



**PENENTUAN KONSTANTA KERR MINYAK KELAPA
DENGAN APLIKASI MEDAN LISTRIK MENGGUNAKAN
INTERFEROMETER MICHELSON**

SKRIPSI

Oleh
Faikatul Hasanah
NIM 101810201004

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015



**PENENTUAN KONSTANTA KERR MINYAK KELAPA
DENGAN APLIKASI MEDAN LISTRIK MENGGUNAKAN
INTERFEROMETER MICHELSON**

SKRIPSI

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

Oleh
Faikatul Hasanah
NIM 101810201004

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh rasa sayang, rasa bahagia, dan rasa terimakasih kepada:

1. Ibunda Hayati tercinta yang selalu memberikan doa restunya dan motivasi luar biasa dengan segenap rasa sayang dan sejuta kesabaran dalam mendidikku.
2. Almarhum ayahanda H. Surahwi tercinta yang selalu mencontohkan kebiasaan baik kepada penulis dan akan selalu hidup dalam hati penulis walaupun jiwanya tidak lagi bertemu.
3. Kakakku Farida dan Ifan Kurniawan yang senantiasa memberikan doa dan inspirasinya.
4. Keponakanku Rezza Rois Ramadhan Kurniawan dan Felza Abyan Nandana Kurniawan sebagai pahlawan kecilku.
5. Sahabatku Fanny Hidayat Putri dan Imroatus Sholihah yang telah memberi banyak dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman-teman mahasiswa Jurusan Fisika angkatan 2010 dan seluruh angkatan Jurusan Fisika.
7. Keluarga besar pondok pesantren Zainul Hasan Genggong yang telah mengajarkan dan mengarahkanku agar menjadi manusia dewasa dan bertaqwa.
8. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi terhormat yang telah mengamalkan banyak ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran.
9. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Barang Siapa yang keluar untuk mencari ilmu, maka ia seperti berperang di jalan Allah hingga ia pulang”.

(Hadits Riwayat Tirmidzi)^{*)}

“Hindarilah prasangka, karena prasangka itu berita paling bohong. Jangan saling mencari keburukan orang, jangan saling mengorek rahasia orang lain, jangan saling menyaingi, jangan saling mendengki, jangan saling marah, dan jangan saling acuh. Tetapi jadilah kamu semua bersaudara sebagai hamba-hamba Allah”.

(Hadits Riwayat Muslim)^{*)}

^{*)} Salim Bahreisy. 1987. Tarjamah Riadhus Sholihin II. Bandung: PT. Al-ma'arif

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faikatul Hasanah

Nim : 101810201004

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Penentuan Konstanta Kerr Minyak Kelapa dengan Aplikasi Medan Listrik Menggunakan Metode Interferometer Michelson” adalah benar-benar hasil karya bersama antara dosen pembimbing dan saya, kecuali kutipan yang sudah disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta 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 sari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,
Yang menyatakan

Faikatul Hasanah
NIM 101810201004

SKRIPSI

**PENENTUAN KONSTANTA KERR MINYAK KELAPA
DENGAN APLIKASI MEDAN LISTRIK MENGGUNAKAN
INTERFEROMETER MICHELSON**

Oleh:

**Faikatul Hasanah
NIM 101810201004**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto M.Si

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Konstanta Kerr Minyak kelapa Aplikasi Medan Listrik Menggunakan Interferometer Michelson” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari :
tanggal :
tempat : Fakultas MIPA Universitas Jember.

Tim Penguji :

Ketua (Dosen Pembimbing Utama) Sekretaris (Dosen Pembimbing Anggota)

Ir. Misto, M.Si
NIP.195911211991031002

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

Dosen Penguji 1,

Dosen Penguji 2,

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

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si
NIP.198111112005012001

Mengesahkan
Dekan,

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

RINGKASAN

Penentuan Konstanta Kerr Minyak Kelapa Aplikasi Medan Listrik Menggunakan Interferometer Michelson; Faikatul Hasanah, 101810201004; 2015; 73 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Minyak kelapa merupakan minyak yang diproses dari daging buah kelapa yang dikeringkan atau dari perasan santannya dan berfungsi sebagai penghantar panas, penambah rasa gurih, serta penambah nilai kalori pada makanan. Minyak kelapa memiliki beberapa sifat sebagai medium aktif, diantaranya sifat optik. Sifat optik menggambarkan bagaimana respon suatu bahan terhadap medan elektromagnet atau radiasi cahaya. Sifat optik minyak kelapa dapat dipelajari dengan melakukan penelitian efek elektro optik menggunakan interferometer Michelson sehingga dapat diperoleh nilai konstanta Kerr dari minyak kelapa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat kemurnian tiga bahan uji minyak kelapa berdasarkan nilai konstanta Kerr dari penelitian.

Pada penelitian ini menggunakan tiga merk minyak kelapa yang ditempatkan pada wadah transparan yang terbuat dari deggalesser dengan diberi perlakuan medan listrik luar (E) yang cukup tinggi. Penelitian dilakukan dengan tahapan awal yaitu menganalisis perubahan indeks bias bahan uji ketika diberi variasi medan listrik yaitu dengan mengamati perubahan pola frinji yang terbentuk pada layar pengamatan. Selanjutnya dari data tersebut dibuat grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm). Kemudian dengan menganalisis dari linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) sehingga dapat diperoleh nilai konstanta Kerr (R_k).

Dari hasil analisis dan pembahasan diketahui bahwa semakin besar medan listrik yang diberikan, maka jumlah pola gelap terang di layar pengamatan akan semakin berkurang. Jumlah pola gelap terang di layar pengamatan yang semakin berkurang mengindikasikan pengurangan indeks bias bahan. Nilai konstanta Kerr (R_k) terbesar diperoleh oleh minyak kelapa yang memiliki kandungan asam lemak jenuh

paling sedikit yaitu sebesar $(21,369 \pm 0,317) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{V}^2$. Dan nilai konstanta Kerr (R_k) terkecil dimiliki oleh minyak kelapa yang memiliki kandungan asam lemak jenuh yang paling banyak yaitu sebesar $(4,108 \pm 0,279) \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{V}^2$. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa minyak kelapa yang mempunyai tingkat kemurnian yang lebih tinggi adalah minyak kelapa yang memiliki kandungan asam lemak jenuh yang besar dengan nilai konstanta Kerr (R_k) yang kecil. Begitu pula sebaliknya minyak kelapa yang mempunyai tingkat kemurnian yang lebih rendah adalah minyak kelapa yang memiliki kandungan asam lemak jenuh yang kecil dengan nilai konstanta Kerr (R_k) yang besar.

PRAKATA

Segala puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala karunia dan hidayah-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Penentuan Konstanta Kerr Minyak Kelapa Dengan Aplikasi Medan Listrik Menggunakan Metode Interferometer Michelson”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusun 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, Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji I dan Endhah Purwandari, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Keluarga besarku, Almarhum Ayahanda H. Surahwi, Ibunda Hayati, Kakakku Ifan Kurniawan dan Farida yang telah memberikan motivasi kepadaku;
3. Bapak Taufik selaku teknisi Laboratorium Optoelektronika dan Fisika Modern yang turut membantu selama penelitian;
4. Bapak Edy Sutrisno selaku teknisi Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi yang turut serta membantu dalam pembuatan alat;
5. Teman-teman seperjuanganku, Fanny, iim, Fitri, Ulin, Jun, Luluk, dan Atuk beserta semua sahabat-sahabat Fisika dan sahabat-sahabat kost yang telah memberikan dorongan dan motivasi hingga selesainya skripsi ini;
6. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Tiada balas jasa yang dapat penulis berikan kecuali hanya di'a kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, semoga kebaikan yang penulis terima akan mendapatkan balasan dari-Nya.

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

Jember, Nopember 2015

Penulis

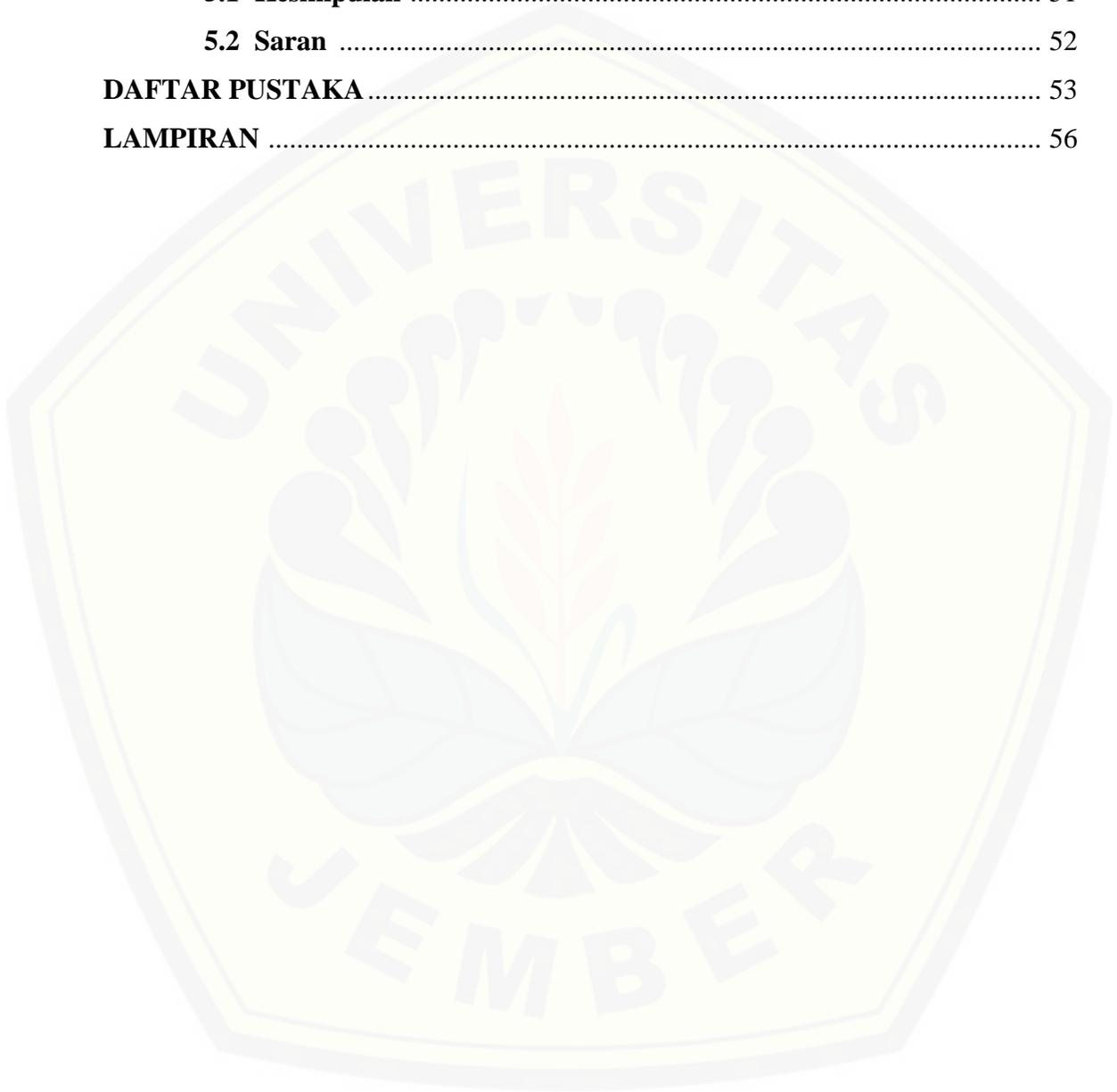


DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Minyak Kelapa	5
2.2 Kualitas Minyak Kelapa	6
2.3 Asam Lemak	8
2.3.1 Asam Lemak Jenuh	8
2.3.2 Asam Lemak Tak Jenuh	10
2.4 Indeks Bias	11

