

# Pengukuran Kualitas Madu Bunga Berdasarkan Konstanta Efek Kerr yang Diukur Menggunakan Interferometer Michelson

Misto, Widayanti, I.R., Arkundato, A.

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

Email: misto.fmipa@unej.ac.id

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pemanfaatan interferometer Michelson untuk menentukan kualitas madu bunga. Uji kemurnian dilakukan berdasarkan pengukuran konstanta Kerr madu yang diperoleh dengan mengukur indeks bias bahan menggunakan interferometer Michelson. Nilai konstanta Kerr  $R_k$  berbeda untuk kandungan gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) yang berbeda dari bahan (madu). Diketahui bahwa semakin besar kandungan gula pereduksi maka semakin besar nilai konstanta Kerr. Nilai  $R_k$  yang besar menandakan molekul polar pada konsentrasi madu bunga tersebut lebih mendominasi dari pada molekul nonpolar, dan sebaliknya untuk nilai  $R_k$  yang kecil. Pada penelitian ini menggunakan sampel madu bunga kaliandra, kelengkeng, kapuk dan rambutan.  $R_k$  yang besar diperoleh pada madu bunga kaliandra pada konsentrasi 10% sebesar  $(1,33 \pm 0,02) \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{V}^2$  dan nilai  $R_k$  yang kecil diperoleh madu bunga kelengkeng pada konsentrasi 20% sebesar  $(3,04 \pm 0,07) \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{V}^2$ . Semakin besar konsentrasi madu yang diberikan pada media sampel maka semakin besar nilai  $R_k$ . Ini disebabkan karena meningkatnya konsentrasi akan menghasilkan komposisi madu lebih banyak dari konsentrasi sebelumnya, sehingga secara fisis akan meningkatkan kerapatan bahan sehingga indeks bias bahan semakin besar karena molekul madu dalam sampel semakin banyak. Pengukuran konstanta Kerr dilakukan dengan memberikan variasi medan listrik pada sampel madu uji untuk melihat perubahan jumlah frinji interferensi.

**Kata kunci:** efek Kerr, kemurnian bahan, gula pereduksi, interferometer Michelson, konstanta Kerr

## 1. PENDAHULUAN

Standart Industri Indonesia (SII) tahun 1977 dan 1985 mutu madu dapat dilihat dari kandungan gula pereduksi dalam madu seperti fruktosa dan glukosa (Ratnayani *et al.*, 2008). Dari sekian banyak jenis madu, salah satu yang mudah dijumpai di pasaran adalah madu monoflora. Kelebihan madu jenis ini terdiri dari hanya satu nektar bunga yang dikumpulkan lebah dan pemanenan tergantung pada musim bunganya. Madu yang banyak dijual dipasaran memiliki kadar dan komposisi gula pereduksi yang berbeda-beda, bahkan tersedia madu yang mengandung gula nonpereduksi (sukrosa) yang kandungan gula pereduksinya hanya minimum. Perlu uji ilmiah tertentu karena gula pereduksi dan nonpereduksi pada madu tidak dapat dibedakan langsung bahkan dari aroma ataupun rasa sekalipun (Ratnayani *et al.*, 2008).

Dilihat dari struktur molekulnya, gula pereduksi bersifat polar dan gula non pereduksi bersifat nonpolar (Ralp dan Joan, 1986). Efek Kerr adalah efek optis dimana sifat-sifat optis bahan akan berubah oleh adanya pengaruh medan listrik. Ketika molekul dikenai medan listrik yang besar, maka molekul berusaha terpolarisasi, terutama pada molekul polar karena memiliki momen dipol listrik permanen

(Gerthsen, 1996). Jika molekul medium semakin mengkutub seiring meningkatnya medan listrik, maka sifat-sifat optis bahan ada cahaya yang melewati medium optik tersebut juga akan menampilkan sesuatu perubahan. **Pengaruh medan listrik pada perubahan indeks bias medium optik menghasilkan dua macam interaksi elektro-optik yaitu efek Pockels yang merupakan efek elektro-optik pada medium zat padat dan efek Kerr yang merupakan efek kuadrat elektro-optik pada medium yang umumnya berupa zat cair (Pedrotti, 1993).** Dengan perbedaan sifat molekul yang dimiliki gula pereduksi dan nonpereduksi pada madu, madu dapat dibedakan kandungan gula pereduksinya dengan menggunakan efek Kerr. Menurut Kristi, medium yang bersifat polar jika dikenai medan listrik yang kuat, akan menghasilkan koefisien Kerr ( $R_k$ ) (Kristi *et al.*, 2012).

