



**UJI KANDUNGAN GULA SUKROSA DALAM SIRUP KEMASAN
MENGUNAKAN METODE EFEK KERR BERTEGANGAN TINGGI
SEARAH**

SKRIPSI

Oleh:
Veny Yashinta Anwar
NIM 101810201029

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**UJI KANDUNGAN GULA SUKROSA DALAM SIRUP KEMASAN
MENGUNAKAN METODE EFEK KERR BERTEGANGAN TINGGI
SEARAH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar sarjana Sains

Oleh:
Veny Yashinta Anwar
NIM 101810201029

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibunda Dwi Suryani S.Pd dan Ayahanda Drs. Mochamad Anwariana;
2. Adikku Vendhika Nur Avanda;
3. teman-temanku mahasiswa Jurusan Fisika angkatan 2010;
4. guru-guruku sejak taman kanan-kanak hingga perguruan tinggi;
5. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
6. motivator dan inspiratorku Cho Kyuhyun, Lee Jinki dan SHINee (*my motivator and inspirator Cho Kyuhyun, Lee Jinki and SHINee*).

MOTTO

Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah. *)

Barangsiapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan itu adalah untuk dirinya sendiri. **)

Belajar itu sejak kelahiran dan berakhir pada kematian. Orang-orang yang efektif akan selalu berusaha menjadi lebih baik. ***)

-
- *) Thomas Alva Edison
 - **) Terjemahan Qs. Al-‘Ankaboot: 6
 - ***) D.A Benton

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Veny Yashinta Anwar

NIM : 101810201029

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Uji Kandungan Gula Sukrosa Dalam Sirup Kemasan Menggunakan Metode Efek Kerr Bertegangan Tinggi Searah” adalah benar-benar karya ilmiah antara dosen pembimbing dan saya selaku mahasiswa, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Desember 2015
Yang menyatakan,

Veny Yashinta Anwar
NIM 101810201029

SKRIPSI

**UJI KANDUNGAN GULA SUKROSA DALAM SIRUP KEMASAN
MENGUNAKAN METODE EFEK KERR BERTEGANGAN TINGGI
SEARAH**

Oleh

Veny Yashinta Anwar
NIM 101810201029

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Artoto Arkundato S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Uji Kandungan Gula Sukrosa Dalam Sirup Kemasan Menggunakan Metode Efek Kerr Bertegangan Tinggi Searah” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember Pada:

hari :
tanggal :
tempat : Fakultas MIPA Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Misto M.Si
NIP. 195911211991031002

Dr. Artoto Arkundato S.Si, M.Si
NIP. 196912251999031001

Anggota 1,

Anggota 2,

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi M.Sc, Ph.D
NIP. 196203111987021001

Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si
NIP. 197412152002121001

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Kusno DEA, Ph.D
NIP. 196101081986021001

RINGKASAN

Uji Kandungan Gula Sukrosa Dalam Sirup Kemasan Menggunakan Metode Efek Kerr Bertegangan Tinggi Searah; Veny Yashinta Anwar, 101810201029; 2015; 53 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Gula adalah sukrosa, suatu karbohidrat yang terkandung dalam setiap buah dan sayuran. Penggunaan gula sudah menjadi sangat umum dalam masyarakat sehingga menciptakan berbagai olahan varian gula. Salah satu olahan gula yang cukup populer adalah sirup. Sirup merupakan campuran air, gula, perasa buah dan tambahan bahan pangan lainnya. Berdasarkan ketentuan Standart Industri Indonesia (SII) dan Standart Nasional Indonesia (SNI) tahun 2009, salah satu standar sirup dengan mutu yang baik adalah dari banyaknya jumlah gula yang digunakan. Semakin banyak gula yang digunakan, semakin pekat larutan sirup tersebut dan kualitasnya pun semakin baik. Jumlah sukrosa yang digunakan oleh setiap produsen adalah berbeda-beda, bahkan tidak jarang produsen yang menambahkan bahan lainnya seperti pemanis buatan untuk mengurangi biaya produksi.

Gula (sukrosa) merupakan molekul polar yang mana saat dikenai medan listrik yang terjadi adalah polarisasi atom yang sifatnya lebih lemah daripada polarisasi molekul yang terjadi pada molekul polar (fruktosa dan glukosa). Dengan sifat sukrosa yang demikian, maka dapat digunakan metode efek Kerr untuk menguji kandungan sukrosa dalam sirup. Karena sukrosa merupakan molekul non polar, saat dikenai medan listrik akan menghasilkan nilai konstanta Kerr (K) yang kecil. Semakin kecil konstanta Kerr (K) yang dihasilkan menandakan bahwa medium (sirup) memiliki molekul non polar yang lebih banyak.

Sukrosa merupakan suatu zat optik aktif yang dapat memutar bidang polarisasi cahaya yang melewatinya. Sudut bidang polarisasi ini digunakan untuk mengukur kadar sukrosa dalam larutan. Sehingga metode yang dapat digunakan pada penelitian ini adalah metode fotometer. Jika bidang polarisasi berputar, maka fotometer akan menerima intensitas cahaya yang lebih besar dari intensitas minimum.

Intensitas minimum dapat diperoleh kembali dengan cara memutar analisator menjadi tegak lurus dengan polarisator. Dengan demikian akan dapat ditentukan besar sudut pergeseran analisator sebagai sudut polarisasi.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sirup yang umum ada dipasaran dengan merk A, merk merk B, merk C dan merk D. Namun untuk dapat menghasilkan pola interferensi, sirup tidak dapat langsung diamati karena memiliki viskositas yang cukup tinggi (pekat). Sehingga perlu diencerkan menggunakan aquades. Aquades digunakan karena tidak akan mempengaruhi parameter yang diukur. Ketika aquades dikenai medan listrik luar (E), nilai sudut polarisasi aquades menjadi nol. Hal ini dikarenakan dipol-dipol listrik tidak memiliki simpangan rata-rata yang dapat mempengaruhi arah getaran vektor listrik dari gelombang yang terpolarisasi secara linear.

Untuk dapat mengetahui sifat *reversibilitas* bahan, dalam penelitian ini dilakukan pengukuran dengan menggunakan peningkatan medan listrik dan penurunan medan listrik. Dari hasil analisis dan pembahasan, diketahui bahwa nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) semakin bertambah seiring dengan peningkatan medan listrik yang digunakan, dan semakin berkurang seiring dengan penurunan medan listrik yang digunakan. Konsentrasi sirup juga berpengaruh terhadap nilai konstanta Kerr (K). Semakin besar konsentrasi sirup, maka nilai konstanta Kerr (K) juga semakin besar.

Dalam penelitian ini diperoleh koefisien Kerr (K) yang paling kecil (dengan jumlah sukrosa paling banyak) diperoleh sirup kemasan merk C, baik pada saat diberikan peningkatan medan listrik maupun saat penurunan medan listrik. Konstanta Kerr (K) yang diperoleh adalah sebesar $(4,83918 \pm 0,25) \times 10^{-04}$ m/volt² saat diberikan peningkatan medan listrik dan $(4,82028 \pm 0,27) \times 10^{-04}$ m/volt² saat diberikan penurunan medan listrik. Sedangkan konstanta Kerr paling besar diperoleh sirup kemasan merk D dengan nilai sebesar $(3,84036 \pm 0,19) \times 10^{-02}$ m/volt² saat diberikan penambahan medan listrik dan $(3,76506 \pm 0,09) \times 10^{-02}$ m/volt² saat diberikan penurunan medan listrik. Hasil tersebut diperoleh pada saat konsentrasi sirup 30%.

PRAKATA

Segala puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala karunia, rahmat dan hidayah yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Uji Kandungan Gula Sukrosa Dalam Sirup Kemasan Menggunakan Metode Efek Kerr Bertegangan Tinggi Searah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Misto M.Si., selaku dosen pembimbing utama, Dr. Artoto Arkundato S.Si, M.Si., selaku dosen pembimbing anggota I, Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi M.Sc, Ph.D, selaku dosen penguji I dan Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si., selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Ibunda Dwi Suryani S.Pd, Ayahanda Drs. Mochamad Anwariana, Adikku Vendhika Nur Avanda, Bapak Misidi, Mbok Marsiti dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan motivasi kepadaku;
3. Prof. Drs. Agus Subekti M.Sc.,Ph.D dan Dr. Edy Supriyanto S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan selama masa study;
4. Pak Taufik selaku teknisi laboratorium Optoelektronika dan Fisika Modern dan Pak Edy Sutrisno yang turut membantu selama penelitian;
5. teman-temanku NAWVILS, Nurul Qomariyah S.Si, Anik Umi Arifah S.Si, Winda Aprita Mayasari S.Si, Chumaimah, Lilik Jaswati S.Si, Syafrilia Ryan FA S.Si, Ulin Nurviana S.Si, Rivaatul Imama S.Si, Siti Istiqomah, Faikhatul Hasanah, Fanny Hidayat Putri dan semua teman-teman Fisika angkatan 2010;

6. Tyas Dyah Fatmawati S.E, Haruma Fitria Indriawati Amd.RM, Binti Musyafa Ahmad Eonnie yang senantiasa menjadi teman melepas penat;
7. semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Besar harapan penulis bila segenap pembaca memberikan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kita semua. Amin.