2.5	Optik Nonlinier	12
2.6	Efek Elektro Optik	14
2.7	Laser HeNe	17
2.8	Interferensi	18
2.9	Interferometer Michelson	18
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....		22
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2	Alat dan Bahan.....	22
3.2.1	Alat.....	22
3.2.2	Bahan	23
3.3	Prosedur Penelitian.....	23
3.3.1	Diagram Alir Penelitian.....	23
3.3.2	Desain Alat Penelitian	24
3.4	Tahap Persiapan	25
3.4.1	Persiapan Bahan.....	25
3.4.2	Perlakuan Bahan	25
3.4.3	Kalibrasi Alat Penelitian	26
3.5	Proses Pengambilan Data	27
3.6	Analisis Data.....	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		32
4.1	Hasil Penelitian	32
4.1.1	Pengukuran Efek Wadah	32
4.1.2	Pengamatan untuk pengaruh medan listrik (E) terhadap perubahan jumlah lingkaran gelap terang (ζ)	33
4.1.3	Hasil pengukuran untuk kenaikan medan listrik luar (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm)	34
4.1.4	Hasil perhitungan nilai konstanta Kerr (R_k) dari tiga jenis minyak kelapa pada berbagai suhu	44

4.2 Pembahasan.....	45
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN	56



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk ikatan tunggal pada asam lemak jenuh	9
2.2 Bentuk molekul non polar saat dikenai medan listrik	9
2.3 Bentuk ikatan molekul trans pada asam lemak jenuh	9
2.4 Bentuk ikatan ganda pada asam lemak tidak jenuh	10
2.5 Bentuk molekul polar saat dikenai medan listrik	10
2.6 Bentuk ikatan molekul cis pada asam lemak tidak jenuh	11
2.7 Respon dari media optik tak simetris dalam kasus optik nonlinier berdasarkan respon polarisasi (P) sebagai fungsi medan listrik (E)	13
2.8 Grafik hubungan antara perubahan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E)	16
2.9 Skema interferometer Michelson	19
3.1 Diagram alir kegiatan penelitian	23
3.2 Desain alat penelitian	24
3.3 Linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm)	30
4.1 Grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji (ζ) untuk wadah sampel tanpa terisi minyak kelapa	32
4.2 Pola frinji minyak kelapa merk A pada suhu 40°C; (a) pada medan listrik 0V/m; (b) pada medan listrik 90.000 V/m; (c) pada medan listrik 180.000 V/m	33
4.3 Grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (ζ) pada suhu 80°C	34

4.4	Linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada suhu 80°C	35
4.5	Linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada suhu 70°C	37
4.6	Linierisasi grafik hubungan antara perubahan kenaikan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada suhu 60°C	38
4.7	Linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada suhu 50°C	39
4.8	Linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada suhu 40°C	40
4.9	Linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada suhu 30°C	41
4.10	Linierisasi grafik hubungan antara perubahan medan listrik (E) terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm) pada suhu 27°C	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Murni.....	7
2.2 Standar mutu minyak kelapa Indonesia.....	8
2.3 Jenis-jenis laser operasi kontinu dan panjang gelombang yang dihasilkan.....	17
4.1 Nilai perhitungan grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 80°C dari tiga jenis minyak	35
4.2 Nilai ralat grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 80°C sebagai fungsi log	36
4.3 Nilai ralat grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 70°C sebagai fungsi log.....	37
4.4 Nilai ralat grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 60°C sebagai fungsi log	38
4.5 Nilai ralat grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 50°C sebagai fungsi log.....	39
4.6 Nilai ralat grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 40°C sebagai fungsi log	41
4.7 Nilai ralat grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 30°C sebagai fungsi log.....	42
4.8 Nilai ralat grafik untuk hubungan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi medan listrik (E) pada suhu 27°C sebagai fungsi log.....	43
4.9 Nilai konstanta Kerr (R_k) dari tiga jenis minyak kelapa pada berbagai suhu..	44
4.10 Nilai konstanta Kerr (R_k) VCO enam merk dari penelitian Julia Kristi.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Pengukuran indeks bias	56
B. Perhitungan ralat grafik hubungan antara berkurangnya jumlah gelap terang frinji (Δm) terhadap kenaikan medan listrik (E)	59
C. Perhitungan untuk konstanta Kerr (R_k) tiga jenis minyak kelapa pada variasi suhu.....	60
D. Perhitungan nilai alpha (α) sebagai parameter dari ketebalan wadah sampel....	66

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak kelapa merupakan minyak yang diproses dari daging buah kelapa yang dikeringkan atau dari perasan santannya dan berfungsi sebagai penghantar panas, penambah rasa gurih, serta penambah nilai kalori pada makanan. Setiap minyak kelapa memiliki sifat dan ciri tersendiri yang sangat ditentukan oleh struktur asam lemak pada rangkaian trigliseridanya. Minyak kelapa kaya akan asam lemak berantai sedang (C_4 - C_{14}), khususnya asam laurat ($C_{13}H_{23}COOH$) dan asam meristat ($C_{13}H_{27}COOH$). Dengan adanya asam lemak berantai sedang (*medium chain fat*) yang relatif besar tersebut membuat minyak kelapa mempunyai sifat daya bunuh terhadap beberapa senyawa berbahaya di dalam tubuh manusia (MAPI, 2006). Minyak kelapa merupakan salah satu medium optis aktif karena mempunyai struktur molekul chiral, yaitu molekul yang mempunyai atom karbon (C) yang mengikat empat atom berbeda (Ketaren, 2008).

Minyak kelapa memiliki beberapa sifat sebagai medium aktif, diantaranya sifat optik. Sifat optik menggambarkan bagaimana respon suatu bahan terhadap medan elektromagnet atau radiasi cahaya. Sifat optik minyak kelapa dapat dipelajari dengan melakukan penelitian efek elektro optik sehingga dapat diperoleh nilai perubahan indeks bias bahan akibat suatu perlakuan, dan karena minyak kelapa merupakan medium berupa zat cair dan isotropik maka dapat ditentukan pula nilai konstanta Kerr dari minyak tersebut. Efek Kerr adalah peristiwa perubahan zat yang semula isotropik menjadi anisotropik bila ditempatkan pada medan listrik yang kuat, karena selain mempunyai sifat optik, minyak juga mempunyai sifat listrik. Dari efek Kerr tersebut dapat ditentukan nilai konstanta Kerr dari minyak kelapa.

Pemberian medan listrik luar pada bahan transparan akan mengakibatkan perpindahan dan deformasi pada distribusi elektron dalam ion, dan posisi tempat ion dapat berubah sedikit. Jika momen dipol terbentuk dan meningkat sesuai dengan meningkatnya medan listrik, maka akan terjadi gejala polarisasi. Dalam bahan yang tidak mempunyai pusat simetri, tempat kation dikelilingi oleh anion yang pada umumnya bergeser dari titik pusatnya. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya efek aktivitas optis. Ketika berkas cahaya dengan panjang gelombang (λ) melewati suatu medium yang memiliki perbedaan indeks bias (Δn), dimana medium tersebut diberikan medan listrik (E), maka berkas akan mengalami refraksi ganda (*birefracton*). Peristiwa perubahan indeks bias bahan karena pengaruh medan listrik yang berasal dari gelombang elektromagnetik cahaya tersebut merupakan efek kerr optik (Ernawati *et al.*, tanpa tahun).

Beberapa penelitian terkait dengan sifat optik pada minyak kelapa terutama pada penentuan nilai indeks bias dan besarnya konstanta Kerrnya telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode dan perlakuan yang berbeda-beda. Diantaranya oleh Kristi *et al.*,(tanpa tahun) dengan mengamati kualitas beberapa VCO (*Virgin Coconut Oil*) terhadap nilai konstanta Kerr menggunakan metode hukum pemantulan Fresnel. Dalam penelitiannya menunjukkan bahwa VCO yang memiliki kualitas tinggi adalah VCO yang memiliki komposisi asam lemak jenuh yang lebih besar dengan nilai konstanta Kerr yang lebih kecil, sedangkan VCO yang memiliki kualitas rendah adalah VCO yang memiliki komposisi asam lemak jenuh yang lebih kecil dengan nilai konstanta Kerr yang besar. Penelitian lain oleh Nindy Merulika (2014) dengan perlakuan minyak kelapa yang diberi variasi suhu dan setiap variasi suhu ditentukan nilai indeks biasnya dengan menggunakan metode hukum pemantulan Fresnel. Dalam penelitiannya diperoleh sebuah kesimpulan bahwa semakin besar suhu untuk memanaskan minyak kelapa, maka nilai indeks biasnya semakin menurun.