Perhitungan efek Kerr kemudian dapat dilakukan dengan mengamati perubahan indeks bias medium ( $\Delta n$ ) terhadap kenaikan medan listrik ( $E$ ), dimana ini dapat digunakan metode interferometer Michelson (Kusuma *et al.*, 2006). Metode *nondestructive testing* ini cukup akurat untuk mengamati perubahan indeks bias yang sangat kecil ( $\Delta n \sim 10^{-6}$ ) dengan mengetahuinya dari perubahan jumlah pola gelap terang frinji ( $\zeta$ ) di layar pengamatan interferensi (Pedrotti, 1993).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu satu set perlengkapan interferometer Michelson, sel Kerr yang terdiri dari plat homogen yang disejajarkan sejauh 1 cm yang dihubungkan dengan tegangan tinggi DC 0-1800 Volt. Bahan yang digunakan berupa empat jenis madu bunga yang terdiri dari madu bunga: Kapuk, madu bunga Rambutan, madu bunga Kaliandra dan madu bunga Kelengkeng, dan aquades.

### 2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian menggunakan enam tahapan: tahap persiapan dan kalibrasi alat, tahap perlakuan bahan, tahap perlakuan medan listrik, penyusunan alat penelitian, pengambilan data, analisis data.

#### Tahap Persiapan dan kalibrasi

Pada tahap persiapan ini dilakukan observasi awal pada madu bunga. Ketika madu diletakkan di depan *movable mirror*, pola interferensi tidak teramati akibat pekatnya madu. Agar teramati pola frinji, maka madu (gram) diencerkan dengan menggunakan aquades (ml) hingga pola frinji teramati. Penggunaan aquades sebagai pengencer agar tidak mempengaruhi parameter yang akan diukur, seperti yang ditunjukkan dalam pengamatan bahwa aquades jika dikenai medan listrik, nilai sudut polarisasi aquades mendekati nol. (Sukarsono *et al.*, 2008).

Pada penelitian ini kalibrasi alat dilakukan dengan mengukur indeks bias aquades dan menentukan nilai ( $\alpha$ ) yaitu parameter yang tergantung dari wadah sampel. Untuk mengukur indeks bias aquades digunakan persamaan sebagai berikut:

$$n_{water} = \frac{(2t - N\lambda_0) + (1 - \cos\theta)}{2t(1 - \theta(rad)) - N\lambda_0}; \theta(rad)$$

$$= \theta \times \frac{\pi}{180^\circ}$$

(Andrew, 1960).

(1)

dengan,

$n_{water}$  = indeks bias aquades  
 $t$  = tebal medium (cm)  
 $N$  = jumlah pergeseran frinji  
 $\lambda_0$  = panjang gelombang sumber cahaya (nm)  
 $\theta$  = perubahan sudut medium ( $^\circ$ )

Dari hasil pengukuran nilai indeks bias aquades diperoleh sebesar 1,329.

Sedangkan untuk mengetahui sifat dari ketebalan wadah sampel tanpa medium ketika dikenai medan listrik, dapat diasumsikan seperti pada persamaan Kusuma *et al.*, (2006) :

$$\zeta = \zeta_0 - \alpha E \quad (2)$$

dimana,

$\zeta$  = jumlah lingkaran gelap-terang frinji/cm pada

layar pengamatan

$\zeta_0$  = jumlah lingkaran gelap-terang frinji/cm pada

layar pengamatan untuk medan listrik 0 volt

$E$  = medan listrik luar (V/m)

$\alpha$  = parameter yang tergantung dari wadah sampel

Nilai ( $\alpha$ ) merupakan parameter yang tergantung dari ketebalan wadah sampel yang digunakan pada penelitian ini. Nilai ( $\alpha$ ) yang dihasilkan adalah nol, yang menandakan wadah sampel dalam penelitian ini tidak memberikan kontribusi yang berarti pada konsentrasi madu yang diteliti. Sehingga dapat dikatakan bahwa pada penelitian ini yang benar-benar terpengaruhi oleh medan listrik adalah molekul pada konsentrasi madu.

#### Tahap Perlakuan Bahan

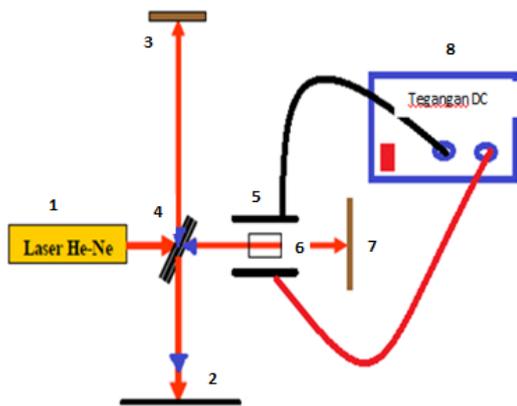
Empat jenis madu bunga disiapkan pada empat variasi konsentrasi yaitu 5%, 10%, 15% dan 20%. Pengertian konsentrasi (%) madu yaitu madu (gram) yang dilarutkan dalam aquades (ml). Konsentrasi 5% berarti 5 gram madu dilarutkan dalam 95 ml aquades, konsentrasi 10% berarti 10 gram madu dilarutkan 90 ml aquades, dan seterusnya.