Jember, 22 Desember 2015

Penulis

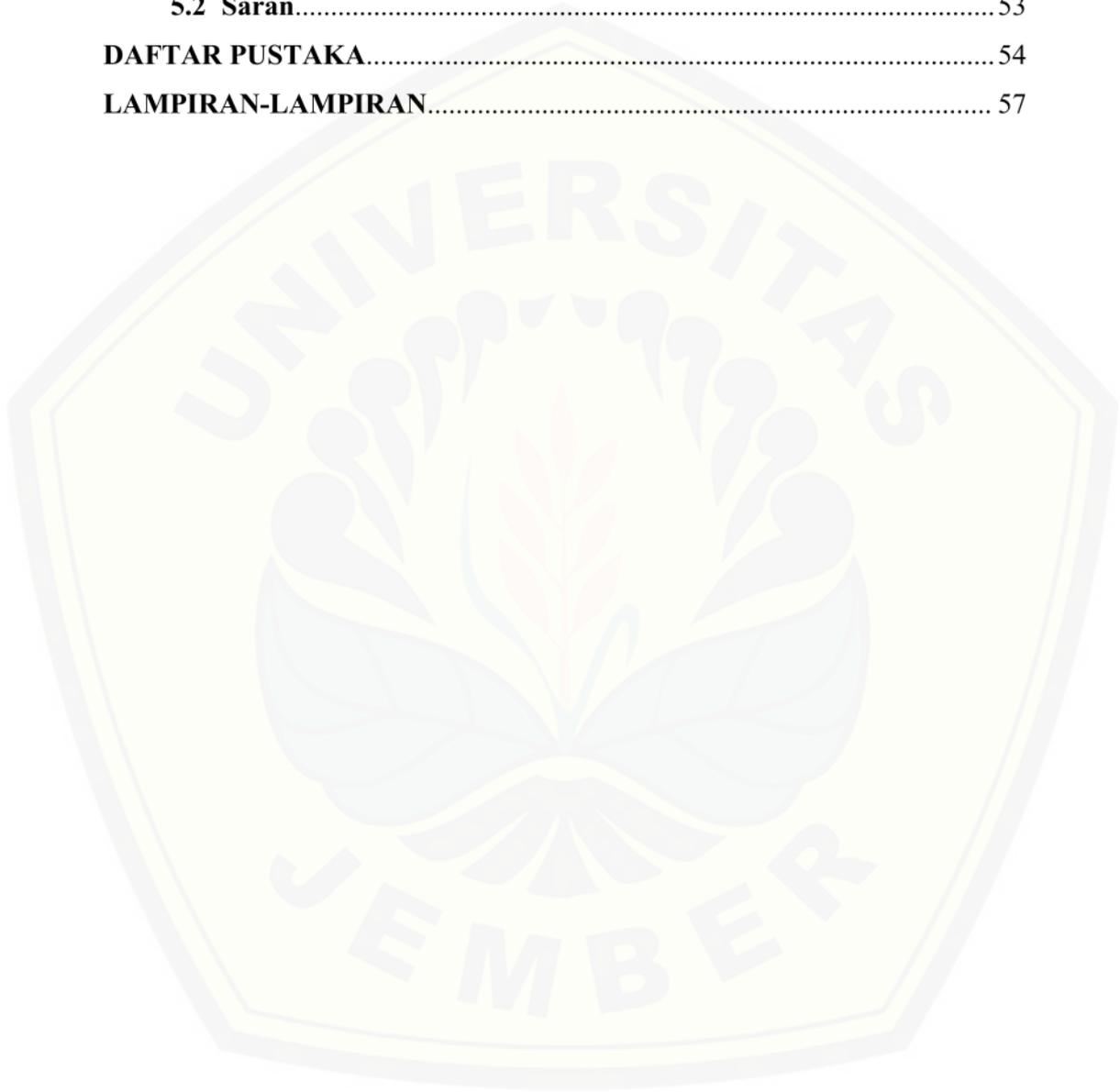
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMA PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gula	5
2.2 Sirup	5
2.1.1 Pengertian Sirup.....	5
2.1.2 Kualitas Sirup.....	6
2.3 Polarisasi Cahaya	9
2.4 Aktivitas Optik	10

2.5 Indeks Bias	11
2.6 Efek Kerr	12
2.7 Laser He-Ne	15
2.8 Photometer	17
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	19
3.2.1 Alat Penelitian.....	19
3.2.2 Bahan Penelitian.....	20
3.3 Tahap Penelitian	20
3.3.1 Tahap Penentuan Bahan.....	21
3.3.2 Tahap Persiapan.....	21
3.3.3 Kalibrasi Alat Penelitian.....	22
3.3.4 Tahap Perlakuan Bahan.....	22
3.3.5 Tahap Perlakuan Medan Listrik.....	23
3.3.6 Tahap Penyusunan Alat Penelitian.....	24
3.3.7 Tahap Pengambilan Data.....	24
3.4 Analisis Data	25
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Penelitian dan Analisis Data	29
4.1.1 Hasil Pengukuran Kalibrasi.....	29
a. Pengukuran Intensitas Fotometer Sebagai Fungsi Konsentrasi Sukrosa.....	29
b. Pengukuran nilai (α).....	31
4.1.2 Hasil Pengukuran Kenaikan dan Penurunan Medan Listrik (E) terhadap Nilai Intensitas (I) pada layar fotometer.....	31
4.1.3 Hasil Perhitungan Nilai Koefisien Kerr (K) pada Setiap Konsentrasi dari Empat Merk Sirup Kemasan.....	44
4.2 Pembahasan	47

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN-LAMPIRAN	57



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1.1 Nutrisi yang terkandung dalam satu sendok teh pemanis karbohidrat.....	5
2.2.1 Syarat kandungan bahan-bahan dalam sirup.....	7
2.2.2 Informasi nilai gizi sirup kemasan per 100 gram.....	8
4.1 Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi peningkatan medan listrik (E) pada konsentrasi 5% dari keempat merk sirup kemasan.....	32
4.2 Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai Fungsi penurunan medan listrik (E) pada konsentrasi 5% dari keempat merk sirup kemasan.....	33
4.3 Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi peningkatan medan listrik (E) pada konsentrasi 10% dari keempat merk sirup kemasan.....	34
4.4 Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai Fungsi penurunan medan listrik (E) pada konsentrasi 10% dari keempat merk sirup kemasan.....	35
4.5 Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi peningkatan medan listrik (E) pada konsentrasi 15% dari keempat merk sirup kemasan.....	36
4.6 Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi penurunan medan listrik (E) pada konsentrasi 15% dari keempat merk sirup kemasan.....	37

4.7	Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi peningkatan medan listrik (E) pada konsentrasi 20% dari keempat merk sirup kemasan.....	38
4.8	Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi penurunan medan listrik (E) pada konsentrasi 20% dari keempat merk sirup kemasan.....	39
4.9	Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi peningkatan medan listrik (E) pada konsentrasi 25% dari keempat merk sirup kemasan.....	40
4.10	Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi penurunan medan listrik (E) pada konsentrasi 25% dari keempat merk sirup kemasan.....	41
4.11	Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi peningkatan medan listrik (E) pada konsentrasi 30% dari keempat merk sirup kemasan.....	42
4.12	Nilai ralat grafik untuk hubungan nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) sebagai fungsi penurunan medan listrik (E) pada konsentrasi 30% dari keempat merk sirup kemasan.....	43
4.13	Nilai koefisien Kerr (K) pada masing-masing sirup kemasan untuk delapan konsentrasi yang berbeda saat mengalami peningkatan medan listrik.....	44
4.14	Nilai koefisien Kerr (K) pada masing-masing sirup kemasan untuk delapan konsentrasi yang berbeda saat mengalami penurunan medan listrik.....	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema untuk metode Efek Kerr.....	12
2.2 Grafik perubahan sudut polarisasi cahaya terhadap konsentrasi tanpa medan listrik luar dengan arah E laser 0°	13
2.3 Diagram skematis laser He-Ne.....	16
2.4 Laser He-Ne.....	17
2.5 Photometer PASCO OS 8020 dengan <i>probe fiber optic</i>	18
3.1 Diagram alir tahap-tahap penelitian.....	20
3.2 Skema pembuatan sel Kerr.....	21
3.3 Desain Alat Penelitian.....	24
3.4 Linearisasi grafik hubungan antara kenaikan kuadrat tegangan terhadap perubahan fase ($\Delta\Phi$).....	25
4.1 Grafik hubungan antara intensitas cahaya dengan sudut polarisasi dari konsentrasi 5%-30% sukrosa standart.....	30
4.2 Grafik hubungan kadar sukrosa standart dengan sudut polarizer maksimum....	30
4.3 Grafik hubungan antara peningkatan medan listrik (E) terhadap nilai intensitas (lux) untuk wadah sampel tanpa terisi larutan.....	31
4.4 Grafik hubungan antara peningkatan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 5%.....	32
4.5 Grafik hubungan antara penurunan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 5%.....	33
4.6 Grafik hubungan antara peningkatan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 10%.....	34