Pada penelitian ini menggunakan metode interferometer Michelson untuk menentukan konstanta Kerr pada minyak kelapa 3 merk dengan mengamati perubahan indeks bias bahan pada berbagai suhu dalam kondisi dikenai medan listrik yang terakumulasi dari perubahan banyaknya jumlah lingkaran gelap terang (frinji) pada layar pengamatan interferometer Michelson. Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya nilai konstanta Kerr yang kecil pada minyak kelapa menandakan kandungan asam lemak jenuhnya tinggi. Sedangkan nilai koefisien Kerr yang besar pada minyak menandakan kandungan asam lemak jenuhnya rendah. Minyak yang digunakan terdiri dari tiga merk minyak yang masing-masing diberi variasi suhu.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah berapa nilai konstanta Kerr dari tiga jenis minyak kelapa (merk A, merk B, dan merk C) sehingga kemurnian tiga jenis minyak tersebut dapat dibandingkan?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang digunakan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

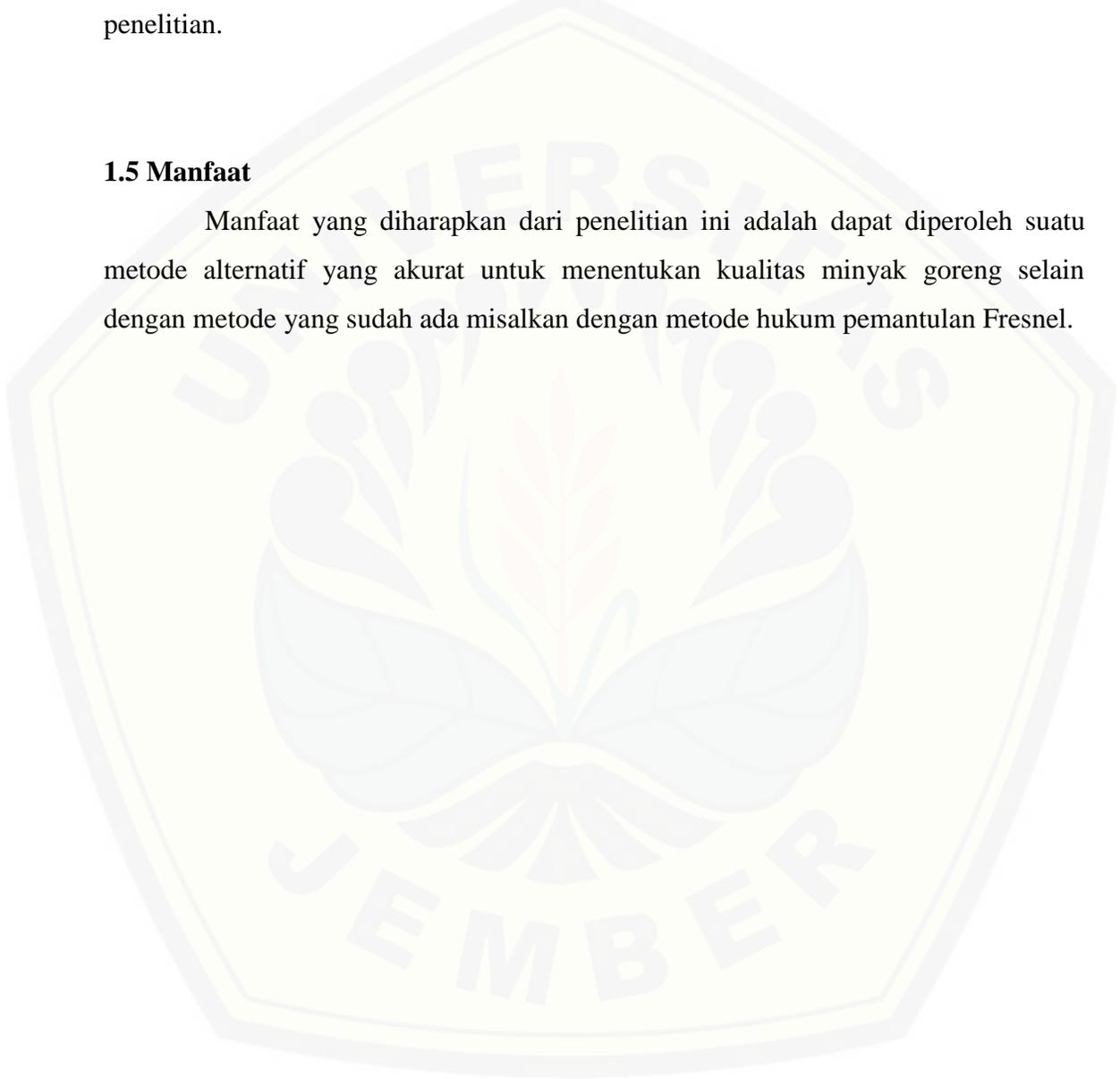
1. Penelitian dilakukan pada minyak kelapa dengan 3 merk yang berbeda
2. Suhu pemanasan yang digunakan adalah 27°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, dan 80°C.
3. Pengukuran konstanta Kerr minyak kelapa dilakukan dengan menggunakan metode Interferometer Michelson.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat kemurnian beberapa bahan uji minyak kelapa berdasarkan nilai konstanta Kerr dari penelitian.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat diperoleh suatu metode alternatif yang akurat untuk menentukan kualitas minyak goreng selain dengan metode yang sudah ada misalkan dengan metode hukum pemantulan Fresnel.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Kelapa

Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L.*) dikenal sebagai tanaman penghasil minyak nabati yang sangat penting dalam kehidupan rakyat Indonesia. Indonesia merupakan negara yang kaya akan komoditas perkebunannya. Salah satu komunitas perkebunan terbesar di Indonesia adalah kelapa. Kelapa penyebarannya paling luas karena dapat tumbuh secara sengaja oleh manusia maupun secara alamiah. Hal ini dapat dilihat dari kenyataan bahwa di Indonesia luas tanaman kelapa meliputi 2,2 juta ha, 95% dari tanaman kelapa tersebut merupakan perkebunan pemerintah besar baik swasta maupun pemerintah (Maison, 1985).

Minyak goreng berdasarkan sumbernya dari tanaman, dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Biji-bijian palawija, yaitu minyak jagung, biji kapas, kacang, wijen, kedelai, dan bunga matahari.
2. Kulit buah tanaman tahunan, yaitu minyak zaitun dan kelapa sawit.
3. Biji-bijian dari tanaman tahunan, yaitu minyak kelapa, coklat, dan inti sawit (Ketaren, 2008).

Minyak kelapa merupakan minyak yang diproses dari daging buah kelapa yang dikeringkan atau dari perasan santannya dan berfungsi sebagai penghantar panas, penambah rasa gurih, serta penambah nilai kalori pada bahan makanan. Minyak kelapa sebagaimana minyak nabati lainnya merupakan senyawa-senyawa trigliserida yang tersusun atas berbagai asam lemak dan 90% diantaranya merupakan asam lemak jenuh. Selain itu minyak kelapa yang belum di murnikan juga mengandung sejumlah kecil komponen bukan lemak seperti fosfatida, gum, sterol (0,06-0,08)%, tokoferol (0,003)%, dan asam lemak bebas (<5)% serta sedikit protein

dan katoren. Sterol berfungsi sebagai penyetabil dalam minyak dan tokoferol sebagai antioksidan (Ketaren, 1986).

Setiap minyak kelapa memiliki sifat dan ciri tersendiri yang sangat ditentukan oleh struktur asam lemak pada rangkaian trigliseridanya. Minyak kelapa kaya akan asam lemak berantai sedang (C_8-C_{14}) khususnya asam laurat ($C_{13}H_{27}COOH$) dan asam meristat. Dengan adanya asam lemak sedang tersebut (*medium chain fat*) yang relatif besar membuat minyak kelapa mempunyai sifat daya bunuh terhadap beberapa senyawa yang berbahaya di dalam tubuh manusia (MAPI, 2006).

2.2 Kualitas Minyak Kelapa

Minyak kelapa murni adalah minyak perawan yang berasal dari sari pati kelapa, diproses secara higienis tanpa sentuhan api secara langsung dan bahan kimia tambahan. Dilihat dari warnanya, minyak kelapa murni jauh lebih bening seperti air mineral. Selain itu kadar air dan asam lemak bebasnya kecil, serta kandungan asam lauratnya tinggi. Minyak kelapa murni mengandung anti oksidan bebas sehingga mampu menjaga kekebalan tubuh (Cristianti *et al.*, 2009).

Proses pembuatan minyak kelapa murni ini sama sekali tidak menggunakan zat kimia organik dan pelarut minyak. Dari proses seperti ini, rasa minyak yang dihasilkan lembut dengan bau khas kelapa yang unik. Jika minyak membeku, warna minyak kelapa ini putih murni. Sedangkan jika cair, minyak kelapa murni tidak berwarna (bening). Minyak kelapa murni tidak mudah tengik karena kandungan asam lemak jenuhnya tinggi sehingga proses oksidasi tidak mudah terjadi. Namun, bila kualitas minyak rendah, proses ketengikan akan berjalan lebih awal. Hal ini disebabkan oleh pengaruh oksigen, keberadaan air, dan mikroba yang akan mengurangi kandungan asam lemak yang berada dalam minyak menjadi komponen lain (Ketaren, 1986).

Secara fisik, minyak kelapa murni harus berwarna jernih. Hal ini menandakan bahwa di dalamnya tidak tercampur oleh bahan dan kotoran lain. Apabila di dalamnya masih terdapat kandungan air, biasanya akan ada gumpalan berwarna putih (Ketaren, 1986). Kandungan komponen minyak kelapa murni antara lain seperti yang dicantumkan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Murni

Asam Lemak	Rumus Kimia	Jumlah (%)
Asam Lemak Jenuh		
Asam Laurat	$C_{11}H_{23}COOH$	43 - 53
Asam Miristat	$C_{13}H_{27}COOH$	16 - 21
Asam Kaprat	$C_9H_{19}COOH$	4,5-8,0
Asam Palmitat	$C_{15}H_{31}COOH$	7,5-10
Asam Kaprilat	$C_7H_{15}COOH$	5,0-10
Asam Kaproat	$C_5H_{11}COOH$	0,4-0,6
Asam Lemak Tidak Jenuh		
Asam Oleat	$C_{16}H_{32}COOH$	1,0-2,5
Asam Palmitoleat	$C_{14}H_{28}COOH$	2,0-4,0

Sumber: Ketaren, (1986).

Minyak kelapa berdasarkan kandungan asam lemak digolongkan ke dalam minyak asam laurat, karena kandungan asam lauratnya paling besar jika dibandingkan dengan asam lemak lainnya. Berdasarkan tingkat ketidakjenuhannya yang dinyatakan dengan bilangan Iod (*iodine value*), maka minyak kelapa dapat dimasukkan ke dalam golongan *non drying oils*, karena bilangan iod minyak tersebut berkisar antara 7,5 – 10,5 (Ketaren, 2008).

Sedangkan untuk standar mutu minyak kelapa Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Standar mutu minyak kelapa Indonesia

Komponen	Kadar
kadar Air	Maksimum 0,5 %
Kotoran	Maksimum 0,5 %
Bilangan Iodium	(8-10) g iodine per 100 g minyak
Bilangan Peroksida	Maksimum 5 mg O ₂ per 100 g minyak
Warna dan Bau	Normal
Logam Berbahaya	Negatif
Indeks Bias pada 40°C	1,454-1,456

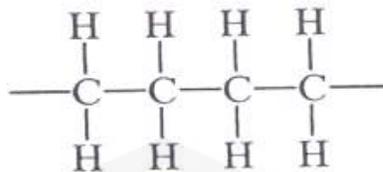
Sumber: Radiyahati (2006).

Minyak kelapa merupakan minyak yang paling stabil diantara minyak nabati lainnya, dan memiliki titik didih 225°C. Titik didih tersebut juga disebut titik asap. Titik asap adalah suhu pada saat minyak menghasilkan asap tipis yang kebiru-biruan pada pemanasan tersebut. Titik asap, titik nyala dan titik api merupakan kriteria mutu yang paling utama dalam hubungannya dengan minyak yang digunakan untuk menggoreng. Menurut Sari Dian Satrix jika pada saat menggoreng terlihat minyak berasap maka hal itu menandakan titik lemak jenuh sangat tinggi. Minyak goreng yang baik memiliki titik asap yang cukup tinggi yaitu diatas 250°C. Namun jika minyak digunakan secara berulang-ulang maka titik asapnya akan menurun (Lokmanto, 2010).

