c) menaikkan medan listrik dan (b) penurunan medan listrik.

Ketika medan listrik luar mulai diberikan pada larutan garam, maka ion  $\text{Cl}^-$  yang telah dikerumuni oleh dipol – dipol listrik mulai bergerak ke arah elektroda positif (berada di sisi kanan dipandang dari arah perambatan berkas cahaya laser ke arah bahan sampel penelitian dan pengamat). Sementara itu, ion  $\text{Na}^+$  yang juga telah dikerumuni oleh dipol – dipol listrik mulai bergerak ke arah elektroda negatif. Peristiwa ini juga disertai dengan adanya respon dipol – dipol listrik terhadap pemberian medan listrik luar. Saat pemberian medan listrik luar akan terjadi perubahan arah orientasi dipol – dipol listrik tersebut. Dipol – dipol listrik yang mengerumuni ion  $\text{Cl}^-$  memiliki sisi bermuatan positif yang menempel pada ion  $\text{Cl}^-$  dan sisi yang bermuatan negatif yang dapat bergerak bebas. Sisi dipol listrik yang bermuatan negatif ini akan berputar ke arah elektroda positif. Ini disebabkan karena adanya gaya yang bekerja pada dipol listrik dalam pengaruh medan listrik luar. Sedangkan untuk dipol – dipol listrik yang mengerumuni ion  $\text{Na}^+$ , sisi dipol listrik bermuatan positiflah yang akan berputar merespon adanya medan listrik luar, karena sisi bermuatan negatifnya menempel pada ion  $\text{Na}^+$ . Gaya yang bekerja pada dipol – dipol listrik akibat pengaruh medan listrik luar dengan sisi bermuatan positif berputar ke arah elektroda negatif (berada di sisi kiri dipandang dari arah perambatan berkas cahaya laser ke arah bahan sampel penelitian dan pengamat).

Berkas cahaya laser yang berupa gelombang tak terpolarisasi akan dipolarisasikan secara linier oleh polarisator dan dilewatkan melalui larutan garam dalam pengaruh medan listrik luar. Gelombang terpolarisasi linier ini akan terpisah menjadi dua komponen gelombang terpolarisasi yang saling tegak lurus satu sama lain ketika memasuki medium larutan

garam. Salah satu komponen gelombang terpolarisasi memperoleh pengaruh dari arah simpangan dipol – dipol listrik. Pengaruh inilah yang akan menyebabkan pergeseran arah perambatan vektor listrik dari gelombang terpolarisasi. Akibatnya komponen gelombang terpolarisasi ini memiliki resultan dengan sudut pergeseran sedikit ke arah berlawanan jarum jam sampai batas akhir larutan garam yang dilewatinya. Komponen lain dari gelombang terpolarisasi linier hanya akan dirambatkan dalam larutan garam sampai batas akhir medium. Saat kemunculannya pada batas akhir larutan garam tersebut, kedua komponen ini akan menghasilkan resultan vektor pergeseran gelombang terpolarisasi linier dengan bidang getarannya berputar relatif ke kiri atau berlawanan arah jarum jam daripada bidang getaran sebelum memasuki medium larutan garam. Oleh karena itu, pada kemunculannya di ujung batas akhir, medium larutan garam memiliki sudut polarisasi berlawanan arah jarum jam dan besar sudutnya adalah negatif. Hal ini tepat karena semakin besar medan listrik yang diberikan pada larutan garam, maka semakin besar arah simpangan dipol – dipol listrik ke arah kiri atau berlawanan arah jarum jam yang dapat mempengaruhi arah rambatan gelombang terpolarisasi linier ketika melewati medium larutan garam. Dengan demikian, penyimpangan arah gelombang terpolarisasi linier yang melewati medium larutan garam menjadi lebih besar ke arah kiri, sehingga akan membentuk sudut yang berputar berlawanan arah jarum jam dengan nilai lebih besar.

Pada pengaturan sudut polarisator  $0^\circ, 45^\circ$  dan  $90^\circ$  memiliki nilai linieritas yang hampir sama, ditunjukkan oleh garis yang hampir berimpit. Ini menunjukkan bahwa dipol – dipol listrik dalam larutan garam dapat merespon vektor listrik dari gelombang terpolarisasi linier dalam ketiga posisi sudut polarisator tersebut dengan baik.