4.7 Grafik hubungan antara penurunan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 10%.....	35
4.8 Grafik hubungan antara peningkatan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 15%.....	36
4.9 Grafik hubungan antara penurunan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 15%.....	37
4.10 Grafik hubungan antara peningkatan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 20%.....	38
4.11 Grafik hubungan antara penurunan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 20%.....	39
4.12 Grafik hubungan antara peningkatan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 25%.....	40
4.13 Grafik hubungan antara penurunan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 25%.....	41
4.14 Grafik hubungan antara peningkatan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 30%.....	42
4.15 Grafik hubungan antara penurunan medan listrik (E) terhadap nilai perubahan fase ($\Delta\Phi$) pada konsentrasi 30%.....	43
4.16 Grafik hubungan antara kenaikan konsentrasi (%) sirup kemasan dengan nilai konstanta Kerr (K) saat mengalami peningkatan medan listrik.....	45
4.17 Grafik hubungan antara kenaikan konsentrasi (%) sirup kemasan dengan nilai konstanta Kerr (K) saat mengalami penurunan medan listrik.....	46

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, konsumsi terhadap gula dan produk olahannya sudah menjadi hal yang sangat umum terjadi dalam masyarakat. Salah satu dari produk olahan gula yang sangat populer adalah sirup. Sirup merupakan larutan yang terbuat dari campuran air, gula, perasa buah dan beberapa tambahan pangan seperti pemanis buatan yang bertujuan untuk menghambat pertumbuhan mikroba dan membuat sirup menjadi lebih tahan lama saat disimpan (Simatupang, 2009). Tidak jarang untuk mengurangi biaya produksi biasanya produsen juga menggunakan pemanis buatan. Pemanis buatan sendiri merupakan bahan tambahan pangan yang dapat memberikan rasa manis pada makanan.

Pemanis buatan memiliki jumlah kalori yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan gula murni, dan jika dikonsumsi dalam jangka panjang dapat menimbulkan dampak negatif untuk konsumen (Suprapti, 2005). Dalam penelitian kesehatan, penggunaan pemanis buatan seperti sakarin secara berlebihan ataupun dalam jangka panjang akan dapat merusak organ tubuh. Untuk melindungi hal ini, pemerintah telah memberikan pedoman penggunaan komposisi untuk sirup.

Selain pemanis buatan terdapat juga produsen yang menambahkan pengawet dalam sirup buatanya. Padahal gula dalam konsentrasi tinggi secara alami juga berfungsi sebagai pengawet makanan. Tidak semua produsen menambahkan pemanis buatan, namun tetap saja peredaran sirup dengan kualitas rendah sangat merugikan konsumen. Oleh karena perlu dilakukan uji kemurnian sirup kemasan yang salah satu caranya berdasarkan pada kadar gula yang terkandung didalam sirup kemasan tersebut. Menurut SNI 01-2892-1992, terdapat beberapa metode atau cara yang digunakan untuk menguji kandungan gula. Metode yang umum digunakan adalah metode Luff Schoorl dan metode Lane Eynon. Kedua metode tersebut merupakan

metode yang digunakan untuk menguji kandungan gula secara kimiawi. Pada penelitian tugas akhir ini akan dilakukan pengujian kandungan gula (sukrosa) menggunakan fenomena efek Kerr pada bahan yang dikenai listrik bertegangan tinggi.

Efek Kerr merupakan suatu fenomena elektro-optik yang didasarkan pada fenomena bias ganda dan polarisasi cahaya yang melewati bahan jika bahan dikenai pengaruh medan listrik. Efek ini banyak digunakan untuk menguji tingkat kemurnian *nitrobenzene* (Knudsen, 1975). Namun *nitrobenzene* merupakan senyawa yang sangat beracun, sehingga saat ini efek Kerr lebih banyak diusahakan untuk dapat menguji bahan dielektrik lainnya yang lebih aman (Phywe, Tanpa tahun).

Pengujian dengan metode efek Kerr ini menggunakan medan listrik tegangan tinggi. Salah satu komponen alat yang digunakan pada sistem ini adalah wadah kaca yang diisi dengan material optik aktif dan diberi medan listrik sangat kuat. Wadah kaca ini kemudian disebut sebagai Sel Kerr. Sel Kerr merupakan suatu transduser elektrooptik yang karakteristik optiknya sangat bergantung pada medan listrik yang digunakan (Hussain, *et al.*, 2013). Sedangkan material optik aktif yang digunakan pada penelitian ini adalah sirup dengan varian rasa yang sama (*cocopandan*) dan diproduksi oleh empat produsen yang berbeda.

Penelitian dengan metode yang sama juga pernah dilakukan di Universitas Diponegoro oleh Perwiranti, *et al* (1999) yang membandingkan sifat optis larutan gula dan larutan gliserin. Dari penelitian tersebut diketahui bahwa pada saat larutan diberikan medan listrik luar yang cukup kuat, akan terjadi perubahan sudut polarisasi yang cukup besar. Pada saat konsentrasi larutan semakin pekat, sudut polarisasi juga semakin bertambah besar.

Berkas laser yang saling berinteraksi akan menghasilkan pola interferensi. Tidak hanya itu, gelombang juga akan berinteraksi dengan medium yang dilaluinya (Ernawati, *et al.*, 2006). Untuk menghasilkan suatu pola interferensi, sirup tidak dapat langsung diamati karena memiliki viskositas yang cukup besar (pekat) sehingga perlu diencerkan menggunakan air. Air yang digunakan sebagai pelarut adalah aquades. Aquades merupakan air murni dengan komposisi molekul diasumsikan hanya H₂O.

Sehingga yang akan mendapat pengaruh medan listrik luar hanya molekul-molekul H₂O sebagai dipol-dipol listrik (Sukarsono, *et al.*, 2008).

Kadar gula atau sukrosa dalam suatu larutan dapat diperoleh dari sifat optik aktif larutan tersebut. Sifat optik aktif merupakan kemampuan bahan untuk dapat memutar bidang polarisasinya (Mutmainah, *et al.*, 2013). Sukrosa merupakan suatu zat optik aktif yang mengandung molekul non polar yang dapat memutar bidang polarisasi cahaya yang melewatinya. Sudut bidang polarisasi dapat digunakan untuk mengukur kadar sukrosa suatu larutan karena nilainya sebanding dengan kadar sukrosa dalam larutan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada uraian dalam latar belakang, rumusan masalah yang dimunculkan dalam penelitian ini adalah tentang bagaimanakah tingkat kualitas sirup kemasan berdasarkan kandungan gula sukrosa yang diuji menggunakan metode efek Kerr?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm.
2. Sirup kemasan yang digunakan berasal dari empat produsen yaitu produsen A, produsen B, produsen C dan produsen D dengan varian rasa *cocopandan*.
3. Sel Kerr yang digunakan sebagai wadah sampel memiliki panjang 10 cm dan terbuat dari kaca tipis dengan sifat dielektrik dan efek pembiasan yang dapat diabaikan.
4. Medan listrik yang digunakan memiliki rentang 300V hingga 1800V dengan masing-masing kenaikan tegangan yang diaplikasikan sebesar 300V.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh medan listrik (E) terhadap perubahan fase ($\Delta\phi$) pada keempat *sample* sirup kemasan dari variasi enam konsentrasi.
2. Mengetahui kualitas sirup kemasan berdasarkan kandungan gula sukrosa dengan menggunakan metode efek Kerr bertegangan tinggi searah.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini yaitu dapat menentukan kualitas sirup kemasan di pasaran dengan pengujian yang cukup akurat menggunakan metode efek Kerr. Selain itu, dari hasil penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan referensi untuk penelitian lanjutan baik tentang metode Efek Kerr maupun tentang kemurnian atau kadar gula sirup kemasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gula

Menurut *the sugar association* (2013) gula adalah sukrosa, karbohidrat yang terkandung dalam setiap buah dan sayuran. Gula dibagi menjadi dua golongan, yaitu monosakarida dan disakarida. Monosakarida merupakan gula dengan satu molekul, contohnya glukosa, fruktosa dan galaktosa. Disakarida merupakan gabungan dua monosakarida yang menjadi satu, seperti sukrosa yang merupakan gabungan dari glukosa dan fruktosa, laktosa yang merupakan gabungan dari glukosa dan galaktosa, dan maltosa yang merupakan gabungan dari glukosa dan glukosa.