2.3 Asam Lemak

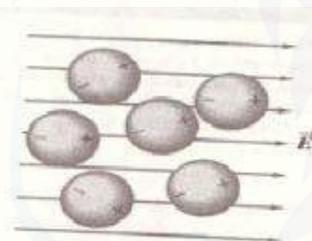
2.3.1 Asam Lemak Jenuh

Asam lemak jenuh memiliki ikatan tunggal diantara atom-atom C nya. Ikatan ini bersifat lebih stabil (tidak mudah bereaksi), sehingga ketika cahaya yang terpolarisasi linear dilewatkan pada molekul maka struktur molekul hanya akan berubah sedikit yang menghasilkan nilai konstanta Kerr yang kecil.



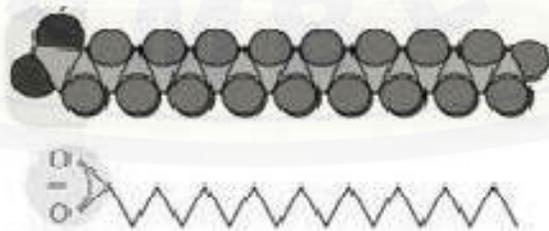
Gambar 2.1 Bentuk ikatan tunggal pada asam lemak jenuh
(Sumber: Kristi *et al.*, tanpa tahun).

Asam lemak jenuh termasuk ke dalam zat non polar, dimana ketika diberikan medan listrik maka muatan positif dan negatif pada molekul non polar akan terpisah. Tidak ada gaya total dipol karena gaya tarik-menarik muatan akan mengimbangi gaya luar pada masing-masing muatan. Hal ini berpengaruh terhadap nilai konstanta Kerr yang relatif kecil.



Gambar 2.2 Bentuk molekul non polar saat dikenai medan listrik
(Sumber: Zemansky and Sears, 2003)

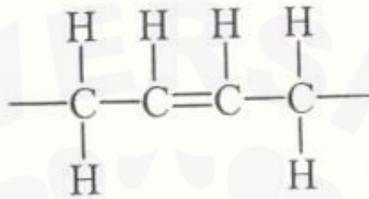
Asam lemak jenuh memiliki ikatan molekul berbentuk trans. Molekul ini memiliki gaya Van Der Waals yang kuat, sehingga ketika dilewatkan cahaya yang terpolarisasi linear maka hanya akan menghasilkan perubahan sudut polarisasi yang kecil.



Gambar 2.3 Bentuk ikatan molekul trans pada asam lemak jenuh
(Sumber: Kristi *et al.*, tanpa tahun).

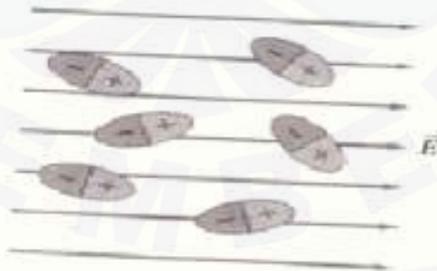
2.3.2 Asam Lemak tak Jenuh

Asam lemak tidak jenuh memiliki ikatan ganda diantara atom-atom C nya. Ikatan ini sangat mudah bereaksi, sehingga ketika dilewatkan cahaya yang terpolarisasi linear maka struktur molekul asam lemak akan mudah berubah yang menghasilkan nilai konstanta Kerr yang besar.



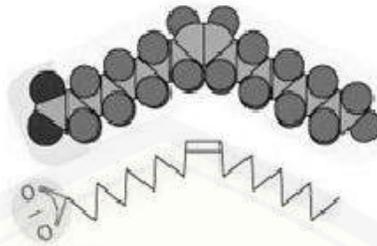
Gambar 2.4 Bentuk ikatan ganda pada asam lemak tidak jenuh (Sumber: Kristi *et al.*, tanpa tahun).

Asam lemak tidak jenuh termasuk kedalam zat polar, dimana ketika diberikan medan listrik luar maka akan ada gaya total yang bekerja, akan ada momen yang mengarahkan molekul untuk berputar sehingga molekul tersebut mengorientasikan dirinya sejajar dengan arah medan listrik. Hal ini berpengaruh terhadap nilai konstanta Kerr yang besar.



Gambar 2.5 Bentuk molekul polar saat dikenai medan listrik (Sumber: Zemansky and Sears, 2003).

Asam lemak tidak jenuh memiliki ikatan molekul berbentuk cis. Molekul ini memiliki gaya Van Der Waals yang lemah, sehingga ketika dilewatkan cahaya yang terpolarisasi linear maka akan menghasilkan perubahan sudut polarisasi yang besar.



Gambar 2.6 Bentuk ikatan molekul cis pada asam lemak tidak jenuh
(Sumber: Kristi *et al.*, tanpa tahun).

2.4 Indeks Bias

Ketika seberkas cahaya mengenai permukaan suatu benda, maka cahaya tersebut ada yang dipantulkan dan ada yang diteruskan. Jika benda tersebut transparan seperti kaca atau air, maka sebagian cahaya yang diteruskan terlihat dibelokkan atau dikenal dengan pembiasan. Cahaya yang melalui batas antar dua medium dengan kerapatan optik yang berbeda, maka kecepatannya akan berubah. Perubahan kecepatan akan menyebabkan cahaya mengalami pembiasan. Perambatan cahaya dalam ruang hampa memiliki kelajuan (c), kemudian setelah melalui medium tertentu akan berubah kelajuannya menjadi (v) dengan $v \ll c$. Ketika cahaya merambat di dalam suatu bahan, kelajuannya akan turun sebesar suatu faktor yang ditentukan oleh karakteristik bahan yang disebut dengan indeks bias (n). Indeks bias merupakan perbandingan cepat rambat gelombang elektromagnetik di dalam ruang vakum terhadap cepat rambat gelombang elektromagnetik pada material atau bahan seperti pada persamaan (2.1)

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.1)$$

dengan,

n = indeks bias

c = kelajuan cahaya diruang hampa (m/s)

v = kelajuan cahaya di dalam material (m/s)

Dimana cepat rambat cahaya pada ruang hampa $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$, dan pada suatu material $v = \frac{1}{\sqrt{\mu \epsilon}}$, sehingga persamaan (2.1) dapat ditulis sebagai :

$$n = \sqrt{\frac{\epsilon \mu}{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.2)$$

dengan ,
 ϵ_0 = permitivitas diruang hampa
 ϵ = permitivitas pada suatu material
 μ_0 = permeabilitas pada suatu hampa
 μ = permeabilitas pada suatu material

Untuk kecepatan gelombang cahaya dalam medium (v) merupakan hasil kali dari frekuensi (f) dengan panjang gelombang (λ) yang dinyatakan pada persamaan (2.3).

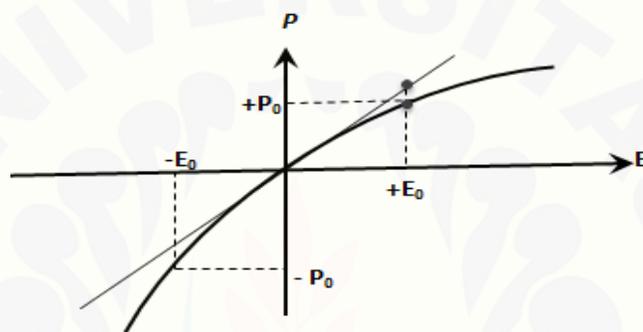
$$v = f\lambda \quad (2.3)$$

Selain menyatakan perbandingan kecepatan gelombang cahaya dalam ruang vakum dan juga pada dalam suatu medium, indeks bias juga dapat menunjukkan tingkat kerapatan optik dari berbagai medium transparan. Sebuah medium dikatakan mempunyai indeks bias yang tinggi, jika kerapatan optiknya tinggi, begitu pula sebaliknya (Jenkins dan White, 2001).

2.5 Optik Nonlinier

Fenomena optik non linier secara umum diakibatkan oleh ketidakmampuan dari dipol dalam medium optik untuk merespon secara linier dari medan listrik (E) luar yang datang. Seperti inti atom yang terlalu masif dan elektron pada inti dalam yang terikat sangat kuat untuk merespon medan listrik dari cahaya yang

mengenaiknya. Sehingga di sini elektron terluarlah yang bertanggung jawab terhadap terjadinya polarisasi pada media optis akibat adanya medan listrik (Ernawati *et al.*, tanpa tahun). Jika medan listrik atau medan magnet luar yang datang mengenai medium optik sangat besar, maka sifat optik bahan seperti suseptibilitas, indeks bias dan polarisabilitas akan menjadi fungsi tak linier terhadap medan listrik atau terhadap medan magnet (Pedrotti, 1993).



Gambar 2.7 Respon media optik tak simetris dalam kasus optik nonlinier berdasarkan respon polarisasi (P) sebagai fungsi medan listrik (E) (Sumber: Pedrotti, 1993)

Secara umum, polarisasi medium linier oleh medan listrik (E) adalah:

$$P = \varepsilon_0 \chi E \quad (2.4)$$

Akan tetapi, jika merambat dalam medium tak linier dan bila medan listrik (E) yang mengenai cukup besar maka sifat optis bahan seperti suseptibilitas (χ) menjadi fungsi nonlinier terhadap medan listrik (E).

$$\chi = \chi_1 + \chi_2 E^1 + \chi_3 E^2 + \dots \quad (2.5)$$

Dimana χ adalah suseptibilitas dan ε_0 adalah permitivitas dalam vakum. Dengan cara substitusi persamaan (2.5) pada persamaan (2.4), maka akan didapat hubungan antara (P) dengan (E) yang dapat dituliskan sebagai fungsi deret dari E yaitu:

$$P = \varepsilon_0(\chi_1 E + \chi_2 E^2 + \chi_3 E^3 + \dots) \quad (2.6)$$

Suku pertama merupakan polarisasi linier, sedangkan suku kedua, ketiga, dan seterusnya merupakan polarisasi tak linier (Pedrotti, 1993).

2.6 Efek Elektro Optik

Efek kerr terjadi jika medium isotropi diletakkan di daerah medan listrik yang kuat. Medium isotropi adalah suatu material yang apabila dilewati cahaya maka laju cahaya tersebut akan sama ke semua arah di dalam material tersebut. Pada efek ini, jika bahan tersebut diletakkan pada medan listrik yang kuat maka sifat optis (indeks bias) dari bahan akan berubah dari mula-mula tanpa adanya tegangan n_0 menjadi n setelah diberi tegangan (V). Cahaya yang dilewatkan dalam hal ini laser biasanya juga akan mengalami perubahan arah polarisasi. Efek Kerr dibagi menjadi dua yaitu efek Kerr elektro optik dan efek Kerr optik. Efek Kerr elektro optik merupakan peristiwa perubahan indeks bias bahan karena pengaruh medan listrik secara keseluruhan, sedangkan efek Kerr optik merupakan perubahan indeks bias bahan karena pengaruh medan listrik yang berasal dari gelombang elektromagnetik cahaya (Kristi *et al.*, tanpa tahun).