#### Tahap Perlakuan Medan Listrik

Pemberian medan listrik ( $E$ ) berasal dari tegangan tinggi DC yaitu dari tegangan 0 s/d 1800 volt. Tegangan 0 volt sebagai kontrol (satu kontrol) dan tegangan 300 s/d 1800 volt untuk kenaikan setiap 300 volt sebagai perlakuan (enam perlakuan). Kemudian dua pelat homogen sejajar dihubungkan dengan tegangan DC, diantara dua pelat berjarak 1 cm tersebut diberi wadah sampel dari *slide* preparat. Medan listrik dapat ditentukan dengan asumsi medan listrik ( $E$ ) sebanding dengan tegangan DC ( $V$ ) dan berbanding terbalik dengan jarak antara dua pelat sejajar  $d$ .

#### Penyusunan Alat Penelitian

Alat disusun seperti gambar berikut.



**Gambar 1** Desain Alat Penelitian 1. Laser He-Ne dengan  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ , 2. Layar pengamatan, 3. *adjustable mirror*, 4. *beam splitter*, 5. Keping pelat homogen sejajar, 6. Wadah sampel, 7. *movable mirror*, 8. Tegangan tinggi DC

Tegangan DC dihubungkan dengan plat homogen, setiap kenaikan tegangan merupakan indikasi dari kenaikan medan listrik ( $E$ ). Pada medan listrik 0 volt/m, 30000 volt/m dan seterusnya jumlah frinji di layar pengamatan dihitung. Untuk menghitung banyaknya frinji digunakan skala 10 cm dari *beam splitter* dan diukur pada jarak 1cm dari terang pusat sehingga untuk selanjutnya digunakan asumsi “jumlah lingkaran gelap terang/cm ( $\zeta$ )”. Secara teori, ketika medan listrik yang diberikan semakin besar, maka jumlah lingkaran gelap terang/cm akan berkurang. Setelah diperoleh ( $\zeta$ ), maka juga akan diperoleh data kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ).

**Analisis Data**

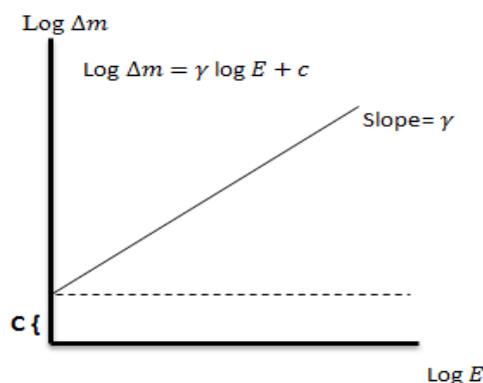
Secara kuantitatif karakteristik elektro-optik diketahui berdasarkan kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ). Semakin besar medan listrik yang diberikan maka jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) akan semakin banyak. Interferometer Michelson dapat mengamati perubahan indeks bias dalam orde mikro ( $(\Delta n) \sim 10^{-6}$ ), dimana perubahan indeks bias ketika dikenai medan listrik akan terakumulasi dari jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) di layar Interferometer Michelson. Sehingga dengan alasan tersebut ( $\Delta n$ ) sebanding dengan ( $\Delta m$ ), perubahan indek bias terhadap medan listrik didekati oleh persamaan (Kusuma *et al.*, 2006):

$$\Delta m = \frac{R_k n_0^3 t}{\lambda} E^2 \tag{3}$$

Dengan,  
 $\Delta m$  = berkurangnya jumlah frinji ketika medan

- listrik  $E$  divariasasi
- $R_k$  = Koefisien Kerr elektro-optik ( $\text{m}^2/\text{V}^2$ )
- $n_0$  = Indeks bias konsentrasi madu sebelum dikenai medan listrik luar
- $t$  = Tebal wadah sampel (mm)
- $\lambda$  = Panjang gelombang laser He-Ne (nm).

Nilai koefisien Kerr ( $R_k$ ) dapat diperoleh dengan cara melinierkan persamaan (2) dalam bentuk logaritmik untuk mendapatkan persamaan garis lurus. Setelah diambil bentuk logaritmik, maka dibuat grafik linier  $\log E$  terhadap  $\log \Delta m$ .