Gula seperti halnya pemanis lainnya merupakan karbohidrat yang merupakan nutrisi penting untuk menyuplai energi pada tubuh. Nutrisi yang terkandung dalam satu sendok teh pemanis karbohidrat disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1.1 Nutrisi yang terkandung dalam satu sendok teh pemanis karbohidrat

Komponen	Gula* (4 gram)	Madu* (7 gram)	Sari Tebu* (4 gram)
Kalori	15	20	15
Lemak (g)	0	0	0
Sodium (mg)	0	0	0
Total karbohidrat (g)	4	6	3
Gula (g)	4	6	3
Protein (g)	0	0	0

*sumber tidak signifikan untuk kalori dari lemak, lemak tersaturasi, kolesterol, vitamin A, vitamin C, kalsium dan zat besi.

Sumber: *the sugar association*, 2013.

2.2 Sirup

2.2.1 Pengertian Sirup

Secara sederhana sirup merupakan campuran dari air dan gula (Simatupang, 2009). Menurut SNI (2009), sirup merupakan suatu larutan gula pekat dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan makanan lainnya yang diijinkan. Sedangkan

Cruess dalam Marta (2007) menyatakan bahwa sirup adalah produk yang dibuat dengan cara melarutkan gula tebu atau sirup jagung, atau kombinasi keduanya dalam air, dengan memberikan tambahan bahan penambah cita rasa pada larutan tersebut. Dan dalam perkembangannya, sirup telah diolah menjadi berbagai varian rasa yang semakin menarik konsumen. Varian rasa ini dapat diperoleh dari penggunaan buah-buah segar maupun sintesis. Beberapa buah segar yang sering digunakan dalam pembuatan sirup diantaranya adalah pala, pisang, jambu biji, mangga, sirsak, wortel, markisa, jahe, asam, dan lain-lain. Sirup buah dapat bertahan selama ± 3 bulan (Esti, 2000).

Menurut Satuhu dalam Marta (2007), sirup dibedakan kedalam tiga klasifikasi berdasarkan pada bahan baku pembuatannya, yaitu sirup esens, sirup glukosa, dan sirup buah-buahan. Sesuai dengan namanya, sirup esens merupakan sirup yang dibuat dengan tambahan esens. Sirup glukosa terbuat dari campuran air dan gula saja tanpa adanya tambahan rasa lainnya. Sedangkan sirup buah-buahan terbuat dari campuran air, glukosa, dan ekstrak buah untuk menambah rasa. Menurut AFRC Institute of Food Research (1989), sirup buah merupakan suatu produk makanan yang terbuat dari sari buah yang telah disaring dan ditambahkan dengan pemanis yaitu gula.

Untuk membuat sirup buah diperlukan 2 kali tahapan, yang pertama adalah membuat sari buah dan selanjutnya pembuatan sirup gula (Tressler, *et al.* 1976). Sirup buah memiliki padatan terlarut dengan total 65° Brix. Hal ini berarti sirup buah tidak dapat secara langsung dikonsumsi namun harus diencerkan terlebih dahulu (Goel, 1975).

2.2.2 Kualitas Sirup

Standart kualitas sirup yang telah dikeluarkan oleh departemen perindustrian adalah sebagai berikut:

1. Kualitas pertama mengandung kadar gula setidaknya 65%,

2. Kualitas kedua mengandung kadar gula yang berkisar antara 60% hingga 65%, dan
3. Kualitas ketiga mengandung kadar gula yang berkisar antara 55% hingga 60%. Kandungan kadar gula dalam sirup diatas telah ditetapkan berdasarkan pada Standart Industri Indonesia (SII).

Kualitas sirup sangat bergantung pada jumlah konsentrasi gula yang terkandung didalamnya. Dengan adanya produsen yang menambahkan pemanis buatan seperti sakarin maupun siklomat, kualitas sirup akan berkurang. Disamping itu sakarin dan siklomat juga memberikan dampak yang buruk untuk tubuh konsumen. Beberapa hal lain yang dapat mempengaruhi kualitas sirup antara lain:

1. Kualitas bahan baku yang digunakan juga sangat menentukan kualitas sirup,
2. Cita rasa dan aroma sirup akan menunjukkan tingkat keasliannya,
3. Apabila terdapat endapan di dasar kemasan akan terlihat kurang higienis ataupun telah rusak (kadaluarsa), dan
4. Kemasan produk yang baik akan memberikan kesan sirup juga dibuat dengan baik.

Dalam tabel dibawah ini akan ditunjukkan syarat kandungan bahan-bahan dalam sirup.

Tabel 2.2.1 Syarat kandungan bahan-bahan dalam sirup berdasarkan SNI 01-3544-1994:

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan: Aroma Rasa	- - -	Normal Normal
2.	Jumlah gula (dihitung sebagai sakarosa)	%(b/b)	Min 65
3.	Bahan tambahan makanan: Pemanis buatan Pewarna tambahan Pengawet	- - -	Tidak boleh ada Sesuai SNI 01-0222-1995 Sesuai SNI 01-0222-19995
4.	Cemaran logam: Timah (Pb) Tembaga (Cu) Seng (Zn)	mg/kg mg/kg mg/kg	Maks 1,0 Maks 10 Maks 25
5.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks 0,5

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
6.	Cemaran Mikroba:		
	Angka lempeng total	Koloni/ml	Maks 5×10^2
	Coliform	APM/ml	Maks 20
	E.coli	APM/ml	< 3
	Salmonella	Koloni/25n	Negatif
	S.aureus	Koloni/ml	0
	Vibrio Cholera	Koloni/ml	Negatif
	Kapang	Koloni/ml	Maks 50
	Khamir	Koloni/ml	Maks 50

Sumber: Dewan Standarisasi Nasional (1994koloni/ml)

Kadar gula selain dapat menentukan kualitas sirup juga dapat untuk menentukan lamanya penyimpanan. Gula dalam konsentrasi tinggi selain berfungsi sebagai pemanis juga berfungsi sebagai pengawet alami. Sehingga meskipun sirup tidak menggunakan pengawet buatan sebenarnya sudah bisa disimpan dalam jangka waktu cukup lama (Suprpti, 2005).

Informasi nilai gizi sirup kemasan secara umum dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2.2 Informasi nilai gizi sirup kemasan per 100 gram

Jenis Kandungan	Jumlah
Energi total	213 kkal
Protein	0 gram
Lemak	0 gram
Karbohidrat	55 gram
Kalsium	0 mg
Fosfor	0 mg
Zat besi	0 mg
Vitamin A, B1, C	0 IU

Sumber: Publikasi Kementerian Kesehatan Republik Indonesia

Dengan mengetahui kualitas mikrobiologis yang terkandung didalam suatu bahan makanan contohnya sirup, akan dapat diketahui batas penyimpanan dari produk makanan tersebut, atau yang lebih umum dikenal dengan batas kadaluarsa. Kualitas mikrobiologis suatu bahan makanan dipengaruhi oleh jumlah dan jenis dari

mikroorganisme yang terdapat dalam bahan makanan tersebut (Bukle, 1987). Jenis dan jumlah bakteri yang baik untuk suatu produk makanan ini telah diatur oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM).

2.3 Polarisasi Cahaya

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang transversal. Disebut transversal karena arah osilasinya tegak lurus dengan arah propagasi. Polarisasi adalah perubahan arah getar cahaya yang hanya menjadi satu arah getar saja. (Surbanescu, R., 2009).

Polarisasi dibagi menjadi tiga, yaitu polarisasi linier atau polarisasi bidang, polarisasi eliptis, dan polarisasi lingkaran. Gelombang dikatakan terpolarisasi linier atau bidang ketika memiliki arah getar pada satu bidang datar saja. Gelombang terpolarisasi eliptis terjadi ketika memiliki amplitudo yang tidak selalu sama besar dan arah medan yang berubah-ubah. Sedangkan gelombang yang terpolarisasi lingkaran cukup mirip dengan gelombang yang terpolarisasi eliptis, hanya saja amplitudonya selalu tetap. Polarisasi lingkaran dan eliptis terjadi saat dua gelombang yang memiliki amplitudo sama mengalami superposisi. Untuk mengetahui suatu gelombang terpolarisasi atau tidak digunakan alat yang bernama Analisator. Sedangkan untuk membuat gelombang dapat terpolarisasi secara linier digunakan Polarizator (Sarojo, 2011).

Sebagian besar cahaya terpancarkan sebagai cahaya tidak terpolarisasi yang terdiri dari banyak gelombang dengan arah osilasi yang benar-benar acak. Cahaya dapat terpolarisasi ketika melewati polarisator. Polarizator diciptakan oleh E.H. Land pada tahun 1933 (Surbanescu, R., 2009). Polarizator hanya dapat meneruskan cahaya yang pada satu arah tertentu, sementara cahaya dengan arah lain akan diserap. Dengan kata lain polarizer juga disebut sebagai *filter*.