Secara eksperimen, efek Kerr dapat terjadi bila bahan diletakkan pada medan listrik yang arahnya tegak lurus dengan arah berkas sinar datang. Perubahan indeks bias yang terjadi akibat dikenakan medan listrik sebesar (E) adalah Δn . Pengaruh medan listrik pada perubahan indeks bias medium optik menghasilkan dua macam interaksi elektro optik yaitu efek Kerr yang merupakan efek kuadrat elektro optik

pada medium yang umumnya berupa zat cair yaitu orde ke-3 optik nonlinier dan efek Pockels yang merupakan efek elektro optik pada medium zat padat yaitu orde ke-2 optik nonlinier seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.6) (Widayanti, 2014). Pengukuran dan perhitungan indeks bias medium sering dilibatkan pada efek-efek elektro optik. Menurut Wilson dan Hawkes (dalam Yudoyono *et al.*, 2011), perubahan indeks bias sebagai fungsi dari medan listrik dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta n = \frac{rn_0^3}{2}E + \frac{Rn_0^3}{2\lambda}E^2\lambda \quad (2.7)$$

dimana,

r = koefisien Pockels elektro optik (m/V)

$\frac{rn_0^3}{2}E$ = efek Pockels pada media interaksi zat padat

R = koefisien Kerr elektro optik (m²/V²)

$\frac{Rn_0^3}{2\lambda}$ = konstanta Kerr elektro optik (m/V²)

$\frac{Rn_0^3}{2\lambda}E^2\lambda$ = efek Kerr pada media interaksi zat cair

Sedangkan Pedrotti (1993) (dalam Widayanti, 2014) menggunakan persamaan (2.7) dengan menambahkan parameter ketebalan wadah saat pengukuran indeks bias sampel dilakukan,

$$\Delta n = \frac{r_1n_0^3t}{\lambda}E + \frac{R_kn_0^3t}{\lambda}E^2 \quad (2.8)$$

dimana,

Δn = perubahan indeks bias

n_0 = indeks bias awal medium sebelum dikenai medan listrik

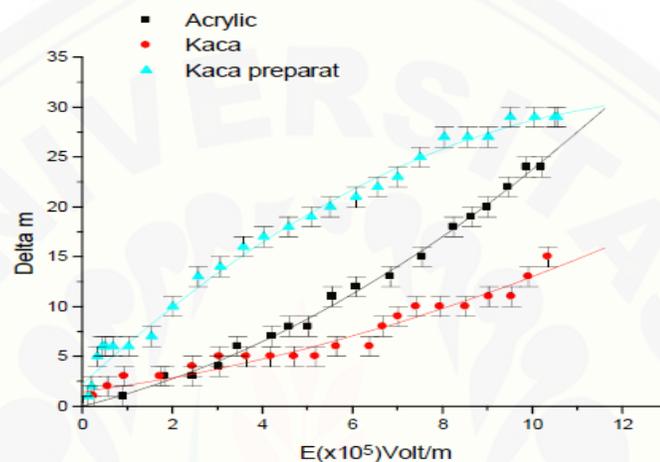
r_1 = koefisien Pockels elektro optik (m/V²)

R_k = koefisien Kerr elektro optik (m^2/V^2)

λ = panjang gelombang laser (m)

E = medan listrik luar (volt/meter)

t = tebal wadah sampel (m)



Gambar 2.8 Grafik hubungan antara perubahan jumlah frinji yang hilang Δm sebagai fungsi medan listrik E (sumber: Kusuma *et al.*, 2006)

Gambar 2.8 di atas merupakan grafik hubungan antara perubahan jumlah frinji sebagai fungsi medan listrik dari hasil penelitian (Kusuma, 2006) dengan sampel berupa akrilik, kaca preparat dan kaca akuarium. Berdasarkan nilai R^2 grafik maka, untuk akrilik dan preparat lebih mulus dari pada kaca akuarium. Ini mengindikasikan bahwa susunan struktur kristal akrilik dan preparat lebih teratur dari kaca akuarium. Hal tersebut ditunjukkan pada nilai korelasi (R^2) untuk akrilik dan preparat yang menghasilkan korelasi lebih mendekati 1 dari pada kaca akuarium. Berdasarkan penelitian tersebut juga diperoleh hubungan antara medan listrik dan jumlah frinji yang hilang (Δm) cenderung kuadratis yang menandakan sifat dari ketiga bahan tersebut tak memiliki sifat simetri kristal (Kusuma *et al.*, 2006).

2.7 Laser HeNe

Laser merupakan singkatan dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* yang artinya penguatan cahaya dengan pancaran radiasi. Cahaya laser adalah gelombang elektromagnetik nampak yang berada dalam kisaran tertentu dengan panjang gelombang tunggal. Laser mempunyai sifat-sifat yang tidak dimiliki oleh sumber cahaya lain. Sifat khas laser antara lain kesearahan, intensitas, monokromatis, dan koheren (Laud, 1988). Laser HeNe merupakan salah satu tipe laser dimana medium aktif laser ini adalah gas helium neon. Laser HeNe sering digunakan dalam bidang optik dikarenakan mudah digunakan sebagai sumber cahaya yang terlihat untuk berbagai keperluan seperti penelitian.

Tabel 2.3 Jenis-jenis laser operasi kontinu dan panjang gelombang yang dihasilkan

Jenis Laser	λ (nm)	Internal Daya (W)
Helium-Cadmium (UV lines)	325	0,002-0,05
Argon ion (UV)	350	0,001-2
Krypton ion (UV)	350	0,001-1
Helium-cadmium	442	0,001-0,05
Argon ion	488	0,001-20
Helium-neon	543	0,0001-0,001
Helium-neon	632,8	0,0001-0,05
Ion krypton	647	0,001-6

Sumber: Arkundato (2007).

Laser HeNe dapat beresilasi pada beberapa panjang gelombang, yang paling populer adalah $\lambda = 632,8$ nm untuk merah dan $\lambda = 543$ nm untuk laser He-Ne warna hijau. Banyak sekali kelebihan dari laser HeNe, diantaranya yaitu operasi yang relatif mudah, biaya yang digunakan murah, usia penggunaannya panjang (sekitar 50.000 jam operasi) dan sinarnya berkualitas tinggi (Siregar, 1998).

2.8 Interferensi

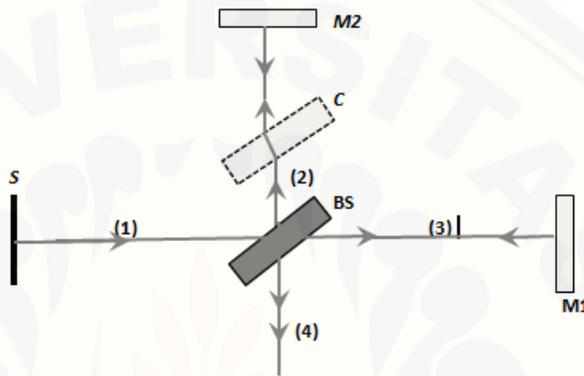
Interferensi adalah gejala terjadinya pola gelap terang yang berselang seling dari suatu bayangan sumber cahaya. Interferensi dapat diterangkan berdasarkan teori gelombang elektromagnetik, dimana dua berkas cahaya akan saling menguatkan jika keduanya sefase dan saling menghapus atau melemahkan jika keduanya saling berlawanan (Soedoyo, 1992).

Suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan interferensi dari suatu gelombang optik disebut interferometer optik. Interferometer merupakan seperangkat alat dengan memanfaatkan gejala interferensi sehingga menghasilkan pola-pola interferensi yang dapat digunakan untuk pengukuran secara akurat. Interferometer dibedakan menjadi dua jenis, yaitu interferometer pembagi muka gelombang dan interferometer pembagi amplitudo. Interferometer pembagi muka gelombang yaitu muka gelombang pada berkas cahaya pertama dibagi dua, sehingga akan menghasilkan dua buah berkas sinar baru yang koheren dan ketika mengenai layar akan membentuk pola interferensi berupa garis gelap terang yang berselang seling. Sedangkan interferometer pembagi amplitudo yaitu membagi amplitudo gelombang cahaya menjadi dua bagian yang berintensitas sama, sebagian dari gelombang akan diteruskan dan sebagian lainnya akan dipantulkan sehingga jika kedua gelombang tersebut dapat disatukan kembali pada sebuah layar, maka akan terlihat pola interferensi berupa pola cincin gelap terang (Soedoyo, 1992).

2.9 Interferometer Michelson

Interferometer Michelson merupakan salah satu contoh jenis interferometer pembagi amplitudo. Interferometer Michelson menggunakan sebuah sumber cahaya monokromatik yang dilewatkan pada sebuah lensa dan diteruskan ke permukaan *beam splitter*. Fungsi lensa pada interferometer ini ialah sebagai medium pendifraksi sehingga pola interferensi dapat terbentuk. Sedangkan fungsi dari *beam splitter* ialah sebagai media pembagi sumber cahaya. Dengan demikian dapat diasumsikan bahwa

cahaya akan diteruskan sebanyak 50% ke M1 (*movable mirror*) dan sisanya akan direfleksikan ke M2 (*adjustable mirror*). Cermin merupakan benda bening yang bersifat merefleksikan. Hasil refleksi dari M1 Dan M2 akan dikembalikan ke *beam splitter*. Oleh *beam splitter*, kedua berkas cahaya akan diteruskan ke layar pengamatan sehingga pola interferensi akan terbentuk (Arkundanto, 2007).



Gambar 2.9 Skema interferometer Michelson (Sumber: Peddroti, 1993)

Indeks bias suatu bahan dapat dihubungkan dengan sifat-sifat pada pola interferensi gelombang cahaya monokromatik yang terbentuk. Maka interferometer Michelson termasuk salah satu alat yang dapat digunakan untuk menentukan indeks bias tersebut adalah interferometer Michelson yang mampu mengakumulasikan pola interferensi gelombang cahaya dalam bentuk frinji pada layar pengamatan. Untuk menghitung nilai indeks bias dengan metode interferometer Michelson yaitu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = \frac{2 d_m}{\lambda} \quad (2.9)$$

dimana

$$d_m = (n_g - n_u)L \quad (2.10)$$

Sehingga untuk mencari indeks bias menggunakan persamaan:

$$n_g = \frac{d_m}{L} + 1 \quad (2.11)$$

Keterangan:

N = pergeseran frinji

d_m = pergeseran cermin (m)

λ = panjang gelombang (m)

n_g = indeks bias bahan

n_u = indeks bias udara (1)

L = ketebalan medium (m) (pedrotti, 1993).