**Gambar 2** Linearisasi grafik hubungan antara kenaikan medan listrik  $E$  terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ )

Keterangan untuk gambar 3.3 di atas diketahui bahwa:

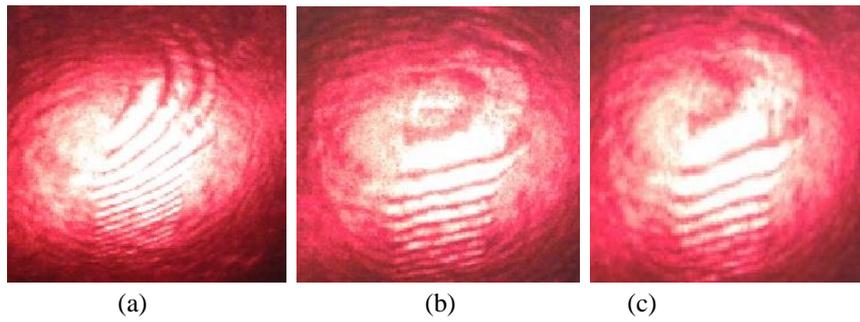
- $x$  =  $\log \Delta m$
- $y$  =  $\log E$
- $c$  =  $\log \left( \frac{R_k n_0^3 t}{\lambda} \right)$
- $m$  =  $\gamma$

Untuk menentukan nilai koefisien Kerr elektro-optik ( $R_k$ ) diketahui dari persamaan grafik di atas yaitu:

$$c = \log \left( \frac{R_k n_0^3 t}{\lambda} \right) \tag{4}$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

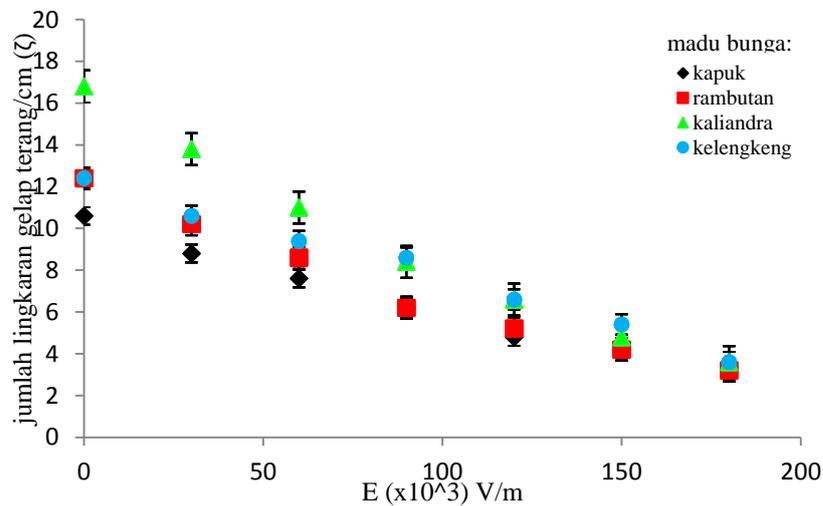
Dari hasil penelitian diketahui bahwa, semakin besar medan listrik yang diberikan, maka jumlah lingkaran gelap terang/cm ( $\zeta$ ) di layar pengamatan semakin berkurang (lihat gambar 4 dan 5). Pengamatan untuk pengaruh medan listrik ( $E$ ) terhadap perubahan jumlah lingkaran gelap terang/cm ( $\zeta$ ) disajikan pada gambar 3 sebagai berikut:



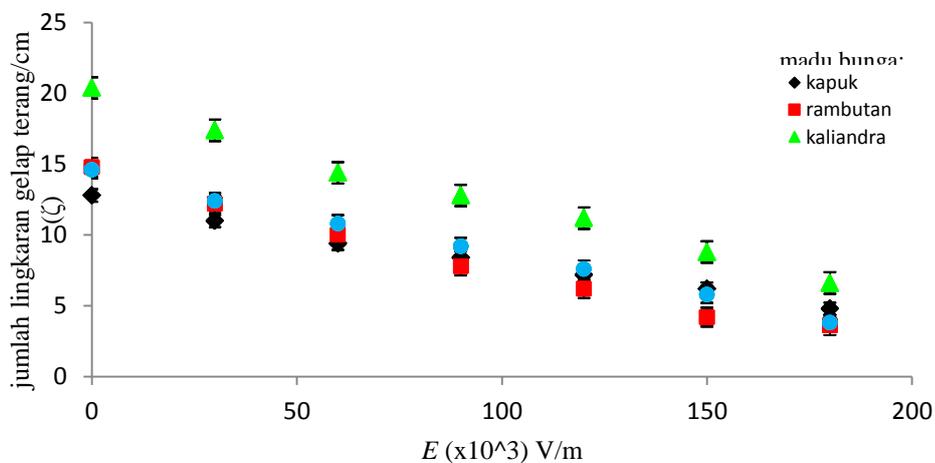
**Gambar 3** Pola frinji/cm yang terbentuk untuk madu bunga rambutan pada konsentrasi 10%; (a) pada medan listrik 0 V/m; (b) pada medan listrik 60000 V/m; (c) pada medan listrik 90000 V/m

Pada gambar 3 (a) nampak bahwa pola frinji banyak dan rapat. Ketika dikenai medan listrik 60000 V/m, gambar (b) pola frinji menjadi sedikit lebih renggang

dengan semakin membesarnya sisi terang frinji. Begitu pula ketika medan listrik ditingkatkan menjadi 90000 V/m, gambar (c) pola frinji semakin berkurang.