Jika dua buah elemen polarisasi diletakkan pada rangkaian, elemen polarisasi pertama disebut sebagai polarizer dan elemen polarisasi kedua disebut sebagai

analyzer. Pada saat polarizer dan analyzer membentuk sudut $\theta = 90^\circ$, tidak ada cahaya yang dapat terpolarisasi (Walker, *et al.*, 2005).

2.4 Aktivitas Optik

Pada saat cahaya terpolarisasi datang membawa satu bentuk molekul asimetrik, bidang polarisasi akan terpolarisasi. Sifat ini disebut sebagai aktivitas optik. Hal ini dapat terjadi hanya jika molekul zat tersebut tidak simetris atau non linier (Harrison, 2001). Keadaan non linier umumnya diakibatkan oleh ketidak mampuan dipol dalam medium optik untuk dapat merespon secara linier medan listrik luar (E) yang datang. Dalam keadaan ini, elektron terluar yang berperan pada saat terjadinya polarisasi pada medium optik akibat adanya medan listrik luar (E) (Ernawati, *et al.*, 2006).

Jika medan listrik luar (E) yang mengenai bahan cukup kecil, maka akan diperoleh relasi linier antara polarisasi terhadap medan listrik. Namun, jika medan listrik luar (E) yang mengenai bahan cukup besar, maka sifat optis bahan seperti suseptibilitasnya akan menjadi fungsi yang non linier terhadap E (Perwiranti, *et al.*, 1999).

Beberapa bahan (seperti gula dan beberapa jenis kristal) memiliki indeks bias yang berbeda pada bagian kanan dan kiri cahaya yang terpolarisasi secara melingkar. Efek dari beberapa bahan pada cahaya yang terpolarisasi secara linier dapat di peroleh dengan cara memecahkan cahaya yang sama besar pada kanan dan kiri komponen cahaya terpolarisasi melingkar. Sehingga, aktivitas optik merupakan rotasi dari bidang polarisasi pada bidang cahaya terpolarisasi. Lebih kental medium, memiliki sudut polarisasi yang lebih baik. Beberapa gula berotasi pada bidang searah jarum jam, yang dideskripsikan sebagai *dextrorotatory*. Gula lain yang berputar berlawanan dengan arah jarum jam dideskripsikan sebagai *levorotatory*. Besarnya efek pada gula tersebut bergantung pada konsentrasi gula pada larutan (Harrison, 2001).

2.5 Indeks Bias

Indeks bias merupakan perbandingan cepat rambat gelombang elektromagnetik atau umumnya adalah cahaya pada ruang vakum dengan cepat rambat gelombang elektromagnetik pada medium. Secara matematis indeks bias dapat ditulis sebagai:

$$n = \frac{c}{v} = \sqrt{\frac{\epsilon \mu}{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- n : indeks bias
- c : cepat rambat gelombang elektromagnetik pada medium 1
- v : cepat rambat gelombang elektromagnetik pada medium 2
- $\frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \epsilon_r$: permitivitas relatif atau konstanta dielektrik, dan
- $\frac{\mu}{\mu_0} = \mu_r$: permeabilitas relatif.

Perbedaan cepat rambat gelombang pada ruang vakum dan pada medium ini disebabkan oleh gelombang elektromagnetik yang membentuk getaran dari atom ataupun molekul pada medium yang dilaluinya, sehingga terjadi hamburan gelombang yang memiliki panjang gelombang berbeda-beda. Beda fase pada gelombang sekunder dan gelombang asal mempengaruhi gelombang resultan, sehingga gelombang yang melalui medium berbeda akan memiliki cepat rambat yang berbeda pula (Sarojo, 2011).

Konsep indeks bias berhubungan dengan konsep pembiasan atau lebih umum dikenal dengan hukum Snellius. Hukum Snellius pertama menyatakan bahwa vektor gelombang datang, gelombang pantul dan gelombang transmisi pada bidang (yang disebut bidang datang), juga termasuk dalam permukaan normal. Hukum Snellius kedua atau disebut juga sebagai hukum pemantulan menyatakan bahwa sudut datang gelombang adalah sama dengan sudut refleksi atau sudut bias:

$$\theta_I = \theta_R \quad (2.2)$$

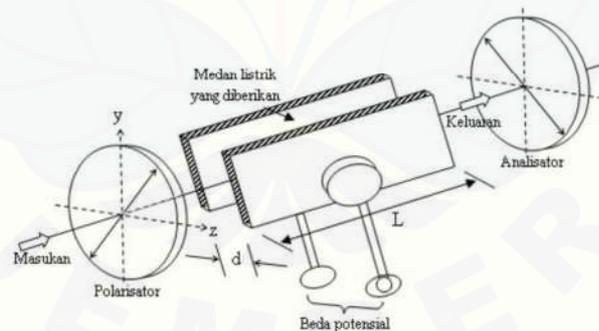
dengan θ_I merupakan sudut datang dan θ_R merupakan sudut refleksi. Sementara hukum Snellius ketiga atau hukum pembiasan menyatakan bahwa:

$$\frac{\sin \theta_T}{\sin \theta_I} = \frac{n_1}{n_2} \quad (2.3)$$

dengan θ_T merupakan sudut transmisi atau sudut bias, n_1 merupakan indeks bias medium pertama dan n_2 merupakan indeks bias medium kedua (Griffiths, 1999).

2.6 Efek Kerr

Pada saat bahan diletakkan pada medan listrik yang cukup kuat dan memiliki arah medan yang tegak lurus dengan arah berkas sinar datang, maka akan dapat terjadi fenomena efek Kerr. Pada efek Kerr, bahan akan mengalami refraksi ganda dan hal ini telah diteliti oleh John Kerr pada tahun 1875. Bahan dielektrik yang transparan atau dapat ditembus cahaya jika diberikan medan listrik luar akan mengalami deformasi dan perpindahan distribusi elektron dalam ion. Gejala polarisasi akan dapat terjadi jika momen dipole dapat terbentuk dan terus meningkat sesuai dengan meningkatnya medan listrik (\vec{E}) (Ernawati dkk, 2006).

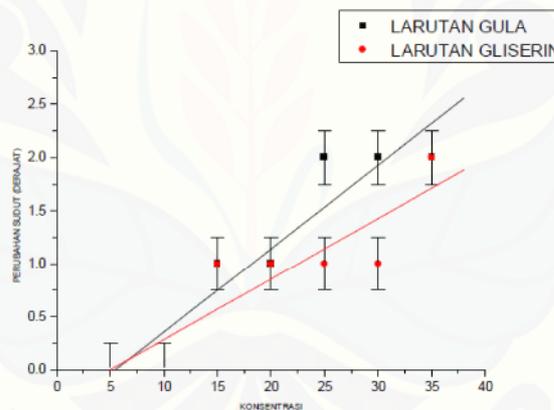


Gambar 2.1 Skema untuk metode Efek Kerr (Pedrotti, dalam Sukarsono, 2008)

Rossi dalam Sukarsono (2008) menyatakan bahwa medium yang akan diteliti diletakkan dalam sel Kerr kemudian ditempatkan diantara dua pelat logam dengan tegangan yang berbeda dan berada diantara polarizer dan analyzer seperti pada gambar 2.3. Cahaya yang ditembakkan melalui polarizer melewati sel Kerr dan analyzer, kemudian ditangkap oleh fotometer. Pada saat terjadi pemutaran bidang

polarisasi, maka fotometer akan menerima intensitas yang lebih besar dari intensitas minimum. Dengan memutar analyzer menjadi tegak lurus dengan polarizer, akan diperoleh intensitas minimum kembali dan akan diperoleh besar sudut pergeseran analyzer sebagai sudut polarisasi.

Saat bahan berada pada medan listrik yang kuat, maka bahan akan mengalami beberapa perubahan, seperti perubahan indeks bias dan perubahan arah getar cahaya yang disebabkan oleh interaksi medan listrik pada bahan dengan medan listrik pada laser. Dalam pengaruh medan listrik, bahan menunjukkan sifat kristal berporos tunggal dengan sumbu optik paralel dengan arah medan listrik. Ketika bahan diarahkan pada cahaya tidak terpolarisasi pada arah sumbu optik, polarisasinya tidak dapat berubah. Berkas cahaya tidak terpolarisasi ditransmisikan melalui bahan yang tidak akan terpolarisasi kembali.