Penggunaan interferometer Michelson untuk menganalisa jumlah frinji yang bergeser melewati medan pengamatan. Pergeseran frinji (N) terjadi akibat adanya perubahan temperatur (ΔT) pada bahan uji. Hubungan antara kedua besaran ini menurut Siagian (2004) dinyatakan pada persamaan di bawah ini

$$N = \frac{2L}{\lambda} \frac{dn}{dT} \Delta T \quad (2.12)$$

Sehingga dapat dinyatakan bahwa perubahan indeks bias terhadap suhu sebagai berikut:

$$\frac{dn}{dT} = \frac{N\lambda}{2L(\Delta T)} \quad (2.13)$$

Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa indeks bias zat cair transparan sangat bergantung pada temperatur (T). Hubungan indeks bias dengan temperatur dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$n = n_0 + \frac{dn}{dT}(T - T_0) \quad (2.14)$$

Keterangan:

n = indeks bias bahan pada temperatur (T)

n_0 = indeks bias bahan pada temperatur kamar (T_0)

T = temperatur tertentu ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = temperatur kamar ($^{\circ}\text{C}$)

$\frac{dn}{dT}$ = gradien (perubahan indeks bias terhadap temperatur) ($\frac{1}{^{\circ}\text{C}}$)



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 bulan april 2015 sampai Agustus 2015.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Sumber cahaya Laser HeNe (OS-9171)
- b. Bangku Laser (OS-9172)
- c. Perlengkapan interferometer Michelson: *beam splitter, movable mirror, adjustable mirror, convex lens* 18 nm
- d. Meja interferometer (OS-9255A)
- e. Layar pengamatan
- f. Dua keping pelat homogen berukuran $(5 \times 3) \text{ cm}^2$ diposisikan sejauh 1 cm yang dihubungkan dengan tegangan tinggi DC
- g. Tegangan tinggi DC untuk memberikan tegangan sebagai medan listrik luar,
- h. Wadah transparan dari slide preparat dengan ketebalan 0,15 mm
- i. Heater
- j. Termometer
- k. Kabel

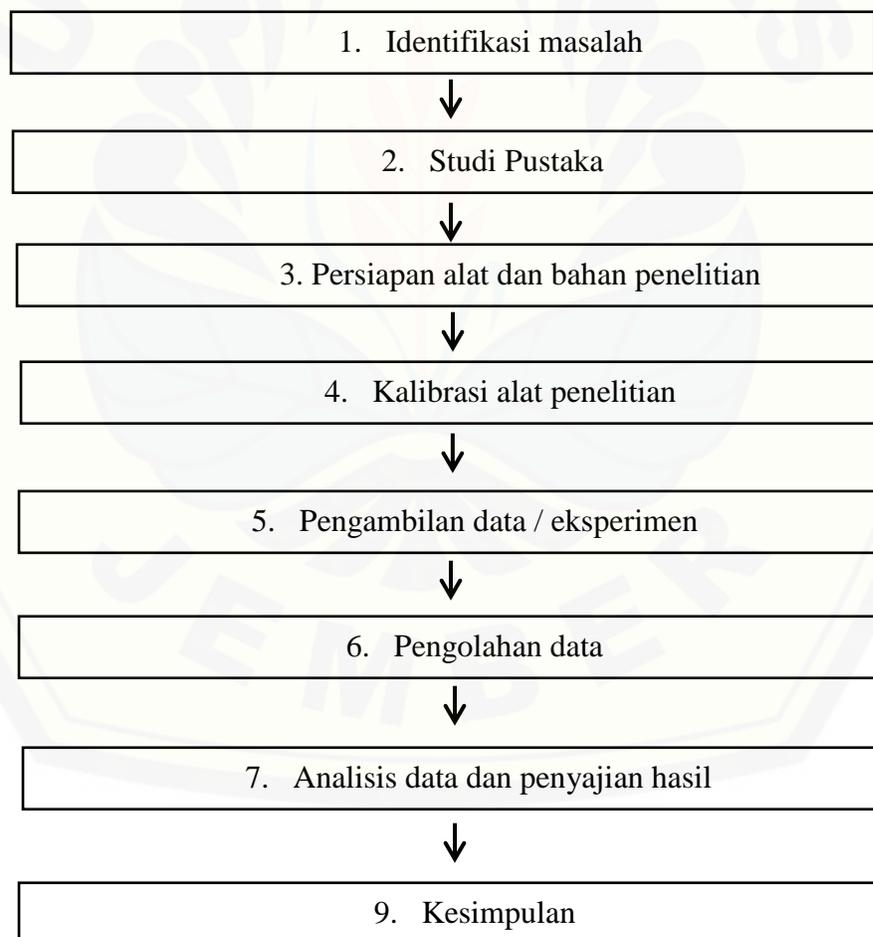
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquades untuk kalibrasi dan tiga merk minyak kelapa.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Diagram Alir

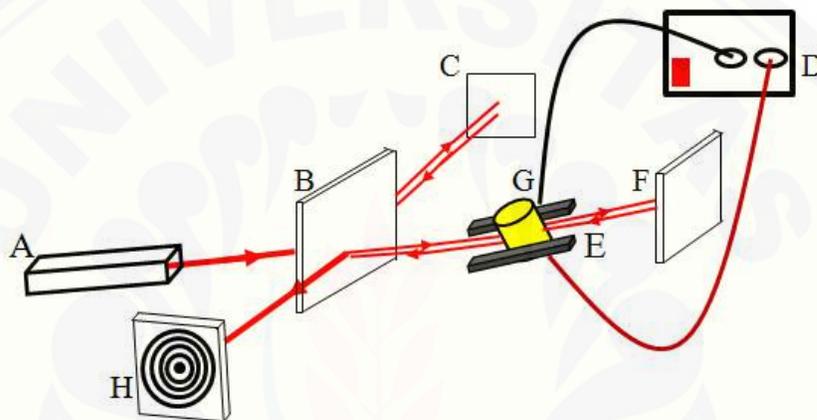
Adapun diagram kerja untuk penelitian “Penentuan Konstanta Kerr Minyak Kelapa dengan Aplikasi Medan Listrik menggunakan Interferometer Michelson” dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.2 Desain Alat Penelitian

Alat penelitian diposisikan seperti pada gambar 3.2, bahan penelitian diletakkan pada depan kaca F (*movable mirror*) dan diapit oleh dua pelat konduktor yang dihubungkan pada sumber tegangan tinggi DC. Selanjutnya pola interferensi gelap terang dicari dengan cara menggeser cermin C (*adjustable mirror*) sampai pola frinji dapat teramati pada layar pengamatan.



Gambar 3.2 Desain Alat Penelitian interferometer Michelson

Keterangan gambar 3.2 sebagai berikut:

- A : Laser HeNe dengan panjang gelombang 632,8 nm.
- B : BS (*Beam Splitter*) sebagai pemisah berkas cahaya menjadi dua bagian.
- C : *adjustable mirror* sebagai perefleksi berkas menuju BS, sebagian cahaya dari berkas cahaya tersebut akan ditransmisikan oleh pemisah berkas menuju layar pengamatan dengan posisi yang tetap.
- D : Tegangan tinggi DC untuk memberikan tegangan sebagai medan listrik luar.
- E : Keping pelat homogen yang sejajar berukuran $(3 \times 5)\text{cm}^2$ yang diberi tegangan tinggi DC sampai 1800 volt.
- F : *Movable mirror* untuk merefleksikan berkas menuju BS, selanjutnya dari pemisah berkas, sebagian berkas cahaya tersebut akan direfleksikan oleh BS menuju layar pengamatan dengan posisinya yang diubah-ubah.

G : Wadah tempat bahan uji

H : Layar pengamatan untuk mengamati perubahan frinji.

3.4 Tahap Persiapan

3.4.1 Persiapan Bahan

- a. Setiap minyak kelapa yang diteliti diberi 7 perlakuan suhu yaitu dari suhu 30°C sampai 80°C.
- b. Setiap variasi suhu minyak diberi tujuh variasi medan listrik yaitu dari (300-1800) volt dan 0 volt.
- c. Setiap pengukuran diulangi sebanyak lima kali pengulangan untuk 3 jenis merk minyak kelapa.

3.4.2 Perlakuan Bahan

a. Pengkondisian Suhu

Minyak kelapa yang akan diteliti dipanaskan hingga mencapai suhu yang ditentukan menggunakan *heater* (pemanas) dan pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer. Kemudian minyak kelapa yang telah mencapai suhu yang ditentukan dituangkan secepat mungkin ke dalam wadah sampel yang telah disediakan. Pengambilan data dilakukan secepat mungkin, saat suhu masih berada pada sekitar 2°C diatas suhu yang telah ditentukan. Namun sebelumnya dilakukan percobaan untuk mengukur perubahan waktu terhadap penurunan suhu. Percobaan dilakukan menggunakan minyak kelapa dengan tiga merk yang akan diuji. Minyak kelapa dipanaskan hingga suhu 82°C, kemudian waktu yang dibutuhkan tiap penurunan 1°C dicatat. Penurunan diamati sampai suhu 30°C. Dari hasil tersebut dapat diketahui waktu yang dibutuhkan tiap pengambilan data sebelum suhu minyak terus menerus menurun.

b. Perlakuan Medan Listrik

Sampel minyak tiga merk dengan pengkondisian suhu tersebut kemudian diberikan perlakuan medan listrik dari tegangan tinggi DC (0 – 1800) volt dimana tegangan 0 volt sebagai kontrol (satu kontrol) dan tegangan (300 – 1800) volt dengan interval 300 volt sebagai *treatment* (enam *treatment*) sehingga terdapat tujuh variasi pemberian medan listrik. Jarak antara dua pelat sejajar yang berukuran $(3 \times 5)\text{cm}^2$ diposisikan sejauh 1 cm, diantara dua pelat sejajar tersebut diberi wadah sampel yang terbuat dari kaca deglass dengan ketebalan 0,15 mm. Medan listrik (E) sebanding dengan tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan jarak antara dua pelat sejajar (d).

Pemberian medan listrik tersebut diharapkan mengakibatkan terjadinya perubahan jumlah frinji di layar pengamatan (ζ) yang nantinya akan diperoleh perubahan indeks bias (Δn) atau perubahan jumlah frinji yang hilang (Δm). Satu jenis minyak digunakan tujuh variasi suhu, tujuh variasi medan listrik, dan masing-masing pengukuran dilakukan sebanyak lima kali.

3.4.3 Kalibrasi Alat Penelitian

Peralatan yang akan digunakan harus dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi alat pada penelitian ini dengan mengukur indeks bias aquades dengan menggunakan persamaan berikut:

$$n_{water} = \frac{d_m}{L} + 1 \quad (3.1)$$

dengan, n_{water} = indeks bias aquades
 d_m = pergeseran cermin (m)
 L = ketebalan medium (m)

(pedrotti, 1993).

Setelah nilai indeks bias aquades diketahui berdasarkan eksperimen, kemudian hasilnya dibandingkan dengan indeks bias aquades pada referensi yaitu 1,332.