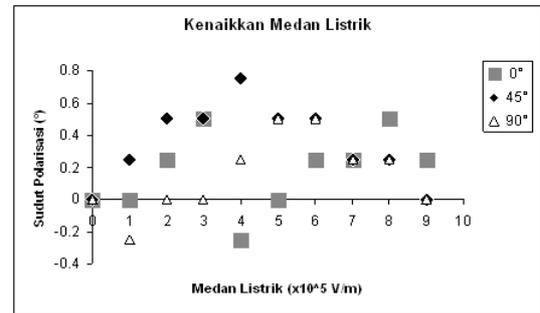
Untuk penurunan besarnya medan listrik luar seperti ditunjukkan dalam Gambar 4, garis linieritas mulai berada pada posisi yang agak berjauhan. Ini menunjukkan bahwa dipol – dipol listrik yang mengerumuni ion – ion dalam larutan garam tidak langsung kembali ke keadaan semula sebelum besarnya medan listrik diturunkan. Hanya saja besarnya sudut polarisasi pada larutan garam 30 % lebih besar daripada larutan garam 10 %. Demikian juga besarnya sudut polarisasi pada larutan garam 50 % lebih besar daripada sudut polarisasi larutan garam 30%.

Semakin besar konsentrasi larutan garam semakin besar pemutaran bidang polarisasi gelombang terpolarisasi linier melalui medium larutan garam dalam arah kiri atau berlawanan arah jarum jam. Hal ini dipengaruhi oleh adanya penambahan ion – ion  $Cl^-$  dan  $Na^+$  pada konsentrasi larutan yang lebih besar, sehingga kerapatan molekul – molekulnya semakin besar, sehingga bertambah besar pula arah simpangan dipol – dipol listrik untuk dapat mempengaruhi arah rambatan gelombang terpolarisasi yang melewatinya.

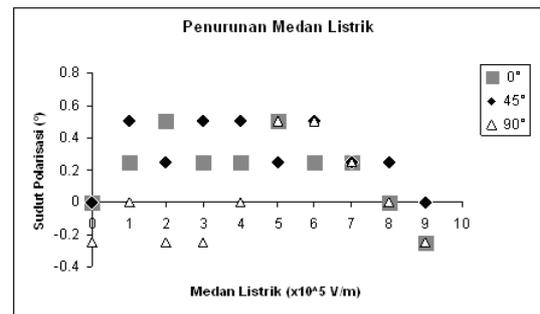
**Aquades**

Aquades merupakan air murni, dengan asumsi hanya berisi molekul – molekul  $H_2O$  tanpa adanya penambahan unsur lain seperti ion. Jadi, disini yang mendapat pengaruh medan listrik luar hanya molekul – molekul  $H_2O$  sebagai dipol – dipol listrik. Dipol – dipol listrik ini diorientasikan secara acak dalam keadaan tanpa pengaruh medan listrik luar. Ketika medan listrik mulai diberikan, maka dipol – dipol listrik ini akan mengalami suatu gaya pada ujung muatan positifnya dan ujung muatan negatifnya, seperti dalam Gambar 4.7. Gaya – gaya yang bekerja pada dipol listrik tersebut memiliki besar yang sama, tetapi dengan arah yang berlawanan. Oleh karenanya, tidak ada gaya neto yang bekerja pada dipol listrik yang memutar dipol listrik ke arah kanan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 6a.

Selain itu, ada dipol listrik yang berputar ke kiri, seperti ditunjukkan dalam Gambar 6b.