Gambar 2.2 Grafik perubahan sudut polarisasi cahaya terhadap konsentrasi tanpa medan listrik luar dengan arah E laser 0° (Sumber: Perwiranti, dkk., 1999)

Pada gambar 2.4 menunjukkan bahwa tanpa pengaruh medan listrik luar sudah terjadi perubahan sudut polarisasi untuk tiga arah sudut laser yang berbeda. Pengamatan tersebut dilakukan pada larutan gula dan gliserin pada beberapa variasi konsentrasi. Perubahan sudut polarisasi ini terjadi karena adanya perubahan konsentrasi pada larutan gula dan larutan gliserin. Dari gambar diatas juga tampak

bahwa perubahan sudut pada larutan gula lebih besar daripada larutan gliserin (Perwiranti, dkk., 1999).

Kristi, *et al.*, (2012) menyatakan bahwa saat berkas cahaya yang memiliki panjang gelombang λ melewati suatu medium dengan indeks bias Δn , dan medium tersebut diberikan medan listrik sebesar E , maka akan terjadi bias ganda (*birefringence*). Hal ini dapat dirumuskan sebagai:

$$\Delta n = K E^2 \lambda \quad (2.4)$$

keterangan:

- Δn : indeks bias medium
- K : konstanta Kerr
- E : medan listrik luar
- λ : panjang gelombang sumber cahaya

Intensitas cahaya I yang diterima oleh detektor setelah melewati analyzer dapat diperoleh dari persamaan hukum Malus yang didefinisikan sebagai:

$$I = I_0 \cos^2 \Phi \quad (2.5)$$

dengan I merupakan intensitas maksimum pada saat cahaya melewati medium Kerr, I_0 merupakan intensitas maksimum cahaya tanpa melewati medium Kerr, dan ϕ merupakan sudut antara bidang polarisasi cahaya dengan sumbu optic pada analyzer (Hussain, *et al.*, 2013).

Menurut Lazarevic (2006), jika berkas laser tidak terpolarisasi menembus bahan pada sudut datang yang sesuai pada arah sumbu optik, cahaya yang ditransmisikan memiliki dua komponen terpolarisasi. Bidang polarisasi adalah saling tegak lurus satu sama lain. Beda fase antara komponen osilasi pada dua bidang tegak lurus adalah:

$$\Delta\phi = 2\pi K l E^2 \quad (2.6)$$

dengan:

- K : konstanta Kerr,
- l : rentang pengaruh medan listrik, dan
- E : medan listrik pada jarak l

Efek Kerr merupakan tipe efek elektro-optik kuadratik yang disebabkan oleh medan listrik terinduksi mengikuti molekul polar dalam medium optik isotropic. Biasanya terdapat pada *crystal* dengan titik grup sentro-simetrik (Taylor & Francis, 2010). Dalam eksperimen, dengan menggunakan tegangan yang lebih rendah akan memberikan hasil yang cukup baik, namun menjadi tidak begitu jelas untuk tegangan lebih tinggi yang diberikan pada sel Kerr (Knudsen, 1975).

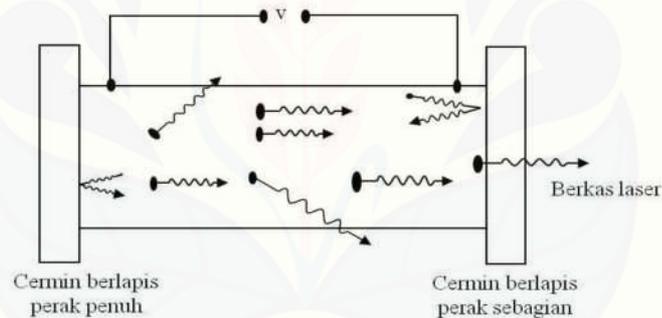
Sel Kerr merupakan suatu transduser elektrooptik yang karakteristik optiknya sangat tergantung pada medan listrik yang digunakan. Pada saat tidak ada medan listrik yang digunakan, tidak terjadi perubahan yang signifikan pada orientasi bidang polarisasi cahaya. Ukuran sel Kerr bergantung pada amplitudo pulsa yang ingin diukur (Hussain, *et al.*, 2013). Sel Kerr ini merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam pengujian efek Kerr. Desain sel Kerr yang digunakan dapat meminimalkan efek optik yang tidak diinginkan, khususnya yang disebabkan oleh lingkungan yang sama pada sinyal terukur. Untuk mencapai gangguan sinyal minimal, digunakan material dengan kualitas tinggi dan proses pemasangan yang hati-hati (Lazarevic, 2006).

2.7 Laser He-Ne

Konsep awal laser awalnya dicetuskan oleh Einstein pada tahun 1917 dengan mengungkapkan konsep “pancaran yang dirangsang” (*stimulated emission*). Meskipun demikian, bentuk laser yang lebih baik tercipta pada tahun 1960 dan kemudian mulai dikenalkan pada masyarakat luas (Resnick, 1999). Kata laser diperoleh dari penurunan kata “maser” yang berarti “*microwave amplification by stimulated emission of radiation*”. Berdasarkan dari identifikasi sifat fisik maser optik, “laser” berarti “*light amplification by stimulated emission of radiation*” (Meschede, 2004). Laser dibentuk dengan tujuan agar dapat menghasilkan berkas cahaya tampak yang memiliki intensitas tinggi, fase tetap (kohern) dan monokromatis (Muljono, 2003).

Jenis laser yang pertama kali dibuat adalah laser He-Ne (laser Helium-Neon). Laser ini merupakan yang paling sering digunakan dan merupakan bagian dari laser gas. Penggunaan laser He-Ne sebagian besar dalam skala laboratorium (Meschede, 2004).

Sesuai dengan namanya, laser He-Ne terbentuk dari campuran gas mulia helium dan neon, dengan persentase helium 90%. Kedua campuran gas tersebut kemudian dimasukkan dalam sebuah tabung yang dialiri arus dielektrik tertentu sehingga memaksa helium untuk bereksitasi pada energi sebesar 20,6 eV. Atom helium yang sudah tereksitasi kemudian membentuk atom neon. Sehingga energi eksitasi yang sebesar 20,6 eV yang dimiliki oleh helium akan berpindah menjadi milik neon, karena neon juga memiliki energi eksitasi 20,6 eV, dan atom helium akan kembali pada keadaan awalnya sebelum tereksitasi (Krane, 2008).



Gambar 2.3 Diagram skematis laser He-Ne (Sumber: Krane, 2008)

Energi keluaran laser He-Ne bervariasi mulai dari 0.5 mW hingga 50 mW, yang dihasilkan dari arus dan panjang tabung yang digunakan dengan daya yang dibutuhkan untuk dapat menyalakan laser mulai dari 10 hingga 100 Watt (Krane, 2008). Laser He-Ne beresilasi pada panjang gelombang 632,8 nm dan memiliki warna merah. Disamping itu, laser He-Ne juga dapat beresilasi pada panjang gelombang 543 nm dan menghasilkan warna hijau (Bahtiar, 2008).



Gambar 2.4 Laser He-Ne (Sumber: Pasco, 1980)

Sinar laser yang terjadi pada atom neon memiliki transisi yang sesuai dengan panjang gelombang 6328 \AA , 11523 \AA dan $3,39 \mu\text{m}$. Jumlah atom dalam keadaan konstan terjadi pada saat sistem berada pada kesetimbangan termal (Muljono, 2003).

2.8 Photometer

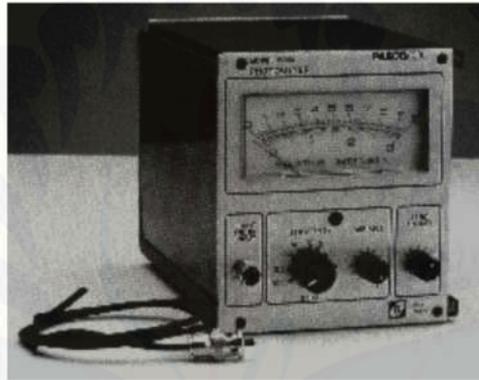
Rangkaian fotometer digunakan untuk mengukur intensitas sumber cahaya yang telah melewati polarizer dan analyzer. Intensitas yang didapatkan pada fotometer dalam satuan lux. Intensitas cahaya dideteksi oleh rangkaian fotometer pada keluaran analyzer. Variasi pada keluaran transmitans cahaya tergantung pada perbedaan dalam indeks bias yang diberikan oleh bahan pada dua komponen medan listrik. Perbedaan ini diberikan oleh:

$$\Delta n = \lambda K E^2 \quad (2.7)$$

dimana Δn adalah perubahan dalam indeks bias bahan, λ adalah panjang gelombang cahaya yang melalui medium, K adalah konstanta Kerr pada medium bias ganda dan E adalah medan listrik yang digunakan (Hussain *et al*, 2013).

Jika bidang polarisasi berputar, maka fotometer akan menerima intensitas cahaya yang lebih besar dari intensitas minimum. Intensitas minimum dapat diperoleh kembali dengan cara memutar analisator menjadi tegak lurus dengan polarisator. Dengan demikian akan dapat ditentukan besar sudut pergeseran analisator sebagai sudut polarisasi (Sukarsono dkk, 2008).