**Gambar 4** Grafik hubungan antara kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah lingkaran gelap terang/cm ( $\zeta$ ) pada konsentrasi 5%

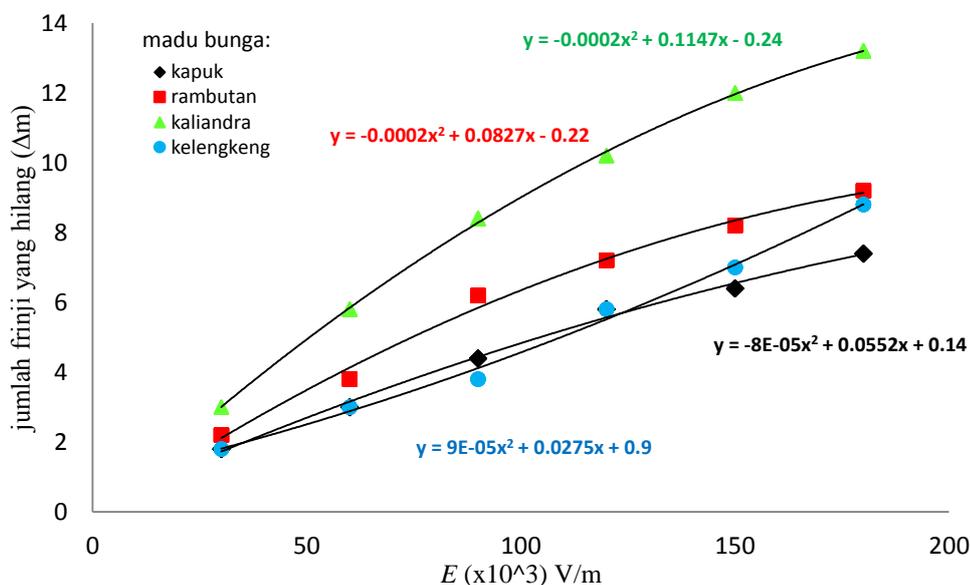


**Gambar 5** Grafik hubungan antara kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah lingkaran gelap terang/cm ( $\zeta$ ) pada konsentrasi 10%

Dari gambar 4 dan 5 di atas, diketahui bahwa jumlah lingkaran gelap terang/cm ( $\zeta$ ) berkurang terhadap kenaikan medan listrik. Dengan membandingkan nilai  $\zeta$  pada saat medan listrik 0 V/m dari masing-masing konsentrasi yang ditunjukkan pada gambar 4 dan gambar 5, secara umum, semakin besar konsentrasi pada masing-masing madu maka nilai  $\zeta$  semakin banyak. Ini menunjukkan semakin besar beda fase pada kenaikan konsentrasi. Semakin besar beda fase maka, kerapatan optik medium (konsentrasi madu) semakin tinggi, jika kerapatan optik semakin tinggi maka semakin besar indeks bias medium tersebut. Sesuai dengan penelitian Priyono *et al.*, (2005) yang menunjukkan bahwa, banyaknya jumlah frinji akan

semakin meningkat seiring meningkatnya konsentrasi garam.

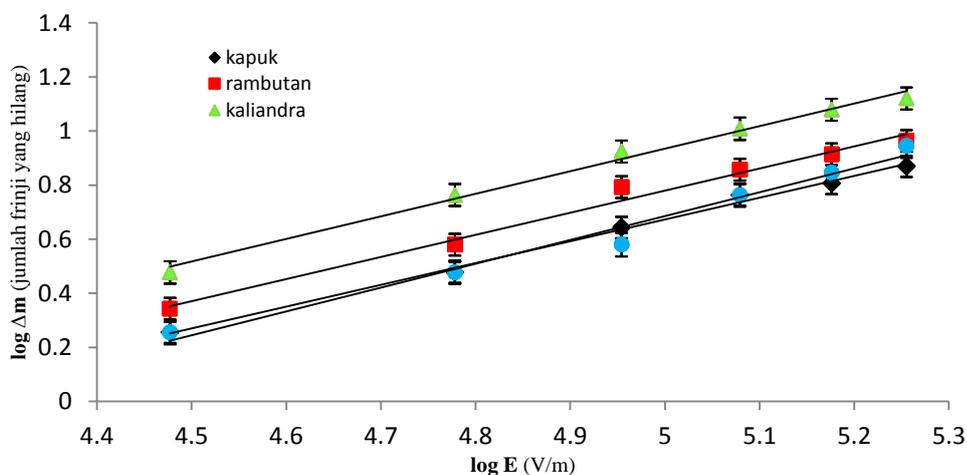
Hasil pengukuran kenaikan medan listrik luar ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) ini berasal dari nilai  $\zeta$  sebelum dikenai medan listrik dikurangi  $\zeta$  setelah dikenai medan listrik luar. Untuk hubungan antara kenaikan medan listrik luar ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) disajikan dalam dua grafik, yaitu grafik fungsi kuadratis dan grafik fungsi log untuk linierisasi grafik sebelumnya. Grafik fungsi log digunakan untuk mempermudah menganalisis grafik dan perhitungan koefisien Kerr ( $R_k$ ). Pada konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% dari empat madu bunga tersebut masing-masing akan dibandingkan.