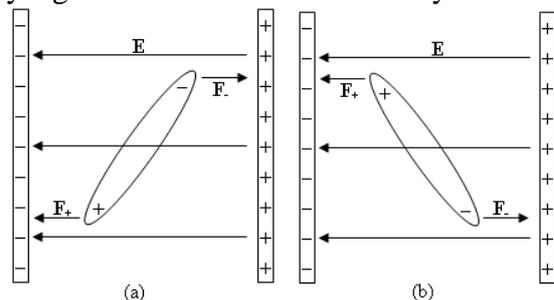
(a)



(b)

Gambar 5. Grafik hubungan antara medan listrik luar dengan sudut polarisasi aquades pada (a) kenaikan medan listrik dan (b) penurunan medan listrik

Saat vektor listrik dari gelombang terpolarisasi linier dilewatkan melalui dipol – dipol listrik ini, maka dipol – dipol listrik ini akan mempengaruhi perambatan getaran vektor listrik dari gelombang terpolarisasi linier tersebut dalam arah yang berbeda dari arah sebelumnya.



Gambar 6. Dipol listrik yang ditempatkan dalam medan listrik luar (a) berputar ke kanan dan (b) berputar ke kiri.

Pada saat gelombang terpolarisasi linier memasuki medium aquades, maka gelombang akan terpecah menjadi dua komponen gelombang terpolarisasi yang saling tegak lurus, sama halnya saat

melewati medium larutan garam. Dari Gambar 4.6a, diketahui bahwa sebagian nilai sudut polarisasi aquades sebesar  $0,25^\circ$  dan  $0,50^\circ$ . Hal ini membuktikan bahwa pengaruh rata – rata dipol – dipol listrik menyebabkan pergeseran vektor listrik dari gelombang terpolarisasi linier ke arah kanan dipandang dari arah berkas cahaya menuju pengamat atau searah jarum jam. Pengaruh ini menandakan adanya sebagian besar dipol – dipol listrik yang memiliki orientasi simpangan lebih ke arah kanan. Peristiwa ini dipengaruhi oleh adanya respon momen dipol listrik karena adanya pengaruh medan listrik luar yang diberikan. Momen dipol listrik yang merupakan vektor yang mengarah dari sisi muatan negatif ke sisi muatan positif relatif melawan gaya yang ditimbulkan oleh medan listrik luar, meskipun sangat kecil. Namun, pengaruh inilah yang menyebabkan simpangan dari dipol listrik ke arah kanan atau perputaran arah simpangan searah jarum jam memiliki kuantitas rata – rata lebih besar daripada simpangan dipol listrik ke arah kiri yang berlawanan arah jarum jam.

Pergeseran vektor listrik dari gelombang terpolarisasi linier karena pengaruh rata – rata simpangan dipol – dipol listrik ini menghasilkan resultan getaran gelombang dengan pemutaran bidang getaran dengan sudut pergeseran searah jarum jam. Salah satu komponen berputar ke kanan karena pengaruh arah simpangan rata – rata dipol – dipol listrik dalam pengaruh medan listrik luar yang berputar ke kanan. Komponen yang lain hanya merambat dalam medium aquades. Peristiwa ini mengakibatkan komponen gelombang pertama berputar ke kanan dengan sudut sedikit lebih besar daripada komponen gelombang kedua yang berputar ke arah kiri. Oleh karena itu, kemunculan pada batas akhir dari medium aquades, kedua gelombang yang berputar dalam medium tersebut memiliki resultan berupa gelombang terpolarisasi linier kembali dengan penyimpangan ke arah kanan.

Dengan demikian, bidang polarisasi berputar ke kanan atau searah jarum jam, dengan besarnya sudut polarisasi bernilai positif. Besarnya sudut polarisasi ini banyak terjadi pada nilai  $0,25^\circ$  dan  $0,50^\circ$ . Ini menunjukkan bahwa dalam aquades terdapat lebih banyak dipol – dipol listrik yang diorientasikan seperti Gambar 6a daripada seperti Gambar 6b, baik dalam posisi tegak lurus arah medan listrik luar maupun pada kemiringan sudut tertentu.