Dalam skala laboratorium, salah satu jenis photometer yang biasanya digunakan adalah photometer PASCO dengan tipe OS-8020. Photometer jenis ini memiliki intensitas relatif cahaya datang dengan pendekatan 0,1 – 1.000 lux. Photometer dapat digunakan dengan atau tanpa *probe* sebagai sensor. Ketika *probe* digunakan, cahaya harus jatuh secara langsung pada konektor cahaya masukan *probe*. Dalam keadaan ini, intensitas cahaya datang dapat dideteksi pada area yang sangat sempit (1 mm²). Photometer dengan sensitivitas paling tinggi adalah yang paling efektif digunakan untuk pengukuran intensitas relatif. Ketika digunakan *probe fiber optic*, maka hanya pengukuran relative yang dapat dibuat secara akurat.



Gambar 2.5 Photometer PASCO OS 8020 dengan *probe fiber optic* (Sumber: Pasco, 1990)

Pada fotometer terdapat beberapa komponen yang digunakan dalam mengukur intensitas cahaya. Pada tombol *sensitivity* terdapat variasi tentang seberapa sensitif fotometer dalam menerima cahaya datang. Nilainya bervariasi mulai dari yang paling sensitif pada angka 0,1 lux, hingga yang terbesar pada angka 1.000 lux. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil nilai *sensitivity*, maka fotometer akan semakin sensitif. Semakin jernih medium yang diukur, maka nilai *sensitivity* akan semakin besar, karena jika menggunakan nilai *sensitivity* yang lebih kecil maka nilai intensitas yang terbaca oleh fotometer akan melebihi dari skala yang ada, yaitu 10 (Pasco, 1990).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Optoelektronika dan Fisika Modern Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Penelitian dimulai pada tanggal 09 Maret 2015 sampai dengan 21 April 2015.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang akan digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm yang berfungsi sebagai sumber cahaya monokromatik.
2. Tegangan tinggi DC dengan rentang dari 0 s/d 1800 volt sebagai sumber tegangan untuk medan listrik luar (E).
3. Fotometer yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya, bisa juga diganti dengan layar.
4. Polarizer yang berfungsi untuk mempolarisasikan cahaya dengan sudut yang dapat diubah-ubah.
5. Analyzer yang diletakkan dibelakang medium berfungsi untuk mengamati perubahan sudut polarisasi cahaya.
6. Sel Kerr yang digunakan sebagai tempat medium.
7. Dua Keping pelat homogen yang diposisikan sejauh 1,5 cm dari sel Kerr dan dihubungkan dengan tegangan tinggi DC sebagai medan listrik luar (E).
8. Gelas ukur dan pengaduknya untuk melarutkan sirup dalam aquades.
9. Stavol sebagai penyetabil tegangan.
10. Kabel yang digunakan sebagai penghubung tegangan tinggi dengan pelat yang disejajarkan.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah:

1. Sirup kemasan yang berasal dari produsen A, produsen B, produsen C dan produsen D dengan varian rasa yang sama yaitu *cocopandan*.
2. Aquades sebagai pelarut sampel.

3.3 Tahap Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu tahap penentuan bahan, tahap persiapan, tahap kalibrasi alat penelitian, tahap perlakuan bahan, tahap perlakuan medan listrik, tahap penyusunan alat penelitian, tahap pengambilan data, analisis data dan kesimpulan. Tahap-tahap tersebut disajikan dalam diagram alir berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram alir tahap-tahap penelitian

3.3.1 Tahap Penentuan Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah empat buah sirup kemasan yang diproduksi oleh produsen yang berbeda namun memiliki varian rasa yang sama, yaitu *cocopandan*. Dipilihnya varian rasa tersebut karena sirup *cocopandan* merupakan varian rasa yang paling umum dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat luas. Selain itu, varian rasa *cocopandan* juga dimiliki oleh hampir seluruh produsen sirup di Indonesia.

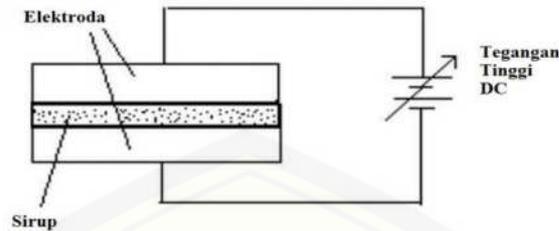
Dalam pemilihan bahan juga berdasarkan pada pertimbangan komposisi jumlah gula yang terkandung dalam masing-masing sirup kemasan. Jumlah gula tersebut nantinya akan sangat berpengaruh dalam perhitungan. Sehingga dipilih sirup yang memiliki komposisi jumlah gula yang berbeda.

3.3.2 Tahap Persiapan

Pada tahap ini dipersiapkan semua perlengkapan yang akan digunakan dalam penelitian. Susunan peralatan pada fotometektor tidak diubah-ubah agar nilai kesalahan yang diperoleh lebih kecil. Disiapkan pula sumber arus DC bertegangan tinggi agar kenaikan tegangan sesuai dengan yang diinginkan.

Observasi pada sirup yang akan digunakan diperlukan agar mengetahui konsentrasi sirup yang tepat sebelum dilakukan pengambilan data. Bahan harus dicampur dengan aquades yang diasumsikan sebagai air murni yang hanya terdiri dari molekul H_2O agar tidak terlalu pekat. Dengan adanya campuran ini diharapkan hanya molekul dalam sirup saja yang bereaksi saat diberikan perlakuan. Rentang konsentrasi sirup yang dapat diukur nilai intensitasnya adalah mulai 0% hingga 30%.

Pembuatan sel Kerr juga dilakukan pada tahap ini. Sel Kerr dibuat dengan menggunakan kaca bening dengan lebar 1,5 cm, panjang 10 cm dengan ketebalan 2mm. Sel Kerr kemudian diletakkan diantara dua buah plat homogen.



Gambar 3.2 Skema pembuatan sel Kerr

3.3.3 Kalibrasi Alat Penelitian

Untuk menguji linearitas perubahan sudut polarisasi terhadap konsentrasi sirup, dilakukan pengamatan perubahan fase terhadap sukrosa dengan konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% tanpa medan listrik luar (E). Sudut polarizer yang digunakan adalah 0° - 90° dengan tujuan agar arah cahaya datang hanya pada satu arah saja. Untuk mendapatkan faktor koreksi, dilakukan pengamatan mengenai pengaruh medan listrik luar terhadap intensitas cahaya tanpa menggunakan medium yang akan digunakan dalam penelitian.

Detektor cahaya untuk mengukur intensitas relatif dari cahaya laser setelah melewati bahan adalah *probe fiber optic* yang langsung dihubungkan dengan fotometer. Tombol *variable* pada fotometer disetting pada keadaan kalibrasi. Sedangkan untuk tombol *sensitivity* nilainya disesuaikan dengan konsentrasi sirup yang akan diukur.

3.3.4 Tahap Perlakuan Bahan

Pada tahap ini, sirup disiapkan dengan delapan variasi konsentrasi yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% untuk keempat varian sirup. Konsentrasi 5% pada sirup diperoleh dengan mencampurkan 5% sirup dengan 95% aquades, dan begitu pula untuk konsentrasi-konsentrasi yang lainnya. Tujuan digunakannya beberapa konsentrasi sirup ini adalah agar larutan sirup tidak terlalu pekat, sehingga berkas

sinar laser He-Ne dapat menembus bahan dan dapat diterima oleh detektor, dengan demikian nilai intensitas dan perubahan sudut pada analyzer dapat diketahui.

3.3.5 Tahap Perlakuan Medan Listrik

Medan listrik yang digunakan berasal dari tegangan tinggi DC dengan kenaikan setiap 300 volt yaitu 300 volt, 600 volt, 900 volt, 1200 volt, 1500 volt dan 1800 volt. Setelah mencapai pengukuran pada 1800 volt, pengukuran diulangi dengan medan listrik yang semakin kecil mulai dari 1800 volt, 1500 volt, 1200 volt, 900 volt, 600 volt, hingga 300 volt kembali. Sumber tegangan ini dihubungkan dengan dua buah pelat sejajar sehingga dapat menghasilkan medan listrik luar (E). Tegangan tinggi DC digunakan pada sel Kerr yang diletakkan diantara kedua buah pelat sejajar. Dengan mengasumsikan bahwa medan listrik (E) sebanding dengan tegangan DC (V) dan berbanding terbalik dengan jarak antara dua pelat sejajar sejauh d , maka medan listrik dapat ditentukan.