**Gambar 6** Grafik kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) pada konsentrasi 5%

Dari gambar 6 di atas, nampak bahwa grafik menunjukkan fungsi kuadratis. Hal ini sesuai dengan sifat madu berupa zat cair yang tidak memiliki sifat

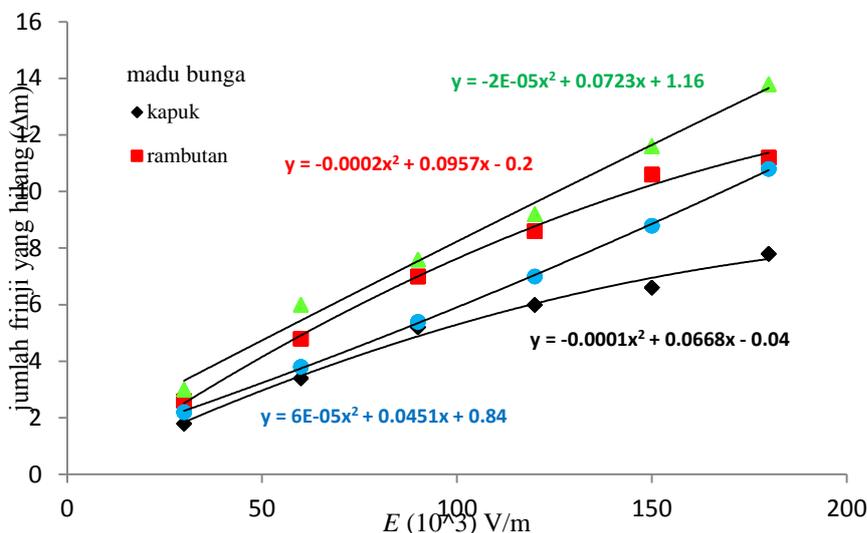
simetri kristal, dimana perubahan indeks biasnya cenderung kuadratis terhadap kenaikan medan listriknya.



**Gambar 7** Grafik kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) pada konsentrasi 5% fungsi log

Gambar 7 merupakan fungsi log dari gambar 6 sebelumnya. Untuk konsentrasi 5% ini, Nampak bahwa jumlah frinji yang hilang semakin banyak ketika medan listrik yang dikenainya semakin besar. Grafik tertinggi diperoleh madu bunga Kaliandra, ini dikarenakan ketika madu bunga Kaliandra sebelum

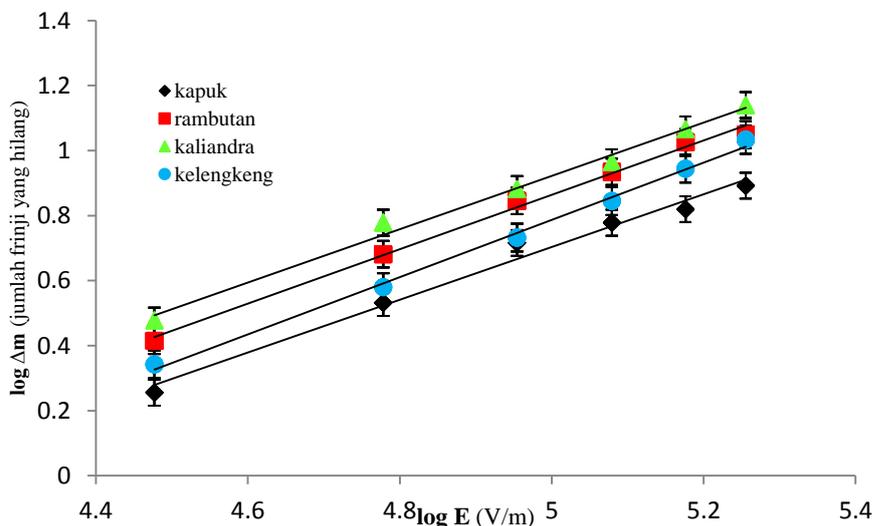
dikenai medan listrik jumlah pola gelap terang frinjinnya paling banyak dibandingkan ketiga madu bunga lainnya. Sedangkan pada madu bunga Kapuk, jumlah pola gelap terang frinji sebelum dikenai medan listrik cenderung sedikit dibandingkan ketiga madu lainnya.