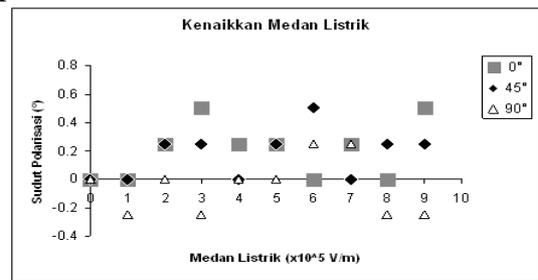
Adapun demikian, terdapat beberapa titik pada nilai sudut polarisasi nol, seperti dalam Gambar 5a. Hal yang mempengaruhi adanya nilai tersebut karena dipol – dipol listrik pada saat tertentu tidak memiliki orientasi simpangan rata-rata yang dapat mempengaruhi arah getaran vektor listrik dari gelombang terpolarisasi linier. Dengan kata lain, dipol – dipol listrik dalam medium aquades terorientasi secara acak. Kondisi inilah yang menyebabkan perambatan gelombang terpolarisasi linier yang melalui medium aquades hanya dilewatkan dan tidak mengalami pemutaran bidang polarisasi. Pada pengurangan besarnya medan listrik luar, masih banyak terdapat dipol – dipol listrik yang berada dalam orientasi simpangan arah kanan, sehingga cenderung memutar bidang polarisasi dalam arah kanan dengan nilai sudut polarisasinya adalah positif. Ini ditunjukkan dalam Gambar 5b, pada titik – titik yang banyak terdapat pada nilai  $0,25^\circ$  dan  $0,50^\circ$ . Pada saat medan listrik luar diperbesar banyak dipol – dipol listrik yang diorientasikan dalam arah kanan, yaitu ke arah elektroda positif, sampai medan listrik sebesar  $9 \times 10^5$  V/m. Ketika penurunan besarnya medan listrik luar dilakukan banyak dipol – dipol listrik yang ada dalam keadaan sebelum penurunan medan listrik, yaitu pada orientasi arah kanan ke arah elektroda positif. Oleh karena itu, pada penurunan medan listrik luar banyak titik – titik dari grafik yang menunjukkan nilai sudut polarisasi positif, yakni  $0,25^\circ$  dan  $0,50^\circ$ . Dengan kata lain,

pemutaran bidang polarisasi sedikit ke arah kanan atau searah jarum jam.

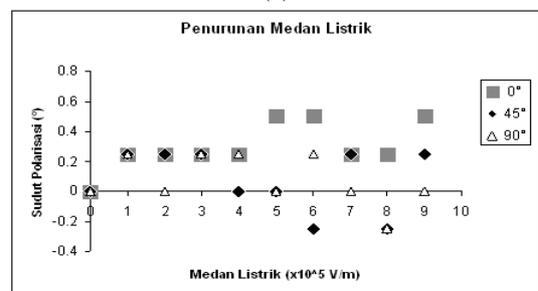
**Air PAM**

Respon dipol – dipol listrik dalam air PAM terhadap medan listrik luar yang diberikan sedikit berbeda dari dipol – dipol listrik dalam aquades (dalam hal ini merupakan air murni yang hanya mengandung molekul H<sub>2</sub>O saja). Gambar 7a menunjukkan bahwa sudut polarisasi air PAM sebagian besar 0,25°, serta sangat sedikit pada nilai 0,50° dan titik – titik dalam grafik bisa diabaikan. Ini menunjukkan bahwa ada unsur lain yang mempengaruhi berputarnya dipol – dipol listrik dalam merespon medan listrik luar. Dengan meninjau kembali bahwa dalam larutan garam, gerakan dipol – dipol listrik dipengaruhi oleh ion- ion, maka dapat diketahui bahwa dalam air PAM terdapat sejumlah kecil ion – ion. Karena sudut polarisasi air PAM berkurang dari nilai positifnya dibandingkan dengan nilai sudut polarisasi aquades, berarti gerakan dipol – dipol listrik dalam pengaruh medan listrik luar dalam simpangan arah kiri memiliki simpangan yang lebih besar daripada perputaran arah kiri dipol – dipol listrik dalam aquades. Ini artinya terdapat sejumlah ion bermuatan positif yang terkandung dalam air PAM. Ion bermuatan positif inilah yang cenderung akan dikutubkan ke arah elektroda negatif. Dan ion bermuatan positif juga dikerumuni oleh dipol – dipol listrik, sehingga sisi bermuatan positif dari dipol listrik terikat pada ion positif tersebut dan sisi bermuatan positif dari dipol listrik bergerak dalam pengaruh medan listrik luar. Gaya tarik antara ion positif dengan dipol – dipol listrik yang mengerumuninya lebih kuat daripada gaya yang bekerja pada dipol dalam pengaruh medan listrik luar, sehingga pengaruh medan listrik luar hanya menyebabkan perputaran dipol – dipol listrik yang mengerumuni ion – ion bermuatan positif ke arah kiri atau ke arah elektroda negatif. Meskipun jumlah ion – ion positif yang terdapat dalam air PAM