Hussain *et al* (2013) menyatakan bahwa formula pendekatan yang menghubungkan tegangan dengan medan listrik secara matematis adalah:

$$E = \frac{V}{d + \frac{2\epsilon d_g}{\epsilon_g}} \quad (3.1)$$

Jika kekuatan dielektrik sirup dan udara dianggap konstan, maka medan listrik diperoleh dari persamaan:

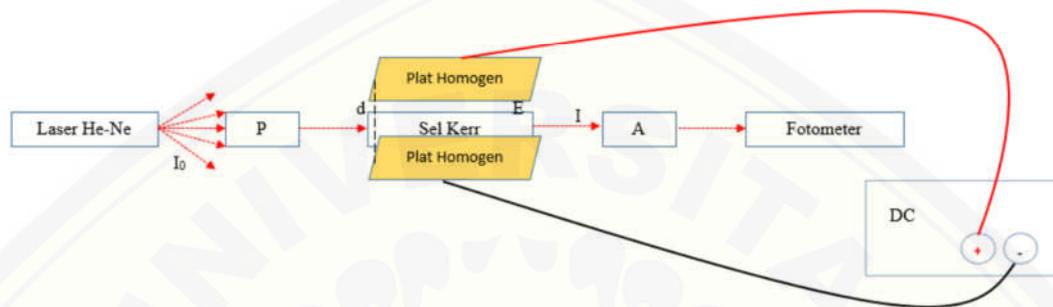
$$E = \frac{V}{d} (V/m) \quad (3.2)$$

Keterangan:

- E : medan listrik luar
- V : tegangan
- d : lebar medium Kerr (sirup)
- ϵ : kekuatan dielektrik sirup
- d_g : jarak antara sel Kerr dengan elektroda
- ϵ_g : kekuatan dielektrik udara.

3.3.6 Tahap Penyusunan Alat Penelitian

Alat penelitian disusun sedemikian rupa sehingga mulai dari laser hingga detektor berada pada satu garis lurus. Susunan alat untuk penelitian ini disajikan pada gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3.3 Desain Alat Penelitian

Berikut merupakan keterangan dari masing-masing bagian pada peralatan yang akan digunakan untuk penelitian ini:

1. Laser He-Ne dengan panjang gelombang $\lambda = 632,8 \text{ nm}$.
2. P (polarizer) untuk mempolarisasikan cahaya dengan sudut 0° .
3. Sel Kerr sebagai wadah untuk bahan saat dilewati oleh sinar laser He-Ne.
4. Pelat homogen yang diposisikan sejajar dengan sel Kerr.
5. A merupakan analyzer untuk mengamati perubahan sudut polarisasi cahaya setelah melewati polarizer dan bahan.
6. Fotometer yang didalamnya juga terdapat detektor dan layar untuk mengamati intensitas laser yang dapat mencapai detektor.
7. Tegangan tinggi DC.

3.3.7 Tahap Pengambilan Data

Pengambilan data dimulai dengan mencari nilai I_0 yang merupakan intensitas maksimum laser. Intensitas ini diperoleh dari sinar laser yang melalui polarizer dan analyzer dengan sudut 0° dan tanpa melalui bahan.

Selanjutnya sirup dengan konsentrasi 5% yang berada di dalam sel Kerr diletakkan diantara polarizer dan analyzer dengan sudut 0° dan tegangan 300 volt. Laser yang melalui polarizer akan terpolarisasi dan melewati bahan, kemudian diteruskan menuju analyzer dan fotometer. Diusahakan agar cahaya yang diterima sensor *probe fiber optic* memiliki intensitas yang paling tinggi dengan cara memutar sudut pada analyzer. Dari layar fotometer kemudian diperoleh nilai intensitas maksimum cahaya pada saat itu.

Hal yang sama dilakukan pada tegangan 600 volt hingga 1800 volt dan untuk setiap konsentrasi sirup pada masing-masing merk sirup kemasan. Setelah mencapai tegangan 1800 volt, dilakukan pengukuran dengan tegangan yang menurun hingga mencapai 300 volt kembali. Pengambilan data dengan tahapan yang sama dilakukan sebanyak 3 kali.

3.4 Analisis Data

Setelah data diperoleh, tahap selanjutnya adalah pengolahan dan analisis data dengan membuat grafik. Grafik tersebut tentang kenaikan medan listrik (E) terhadap intensitas cahaya yang diterima oleh fotometer. Untuk menentukan nilai dari medan listrik luar, dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 3.2. Grafik kedua adalah tentang hubungan kuadrat tegangan dengan perubahan fase ($\Delta\phi$). Dari grafik kedua ini dapat diketahui nilai koefisien Kerr untuk setiap merk sirup kemasan pada masing-masing konsentrasi.

Secara teori, ketika medan listrik (E) yang diaplikasikan pada medium semakin tinggi, maka perubahan fase ($\Delta\Phi$) juga semakin tinggi. Pengukuran untuk perubahan fase ($\Delta\phi$) terhadap intensitas dengan maupun tanpa medan listrik luar (E) dilakukan masing-masing sebanyak tiga kali. Sehingga digunakan ralat standart deviasi sebagai berikut:

$$\Delta\Phi = \sqrt{\frac{\sum(\Phi - \bar{\Phi})^2}{(n - 1)}} \quad (3.3)$$

Nilai intensitas yang berubah seiring dengan kenaikan maupun penurunan medan listrik luar (E) yang diberikan membentuk beberapa fase. Sehingga untuk mendapatkan nilai perubahan fase ($\Delta\varphi$) digunakan persamaan berikut ini:

Fase 1:

$$\Delta\varphi = \left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) \times 2 \quad (3.4a)$$

Fase 2:

$$\Delta\varphi = \left(90 - \frac{\Delta\varphi}{2}\right) \times 2 + 180 \quad (3.4b)$$

Fase 3:

$$\Delta\varphi = \left(180 + \frac{\Delta\varphi}{2}\right) \times 2 \quad (3.4c)$$

dimana:

$$\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) = \arccos \sqrt{\frac{I}{I_0}} \quad (3.5)$$

subtitusikan persamaan 3.5 pada persamaan 3.4a, 3.4b dan 3.4c maka dapat diperoleh perubahan fase sebagai berikut:

Fase 1:

$$\Delta\varphi = \left(\arccos \sqrt{\frac{I}{I_0}}\right) \times 2 \quad (3.6a)$$

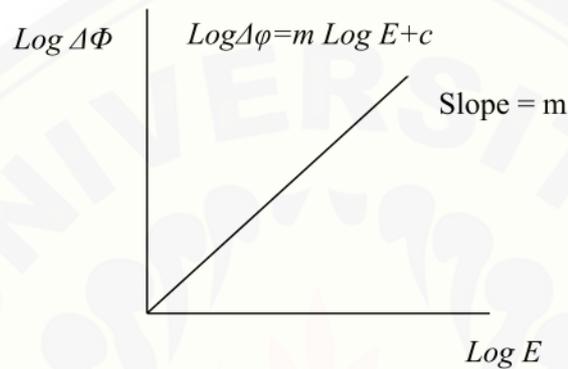
Fase 2:

$$\Delta\varphi = \left(90 - \arccos \sqrt{\frac{I}{I_0}}\right) \times 2 + 180 \quad (3.6b)$$

Fase 3:

$$\Delta\varphi = \left(180 + \arccos \sqrt{\frac{I}{I_0}}\right) \times 2 \quad (3.6c)$$

Setelah diperoleh nilai perubahan fase ($\Delta\phi$), maka akan dapat digunakan untuk membuat grafik hubungan antara medan listrik terhadap perubahan fase ($\Delta\phi$). Berdasarkan persamaan 2.6, nilai koefisien Kerr (K) dapat diperoleh dari gradien garis lurus grafik hubungan antara medan listrik terhadap perubahan fase ($\Delta\phi$). Gradien ini berfungsi untuk mempermudah menganalisis grafik serta perhitungannya.



Gambar 3.4 Linearisasi grafik hubungan antara kenaikan kuadrat tegangan terhadap perubahan fase ($\Delta\phi$)

Keterangan untuk gambar 3.4 diatas:

- x = perubahan fase ($\Delta\phi$)
- y = medan listrik
- c = $\log(2\pi Kl)$
- m = gradien

Untuk dapat menentukan nilai koefisien Kerr (K) diketahui dari persamaan grafik diatas yaitu:

$$c = \log(2\pi Kl) \tag{3.7}$$

misal:

$$\log(2\pi Kl) = \log v \tag{3.8}$$

maka:

$$c = \log v \quad \text{dan} \quad v = \text{antilog } c$$

Karena nilai ν sudah diketahui, maka diperoleh persamaan untuk koefisien Kerr (K) sebagai berikut:

$$K = 2\pi l\nu \quad (3.9)$$

Setelah nilai K diketahui maka nilai standart errornya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta K = \frac{\Delta c \cdot K}{c} \quad (3.10)$$

Dimana standart error untuk (Δc) diperoleh dari perhitungan ralat grafik untuk nilai (c).