**Gambar 8** Grafik kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) pada konsentrasi 10%

Grafik pada gambar 8 juga menunjukkan fungsi kuadratis, dengan grafik tertinggi dimiliki madu bunga Kaliandra. Sedangkan grafik terendah dimiliki madu

bunga Kapuk. Untuk mempermudah menganalisis grafik lebih lanjut, maka dibuat grafik fungsi log untuk konsentrasi 10% seperti gambar 9 di bawah ini.



**Gambar 9** Grafik kenaikan medan listrik ( $E$ ) terhadap jumlah frinji yang hilang ( $\Delta m$ ) pada konsentrasi 10% dalam fungsi log

Dari gambar 9 di atas, untuk konsentrasi 10% gradien keempat madu bunga tersebut cenderung sama. Namun nilai untuk  $\Delta m$  yang dominan besar masih dimiliki madu bunga Kaliandra. Hal ini dikarenakan sebelum dikenai medan listrik jumlah  $\zeta$  yang dihasilkan lebih banyak dari pada ketiga madu bunga lainnya. Sehingga

ketika madu bunga kaliandra pada konsentrasi 10% ini mulai dikenai medan listrik yang terus-menerus meningkat, jumlah frinji yang hilang semakin banyak, namun dengan jumlah pola gelap terang frinji awal lebih banyak dari ketiga madu bunga lainnya.

Semakin banyak jumlah frinji yang hilang menandakan semakin besar respon molekul terhadap medan listriknya yang berarti molekul tersebut bersifat polar. Molekul polar pada konsentrasi madu berasal dari gula pereduksi. Semakin besar komposisi gula pereduksi maka semakin besar koefisien Kerr ( $R_k$ ) yang diperoleh, dengan kata lain nilai  $R_k$  yang besar menandakan kandungan gula pereduksinya lebih

ketika medan listrik luar yang diberikan semakin besar, banyak dari ketiga madu bunga lainnya, dan bersifat sebaliknya untuk nilai  $R_k$  yang kecil.

Nilai koefisien Kerr ( $R_k$ ) pada masing-masing konsentrasi berturut-turut diperoleh dari fungsi log dari persamaan (4).

**Tabel 1.** Nilai koefisien Kerr ( $R_k$ ) pada empat konsentrasi dari empat jenis madu bunga

No.	Jenis Madu	Konsentrasi (%)	( $R_k \pm \Delta R_k$ ) ( $\text{m}^2/\text{V}^2$ )
1.	Kapuk	5%	$(6,10 \pm 0,09) \times 10^{-13}$
2.	Rambutan		$(7,49 \pm 0,20) \times 10^{-13}$
3.	Kaliandra		$(1,03 \pm 0,02) \times 10^{-12}$
4.	Kelengkeng		$(1,13 \pm 0,03) \times 10^{-13}$
5.	Kapuk	10%	$(6,12 \pm 0,17) \times 10^{-13}$
6.	Rambutan		$(6,98 \pm 0,12) \times 10^{-13}$
7.	Kaliandra		$(1,33 \pm 0,02) \times 10^{-12}$
8.	Kelengkeng		$(1,79 \pm 0,03) \times 10^{-13}$
9.	Kapuk	15%	$(7,05 \pm 0,23) \times 10^{-13}$
10.	Rambutan		$(8,10 \pm 0,06) \times 10^{-13}$
13.	Kelengkeng		$(3,12 \pm 0,02) \times 10^{-13}$
14.	Kapuk	20%	$(7,44 \pm 0,36) \times 10^{-13}$
15.	Rambutan		$(2,20 \pm 0,41) \times 10^{-12}$
16.	Kelengkeng		$(3,04 \pm 0,07) \times 10^{-13}$

Dapat dilihat pada tabel 1, nilai  $R_k$  terbesar dimiliki madu bunga Kaliandra yaitu  $(1,03 \pm 0,02) \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{V}^2$  untuk konsentrasi 5% dan  $(1,33 \pm 0,02) \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{V}^2$  untuk konsentrasi 10%. Diperolehnya nilai  $R_k$  yang besar menandakan madu bunga tersebut mengandung molekul polar (fruktosa dan glukosa) yang lebih banyak dari pada kandungan gula non pereduksi yang bersifat non polar. Pada molekul polar ketika dikenai medan listrik luar, molekul tersebut berorientasi penuh yang menyebabkan molekulnya terpolarisasi. Jika molekul terpolarisasi maka beda fase dua berkas laser yang melewati medium akan berubah. Perubahan beda fase tersebut akan memperlihatkan pola frinji ke arah yang lebih renggang ketika medan listriknya semakin besar dari sebelumnya.