relatif sangat sedikit, namun telah mampu mempengaruhi gerakan dipol – dipol listrik dalam merespon pengaruh medan listrik luar. Pengaruh inilah yang telah menyebabkan dipol – dipol listrik dalam medium air PAM yang berputar ke arah kiri memiliki simpangan lebih besar daripada simpangan dipol – dipol listrik yang terkandung dalam medium aquades. Meskipun ada ion- ion bermuatan negatif yang mempengaruhi simpangan dipol listrik, relatif sangat kecil dibandingkan dengan ion bermuatan positif. Akibatnya vektor listrik dari gelombang terpolarisasi dalam pemutaran arah kanan dalam medium air PAM menjadi sedikit lebih kecil daripada yang terjadi dalam medium aquades. Karenanya resultan kedua gelombang terpolarisasi dalam medium air PAM menghasilkan gelombang terpolarisasi linier dengan simpangan arah kanan yang lebih kecil dibandingkan dengan resultan gelombang terpolarisasi linier dalam medium aquades. Ini dibuktikan dengan banyaknya titik yang terdapat dalam Gambar 7a dengan nilai sudut polarisasi 0,25°, sedangkan dalam Gambar 5a untuk medium aquades titik – titik yang hampir sama banyak berada pada nilai 0,50°.



(a)



(b)

Gambar 7. Grafik hubungan antara medan listrik luar dengan sudut polarisasi air PAM pada (a)

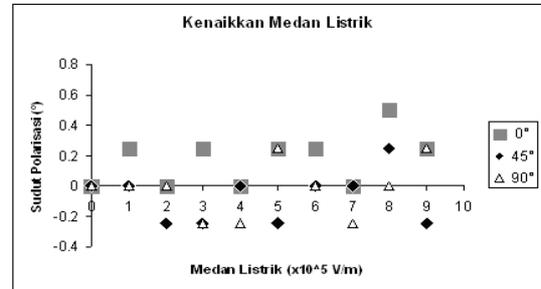
kenaikkan medan listrik dan (b) penurunan medan listrik.

Penjelasan di atas juga ditegaskan pada penurunan besarnya medan listrik luar. Dari Gambar 7b, ditunjukkan bahwa pada sebagian besar nilai medan listrik luar yang diberikan memiliki sudut polarisasi sebesar  $0,25^\circ$ . Seperti dijelaskan sebelumnya untuk medium aquades, bahwa saat besarnya medan listrik luar diturunkan masih terdapat dipol – dipol listrik yang berada dalam keadaan sebelum medan listrik luar diturunkan. Ini menyebabkan vektor listrik dari gelombang terpolarisasi linier pada tepi akhir batas medium air PAM memiliki simpangan yang sama seperti pada peristiwa saat medan listrik luar belum diturunkan. Hasil ini dapat diketahui dengan banyaknya titik – titik untuk nilai sudut polarisasi  $0,25^\circ$ , seperti ditunjukkan dalam Gambar 6b.

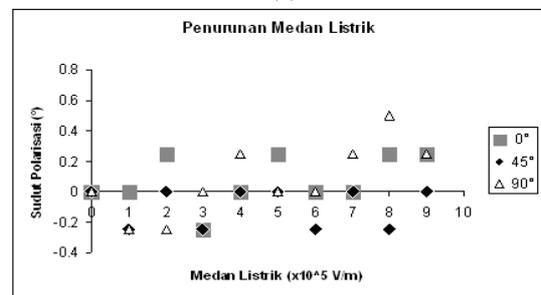
**Air Sumur**

Dari Gambar 8a, diketahui bahwa sudut polarisasi air sumur menunjukkan nilai  $0,25^\circ$  dengan jumlah titik – titik relatif banyak seperti pada aquades dan air PAM. Namun demikian, air sumur juga memiliki sudut polarisasi  $-0,25^\circ$  yang menunjukkan besarnya pemutarannya bidang polarisasi sebesar  $0,25^\circ$  dalam arah berlawanan arah jarum jam atau ke arah kiri. Nilai ini cukup berbeda dari yang ada pada nilai sudut aquades dan air PAM. Sekali lagi ion – ion bermuatan positif yang mempengaruhi peristiwa perambatan gelombang dalam medium air sumur. Dengan lebih banyaknya ion – ion bermuatan negatif dibandingkan dengan yang ada dalam air PAM, maka lebih banyak kumpulan ion – ion yang berada di sisi dekat elektroda negatif yaitu sisi sebelah kiri. Dengan demikian, dipol – dipol listrik yang mengerumuninya berputar ke arah kiri yang akan memutar bidang polarisasi arah kiri sampai sebesar  $0,25^\circ$ . Walaupun demikian, juga terdapat ion – ion bermuatan negatif yang menyebabkan arah simpangan dipol – dipol listrik pada suatu saat sebagian besar terorientasi dalam arah

kiri, sehingga memiliki pengaruh rata – rata terhadap perambatan gelombang terpolarisasi linier ke arah berlawanan jarum jam. Hal ini diketahui dari kesamaan jumlah titik – titik pada sudut polarisasi  $0,25^\circ$  dan  $-0,25^\circ$ .



(a)



(b)

Gambar 8. Grafik hubungan antara medan listrik luar dengan sudut polarisasi air sumur pada (a) kenaikan medan listrik dan (b) penurunan medan listrik

Hal ini juga ditunjukkan dalam Gambar 8b pada saat medan listrik luar diturunkan. Kesamaan jumlah titik pada grafik untuk kedua besar sudut tersebut, yaitu  $0,25^\circ$  dan  $-0,25^\circ$  tetap ada, walaupun pada besarnya medan listrik yang berbeda. Perubahan medan listrik luar hanya mempengaruhi arah perputaran dipol – dipol listrik dalam satu sisi, tetapi di sisi lain terdapat dipol – dipol listrik yang berputar seperti arah dari dipol – dipol listrik yang telah dipengaruhi medan listrik luar meskipun dalam besar yang berbeda.

Selain itu, baik dalam medium air PAM dan medium air sumur masih besarnya peran dipol – dipol listrik yang dipengaruhi langsung oleh medan listrik luar tanpa dipengaruhi ikatan dengan ion – ion. Penyebab inilah yang membuat sudut polarisasi tetap berada pada nilai antara  $0,00^\circ$  sampai  $0,50^\circ$ , baik dalam air PAM

maupun air sumur pada beberapa nilai besarnya medan listrik luar.

Dari ketiga sampel air, baik aquades, air PAM maupun air sumur (Gambar 9), ketiganya memiliki nilai sudut polarisasi yang berubah – ubah dan cenderung hanya pada nilai tertentu, dalam hal ini antara 0,00° sampai 0,50°. Ini merupakan fenomena alami sifat optik air dalam pengaruh medan listrik luar ketika merambatkan gelombang terpolarisasi linier dari berkas cahaya, dalam hal ini laser. Molekul air yang merupakan dipol listrik mengalami osilasi dalam pengaruh medan listrik luar. Dipol listrik berputar searah jarum jam dalam pengaruh medan listrik luar seperti Gambar 6a ke arah titik kesetimbangan ketika berada pada posisi sejajar dengan arah medan listrik luar yang diberikan dan berputar sampai posisi berkebalikan dengan posisi sebelumnya. Kemudian berputar kembali berlawanan arah jarum jam dengan melewati titik setimbangnya dan seterusnya. Gerak osilasi inilah yang menyebabkan pemutaran bidang polarisasi selalu mengalami perubahan hanya dalam beberapa derajat tertentu saja, yaitu antara 0,00° sampai 0,50°, ketika gelombang terpolarisasi linier melewati medium air.

dan air sumur pada (a) kenaikan medan listrik dan (b) penurunan medan listrik.