Untuk nilai koefisien Kerr terkecil terdapat pada madu Kelengkeng, dapat dilihat pada tabel 1.14 yaitu sebesar  $(3,04 \pm 0,07) \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{V}^2$  pada konsentrasi 20%. Disini menandakan madu bunga Kelengkeng kandungan gula pereduksinya paling sedikit dari pada tiga jenis madu lainnya. Dikatakan

demikian karena nilai  $R_k$  yang rendah menandakan kandungan molekul non polar (gula nonpereduksi) lebih banyak dari pada molekul polarnya. Ketika molekul non polar dikenai medan listrik luar, maka akan memiliki sifat sebaliknya dari molekul polar. Dimana molekul non polar tidak memiliki momen dipol listrik permanen. Ketika molekul non polar dikenai medan listrik maka yang terjadi adalah polarisasi atom yang sifatnya lebih lemah dari polarisasi molekul yang terdapat pada molekul polar. Sehingga nilai  $R_k$  untuk madu bunga Kelengkeng lebih kecil dibandingkan ketiga jenis madu lainnya. Dengan kata lain madu bunga Kelengkeng memiliki kandungan gula pereduksi lebih sedikit dari pada ketiga madu bunga lainnya. Berbanding terbalik dari madu bunga Kelengkeng, untuk madu bunga Kaliandra memiliki kandungan gula pereduksi lebih besar yang terlihat dari besarnya nilai koefisien Kerr pada setiap kenaikan konsentrasi madu bunga Kaliandra.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dalam penelitian ini diketahui bahwa jumlah lingkaran gelap terang/cm berkurang terhadap kenaikan medan listrik, yang menandakan indeks bias berkurang terhadap kenaikan medan listrik. Nilai koefisien Kerr ( $R_k$ ) terbesar dimiliki madu bunga Kaliandra. Diperolehnya nilai  $R_k$  yang besar menandakan madu bunga tersebut memiliki kandungan gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) lebih banyak dari ketiga madu bunga lainnya. Sedangkan nilai  $R_k$  terkecil dimiliki madu bunga Kelengkeng. Disini menandakan, madu bunga Kelengkeng kandungan gula pereduksinya paling sedikit daripada tiga jenis madu bunga lainnya. Dengan kata lain madu bunga kaliandra memiliki kualitas yang paling baik sebagai madu alam.

#### Daftar Pustaka

Andrew, C.L. 1960. *Optics of the Electromagnetic Spectrum*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.

Ernawati, Endri; Firdausi, K. Sofjan; M. Indras. Tanpa tahun. *Perbandingan Sifat Optis Aktif Larutan Gula dan Garam Dalam Medan Listrik Luar Menggunakan Laser Dioda*. Jurnal. Semarang: Undip.

Gerthsen, Christian, dkk. 1996. Terjemahan oleh Musbach. *Listrik Magnet dan Optik*. Jakarta: Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa.

Kristi, Julia; Handayani, Nita dan Yuliati, Anis. 2012. *Pengaruh Kualitas VCO (Virgin Coconut Oil) terhadap nilai Konstanta Kerr dan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah. Jogjakarta: Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan.

Kusuma, Firdausi, dan Budi. 2006. *Studi Sifat Elektrooptis Pada Kaca Akuarium, Kaca Preparat dan Akrilik*. Jurnal berkala fisika, 9 (2): 81-84.

Pedrotti, Frank L. & Pedrotti, Leno S. 1993. *Introduction of Optics Second Edition*. United States of America: Prentice-Hall, Inc.

Priyono, Firdausi, Wardaya, Azam, Marhaendrajaya, Budi. 2005. *Studi Awal Sifat Optis Taklinier Larutan Garam Dalam medan Magnet Luar*. Jurnal SainsMateri Indonesia, 7 (1): 83-87.

Ralp, F. J. and Joan, F. S. 1986. *Kimia Organik Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.

Ratnayani, Adhi, dan Gitadewi. 2008. *Penentuan Kadar Glukosa dan Fruktosa Pada Madu Randu dan Madu Kelengkeng dengan metode kromatografi Cair Kinerja Tinggi*. Jurnal Kimia, 2 (2): 77-86.

Sukarsono, Marhaendrajaya, Firdausi. 2008. *Studi Efek Kerr Untuk Pengujian Tingkat Kemurnian Aquades, Air PAM dan Air Sumur*. Jurnal berkala fisika, 11 (1): 9-18.