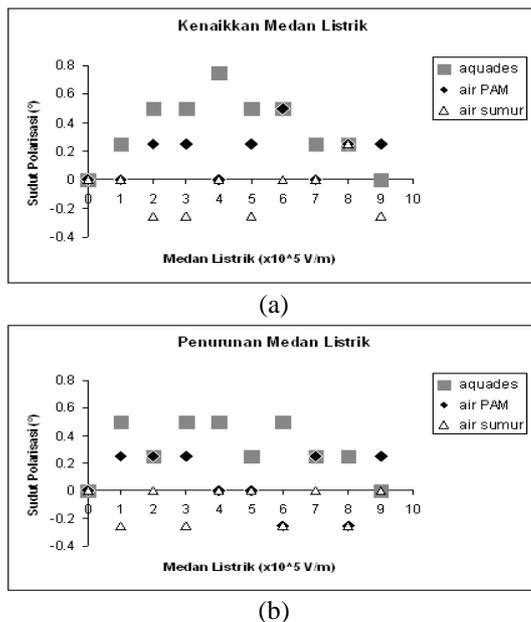
**KESIMPULAN**

Larutan garam dalam pengaruh medan listrik luar sebesar 0 – 9×10<sup>5</sup> V/m, memutar bidang polarisasi berlawanan arah jarum jam karena adanya pengaruh ion – ion dalam jumlah sangat banyak yang terkandung di dalamnya. Hal ini membuktikan bahwa dalam jenis air yang memiliki kemurnian berbeda memiliki kandungan ion – ion yang berbeda pula dan memiliki kemampuan berbeda untuk memutar bidang polarisasi gelombang terpolarisasi linier dari berkas cahaya.

Dalam pengaruh medan listrik luar sebesar 0 – 9×10<sup>5</sup> V/m, aquades yang lebih murni daripada air PAM dan air sumur memutar bidang polarisasi searah jarum jam memiliki nilai rata - rata pada 0,50°, Air PAM yang lebih murni daripada air sumur memutar bidang polarisasi searah jarum jam memiliki nilai rata - rata pada 0,25°, dan air sumur memutar bidang polarisasi berlawanan arah jarum jam memiliki nilai rata - rata pada 0,25° atau - 0,25°. Dengan catatan, bahwa air PAM diambil dari daerah Tembalang dan air sumur diambil dari daerah Ngesrep

**SARAN**

1. Wadah sampel dibuat dengan ukuran yang lebih panjang, meskipun tetap memiliki lebar 1 cm. Dengan ukuran lebar 1 cm, maka sampel bahan yang diberi medan listrik tetap pada diameter jarak antara dua pelat 1 cm. Ini diharapkan medan yang diterima bahan tetap maksimal dan homogen.
2. Medan listrik luar yang digunakan lebih dari 10<sup>6</sup> V/m agar pengaruh medan listrik luar terhadap besarnya sudut polarisasi menghasilkan suatu hubungan grafik linier.
3. Bahan air yang digunakan diambil dari beberapa sumur untuk beberapa daerah yang berbeda dengan meneliti unsur yang terkandung di dalamnya. Dengan tujuan pada penelitian yang akan



Gambar 10. Grafik hubungan antara medan listrik luar dengan sudut polarisasi aquades, air PAM

datang dapat dibandingkan besarnya sudut polarisasi untuk menentukan kemurnian air sumur pada masing – masing daerah pengambilan sampel.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Prabowo, Krisno, 2005, *Kajian Sifat Optis Nonlinier Bahan Transparan dengan Metode Efek Kerr*, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [2] Soedjo, Peter, 1992, *Azas – Azas Ilmu Fisika Jilid III, Optika*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [3] Rossi, Bruno, 1957, *Optics*, Addison-Wesley, London.
- [4] Pedrotti, Frank L., Leno S. Pedrotti, 1993, *Introductions to Optics*, Prentice-Hall, New Jersey.