Sedangkan untuk mengetahui apakah ketebalan wadah sampel berpengaruh terhadap jumlah frinji pada saat sebelum dikenai dan setelah dikenai medan listrik menggunakan persamaan yang diasumsikan oleh Kusuma *et al.*, (2006):

$$\zeta = \zeta_0 - \alpha E \quad (3.2)$$

dimana,

ζ = jumlah lingkaran gelap terang frinji/cm pada layar pengamatan.

ζ_0 = jumlah lingkaran gelap terang frinji/cm pada layar pengamatan untuk medan listrik 0 volt

α = parameter yang tergantung dari wadah sampel

E = medan listrik luar (V/m)

persamaan 3.2 hanya untuk mengukur jumlah frinji pada saat wadah tanpa terisi minyak

3.5 Proses Pengambilan Data

Setelah dilakukan kalibrasi alat, kemudian melakukan pengambilan data. Pengambilan data dilakukan pada suhu ruang laboratorium yaitu sekitar 27°C. Peralatan disusun seperti pada gambar 3.2, kemudian diantara dua pelat sejajar diletakkan wadah yang berisi sampel berupa minyak kelapa yang dikondisikan mulai dari (30 – 80)°C (7 perlakuan) untuk tiga jenis minyak kelapa (merk A, merk B, dan merk C). Selanjutnya pola interferensi dicari sampai dihasilkan pola gelap terang (frinji) pada layar, kedua pelat sejajar diletakkan di sisi-sisi samping sampel dengan jarak 1 cm antar pelat yang kemudian diberi tegangan tinggi DC dari (300 – 1800) volt dengan interval 300 volt dan tegangan 0 volt.

Setelah diperoleh data, kemudian diolah dengan menyajikannya dalam grafik. Grafik pertama, hubungan antara perubahan jumlah frinji (ζ) atau pengurangan indeks bias sebagai fungsi dari medan listrik (E). Grafik kedua, hubungan antara perubahan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi dari medan listrik (E) untuk mengetahui pengaruh dari medan listrik terhadap jumlah frinji yang hilang. Selanjutnya dari grafik tersebut akan dibuat grafik dalam fungsi log yang selanjutnya dianalisis sehingga nilai dari konstanta Kerr (R_k) dari bahan dapat dihitung.

3.6 Analisis Data

Setiap pengukuran diulangi sebanyak lima kali berupa jumlah perubahan jumlah frinji (ζ) sebagai fungsi dari medan listrik (E) dan perubahan jumlah frinji yang hilang (Δm) sebagai fungsi dari medan listrik (E) yang divariasikan pada berbagai suhu (T) dari tiga merk minyak kelapa, sehingga berturut-turut digunakan ralat standart deviasi sebagai berikut:

$$\Delta\zeta = \sqrt{\frac{\sum(\zeta_i - \bar{\zeta})^2}{(n-1)}}; \quad \Delta(\Delta m) = \sqrt{\frac{\sum(\Delta m_i - \bar{\Delta m})^2}{(n-1)}} \quad (3.3)$$

Diketahui bahwa, data banyaknya jumlah frinji gelap terang (ζ) merupakan indikasi dari pengurangan indeks bias, dan data perubahan jumlah frinji (Δm) merupakan indikasi dari perubahan indeks bias (Δn).

Untuk menentukan besarnya medan listrik dapat menggunakan persamaan:

$$E = V/d \quad [V/m] \quad (3.4)$$

dengan E adalah besarnya medan listrik, V adalah besarnya tegangan yang diberikan dan d adalah jarak antara dua pelat sejajar.

Secara kuantitatif karakteristik elektro-optik pada suatu bahan dapat diketahui berdasarkan perubahan jumlah frinji yang hilang (Δm) akibat kenaikan medan listrik (E) yang diberikan pada bahan uji. Semakin besar medan listrik (E) yang diberikan, maka semakin besar pula jumlah frinji yang hilang (Δm). Interferometer Michelson dapat mengamati perubahan indeks bias hingga pada orde mikro, dimana perubahan indeks bias (Δn) ketika dikenai medan listrik (E) diwakili oleh jumlah frinji yang hilang (Δm) di layar pengamatan. Dengan alasan tersebut (Δn) sebanding dengan (Δm), Perubahan indeks bias terhadap medan listrik didekati oleh persamaan (Kusuma *et al.*, 2006):

$$\Delta m = \frac{r_l n_0^3 t}{\lambda} E + \frac{R_k n_0^3 t}{\lambda} E^2 \quad (3.5)$$

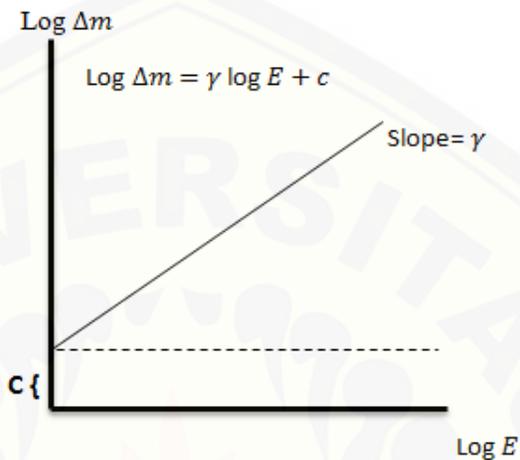
dengan Δm adalah perubahan jumlah frinji yang hilang pada layar ketika medan listrik (E) divariasikan. Parameter r_l dan R_k berturut-turut adalah konstanta linier elektro optik (efek Pockels) dan konstanta elektro optik kuadrat (efek Kerr). n_0 adalah indeks medium sebelum dikenai medan listrik, t adalah tebal kaca deglass sebagai wadah sampel dan λ adalah panjang gelombang laser HeNe ketika melewati medium.

Mengingat medium berupa zat cair yang isotropik maka hanya efek Kerr yang muncul pada perhitungan grafik, sehingga persamaan (3.5) menjadi:

$$\Delta m = \frac{R_k n_0^3 t}{\lambda} E^2 \quad (3.6)$$

Dari persamaan (3.6) yang perlu dihitung adalah nilai konstanta Kerr (R_k) bahan dengan cara melinierkan persamaan (3.6) dalam bentuk logaritmik untuk mendapatkan persamaan garis lurus. Sehingga setelah diambil bentuk logaritmik, maka dibuat grafik linier $\log E$ terhadap $\log \Delta m$ seperti pada gambar (3.3).

Linierisasi grafik ini bertujuan untuk memudahkan menganalisis grafik serta perhitungannya sehingga nilai konstanta Kerr (R_k) dapat ditentukan.



Gambar 3.3 Linearisasi grafik hubungan antara kenaikan medan listrik E terhadap jumlah frinji yang hilang (Δm)

Untuk menentukan nilai konstanta Kerr (R_k) diketahui dari persamaan grafik di atas yaitu:

$$c = \log \left(\frac{R_k n_0^3 t}{\lambda} \right) \quad (3.7)$$

dimisalkan,

$$\log \left(\frac{R_k n_0^3 t}{\lambda} \right) = \log v \quad (3.8)$$

sehingga,

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

Jika nilai v telah diketahui maka akan diperoleh persamaan R_k di bawah ini:

$$R_k = \frac{v\lambda}{n_0^3 t} \quad (3.9)$$

Setelah nilai R_k diketahui, maka yang perlu dicari kemudian adalah nilai standart error perhitungan untuk konstanta Kerr (ΔR_k) dengan rumus sebagai berikut:

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

dimana,

R_k = konstanta Kerr elektro-optik

ΔR_k = ralat ketidakpastian perhitungan R_k

c = konstanta dari grafik

Δc = ralat ketidakpastian perhitungan c

Sehingga berdasarkan persamaan (3.10) di atas nilai ralat ketidakpastian perhitungan R_k dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$\Delta R_k = \frac{\Delta c \cdot R_k}{c} \quad (3.11)$$

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

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan penentuan nilai konstanta Kerr 3 jenis minyak kelapa aplikasi medan listrik dengan metode interferometer Michelson. Berdasarkan hasil dari penelitian, dapat disimpulkan bahwa nilai konstanta Kerr (R_k) diantara tiga jenis minyak kelapa diurutkan dari yang paling besar pada semua variasi suhu yaitu minyak kelapa merk C, minyak kelapa merk B, dan Minyak kelapa merk A. Seperti pada suhu 40°C, minyak kelapa merk C sebesar $(3,882 \pm 0,242) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{V}^2$, minyak kelapa merk B sebesar $(3,508 \pm 0,106) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{V}^2$, dan minyak kelapa merk A sebesar $(2,482 \pm 0,075) \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{V}^2$. Diperolehnya nilai konstanta Kerr (R_k) pada minyak kelapa Merk A yang paling kecil menandakan bahwa minyak merk A merupakan minyak yang paling murni dengan kandungan asam lemak yang paling besar dibandingkan kedua jenis minyak merk lainnya. Begitu juga sebaliknya, diperolehnya nilai konstanta Kerr (R_k) pada minyak kelapa Merk C yang paling besar menandakan minyak merk C kemurniannya paling rendah karena kandungan asam lemak jenuh pada minyak tersebut paling kecil.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut adalah mencari alternatif lain untuk menentukan data banyaknya jumlah frinji pada layar pengamatan interferometer Michelson. Hal itu bertujuan untuk mendapatkan data penelitian yang lebih sempurna, sehingga dapat digunakan untuk mengambil kesimpulan lebih dalam atau lebih lanjut dari data penelitian tersebut serta menambahkan keakuratan dari hasil penelitian menggunakan metode interferometer Michelson.

DAFTAR PUSTAKA

Arkundato, A. 2007. *Optika*. Jakarta: Universitas Terbuka

Cristianti, L. dan Prakosa, A. H. 2009. *Pembuatan Minyak Kelapa Murni (Virgin Coconut Oil) Menggunakan Fermentasi Ragi tape*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret

Ernawati, Firdausi, Sofyan, dan Indras. Tanpa Tahun. *Perbandingan Sifat Optis aktif Larutan Gula dan Garam Dalam Medan Listrik Luar Menggunakan Laser Dioda*. Jurnal. Semarang: Undip

Fasilitifa, H. 2014. *Pengukuran Indeks Bias Alkohol dengan Menggunakan Interferometer Michelson*. Skripsi. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember

Halliday, D., Resnick, R., and Walker, J. 2011. *Fundamental of Physics*. Ninth Edition. United States of America: John Willey & Sons

Istianah. Tanpa Tahun. *Studi Pengaruh Medan Radio Frekuensi (RF) terhadap Perubahan Sudut Polarisasi Pada Minyak*. Jurnal Skripsi. Semarang: Undip

Jenkins, Francis A., & White, Harvey E. 2001. *Fundamental of Optics Fourth Editions*. United States of America: McGraw-Hill Companies, Inc.

Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press

- Ketaren, S. 2008. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Kristi, Handayani, Nita, dan Yuliati. 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 Elektro Optis Pada Kaca Aquarium, Kaca Preparat, dan Akrilik*. Jurnal Berkala Fisika, 9 (2): 81-84
- Laud, B.B. 1998. *Laser dan Optik Non Linier*. Terjemahan Sutanto, Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Lokmanto, A. B. 2010. *Evaluasi Bilangan Peroksida dan Titik Asap Minyak Goreng*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Maison dan Mansusman. 1985. *Pembuatan Minyak Kelapa dari Daging Buah Kelapa Segar*. Jakarta: Dewacuri Press.
- MAPI. 2006. *Teknologi Proses Minyak Kelapa*. http://www.dekindo.com/content/teknologi/Proses_Pengolahan_Minyak_Kelapa.pdf [13 januari 2014)
- Merulika, N. 2014. *Pengukuran Indeks Bias Minyak Kelapa Pada Berbagai Suhu Menggunakan Hukum Pemantulan Fresnel*. Skripsi. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- Pedrotti, F. L. and Pedrotti, L. S. 1993. *Introduction of Optics*. Second Edition. United States of America: Prentice-Hall, Inc.
- Radiyah, T. 2005. *Pembuatan Minyak Kelapa Asli Untuk Makanan Kesehatan*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". ISSN 1693-4393

- Sarojo, G.A. 2011. *Gelombang dan Optika*. Jakarta: Erlangga.
- Sastrohamidjojo dan Hardjono. 2009. *Kimia Organik Stereokimia, Karbohidrat, Lemak, dan Protein*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press
- Siagian, H. 2004. *Pemanfaatan Interferometer Michelson dalam Menentukan Karakteristik Parameter Fisi Zat Cair*. Jurnal Penelitian SAINTIKA. Vol. 4, No. 2.127-132
- Siregar, R. T. 1998. *Light Source Materi Course Laser's Principle Optoelectronic*. Jakarta: Telkoma LIPI
- Soedjojo, P. 1992. *Asas-Asas Ilmu Fisika Jilid 4 Fisika Modern*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada
- Tjia, M. 1994. *Gelombang*. Solo: Dabara Publishers.
- Welford, W.T. 1988. *Optics*. Oxford: Oxford University Press
- Wibowo, Adi. 2004. *Pengaruh Penggunaan Ragi Tape terhadap Kualitas Minyak Kelapa Secara Bio Proses*. Skripsi. Jember: Jurusan Teknik Hasil Pertanian Fakultas Teknik Pertanian Universitas Jember.
- Widayanti, I. R. 2014. *Penentuan Karakteristik Elektro-optik Pada Madu dengan Metode Interferometer Michelson*. Skripsi. Jember: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember
- Zemansky dan Sears. 2003. *Fisika Universitas Edisi Sepuluh Jilid 2*. Jakarta: Erlangga



LAMPIRAN A

A. Pengukuran Indeks Bias

Tabel A.1 Hasil Kalibasi Indeks Bias Aquades

Bahan	Pengulangan	dm	n	\bar{n}	$n = (\bar{n} \pm \Delta\bar{n})$
Aquades	1	49,5	1,330	1,329	$1,329 \pm 0,0057$
	2	50,1	1,334		
	3	48,0	1,320		
	4	49,1	1,327		
	5	50,7	1,338		

Tabel A.1 Indeks Bias Minyak pada suhu 27°C

Bahan	Pengulangan	dm	n	\bar{n}	$n = (\bar{n} \pm \Delta\bar{n})$
Merk A	1	68,8	1,4586	1,4557	$1,4557 \pm 0,0032$
	2	69,1	1,4606		
	3	68,4	1,4560		
	4	67,9	1,4526		
	5	67,6	1,4507		
Merk B	1	68,3	1,4553	1,4534	$1,4534 \pm 0,0019$
	2	67,4	1,4493		
	3	67,8	1,4520		
	4	68,5	1,4566		
	5	68,1	1,4540		
Merk C	1	67,6	1,4506	1,4513	$1,4513 \pm 0,0013$
	2	67,3	1,4486		
	3	68,1	1,4540		
	4	67,9	1,4526		
	5	67,6	1,4506		

Tabel A.3 Indeks Bias tiga jenis minyak kelapa pada masing-masing suhu

Bahan	Suhu	n	\bar{n}	$n = (\bar{n} \pm \Delta\bar{n})$
Merk A	30	1,4586	1,4557	$1,4557 \pm 0,0032$
		1,4606		
		1,4560		
		1,4526		
		1,4507		
	40	1,4551	1,4550	$1,4550 \pm 0,0003$
		1,4551		
		1,4550		
		1,4550		
		1,4551		
	50	1,4546	1,4547	$1,4547 \pm 0,0019$
		1,4546		
		1,4547		
		1,4546		
		1,4547		
	60	1,45429	1,4543	$1,4543 \pm 0,0087$
		1,45431		
		1,45430		
		1,45432		
		1,45429		
70	1,45407	1,4541	$1,4541 \pm 0,0015$	
	1,45408			
	1,45408			
	1,45410			
	1,45398			
80	1,45361	1,4536	$1,4536 \pm 0,0015$	
	1,45367			
	1,45361			
	1,45367			
	1,45360			
Merk B	30	1,45335	1,45334	$1,45334 \pm 0,0015$
		1,45335		
		1,45335		
		1,45334		
		1,45333		
	40	1,45298	1,45295	$1,45295 \pm 0,0027$
		1,45295		
		1,45294		
		1,45292		
		1,45294		
	50	1,45255	1,45255	$1,45255 \pm 0,0019$
		1,45256		
		1,45256		
		1,45256		
		1,45256		

		1,45253		
	60	1,45208		
		1,45210		
		1,45206	1,45207	1,45207 ± 0,0017
		1,45206		
		1,45207		
	70	1,45167		
		1,45167		
		1,45166	1,45166	1,45166 ± 0,0007
		1,45164		
		1,45165		
	80	1,45123		
		1,45124		
		1,45121	1,45123	1,45123 ± 0,0018
		1,45124		
		1,45123		
Merk C	30	1,45102		
		1,45101		
		1,45103	1,45102	1,45102 ± 0,0019
		1,45101		
		1,45102		
	40	1,45065		
		1,45055		
		1,45054	1,45057	1,45057 ± 0,0010
		1,45054		
		1,45055		
	50	1,45010		
		1,45009		
		1,45024	1,45013	1,45013 ± 0,0090
		1,45012		
		1,45010		
	60	1,44980		
		1,44981		
		1,44978	1,44980	1,44980 ± 0,0029
		1,44982		
		1,44979		
	70	1,44941		
		1,44941		
		1,44942	1,44943	1,44943 ± 0,0018
		1,44948		
		1,44941		
	80	1,44896		
		1,44899		
		1,44899	1,44899	1,44899 ± 0,0022
		1,44899		
		1,44900		



B. Perhitungan ralat grafik hubungan antara berkurangnya jumlah gelap terang frinji (Δm) terhadap kenaikan medan listrik (E)

No.	Jenis Minyak	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	γ	c	Δ	$\Delta\gamma$	Δc
1	Merk A	80	0,5379	-2,3191	0,0261	0,0234	0,1162
2		70	0,7331	-3,3397	0,0504	0,0452	0,2246
3		60	0,6480	-2,8250	0,0359	0,0321	0,1597
4		50	0,6706	-3,0480	0,0583	0,0523	0,2597
5		40	0,6420	-2,7420	0,0187	0,0167	0,0832
6		30	0,6847	-2,8893	0,0550	0,0494	0,2450
7		27	0,5934	-2,5231	0,0350	0,0314	0,1560
1	Merk B	80	0,5136	-2,0880	0,0287	0,0258	0,1279
2		70	0,7156	-3,1343	0,0406	0,0364	0,1807
3		60	0,5530	-2,3970	0,0418	0,0375	0,1860
4		50	0,6962	-2,9369	0,0536	0,0480	0,2383
5		40	0,5964	-2,5937	0,0364	0,0327	0,1620
6		30	0,6717	-2,8299	0,0532	0,0478	0,2369
7		27	0,5120	-2,0388	0,0193	0,0173	0,0862
1	Merk C	80	0,4981	-2,0326	0,0289	0,0259	0,1287
2		70	0,4601	-1,7961	0,0359	0,0322	0,1600
3		60	0,5640	-2,2768	0,0437	0,0392	0,1948
4		50	0,6617	-2,8957	0,0478	0,0429	0,2128
5		40	0,6221	-2,5519	0,0172	0,0154	0,0766
6		30	0,6392	-2,8180	0,0362	0,0324	0,1611
7		27	0,4786	-1,8116	0,0278	0,0249	0,1236

Keterangan:

- γ = Gradient grafik
 c = konstanta grafik
 $\Delta\gamma$ = ralat perhitungan pada gradient grafik
 Δc = ralat perhitungan pada konstanta grafik

C. Perhitungan untuk konstanta Kerr (R_k) tiga jenis minyak kelapa pada variasi suhu

No.	Jenis Minyak	Suhu	E (V/m)	$\log E$	$\log \Delta m$	c	$\text{antilog } c = v$	$R_k (\text{m}^2/\text{V}^2)$	ΔR_k
1	Merk A	80°C	30000	4,4771	0,1139	-2,3191	0,00048	$6,570 \times 10^{-6}$	$0,404 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,2304				
3			90000	4,9542	0,3010				
4			120000	5,0791	0,4313				
5			150000	5,1761	0,4771				
6			180000	5,2552	0,5185				
1		70°C	30000	4,4771	0,0000	-3,3397	0,00046	$0,627 \times 10^{-6}$	$0,402 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,1139				
3			90000	4,9542	0,2304				
4			120000	5,0791	0,3617				
5			150000	5,1761	0,4771				
6			180000	5,2553	0,5682				
1		60°C	30000	4,4771	0,1139	-2,825	0,00150	$2,050 \times 10^{-6}$	$0,175 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,2304				
3			90000	4,9542	0,3617				

4		120000	5,0792	0,4313				
5		150000	5,1761	0,5682				
6		180000	5,2553	0,6020				
1	50°C	30000	4,4771	0,0000	-3,0481	0,00090	$1,227 \times 10^{-6}$	$0,099 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,1139				
3		90000	4,9542	0,2304				
4		120000	5,0792	0,3010				
5		150000	5,1761	0,5185				
6		180000	5,2553	0,4771				
1	40°C	30000	4,4771	0,1139	-2,7420	0,00181	$2,482 \times 10^{-6}$	$0,075 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,2304				
3		90000	4,9542	0,3010				
4		120000	5,0792	0,4313				
5		150000	5,1761	0,5185				
6		180000	5,2553	0,5682				
1	30°C	30000	4,4771	0,1139	-2,8894	0,00129	$1,765 \times 10^{-6}$	$0,149 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,4771				
3		90000	4,9542	0,5185				
4		120000	5,0792	0,6020				
5		150000	5,1761	0,6020				
6		180000	5,2553	0,6990				

1		27°C	30000	4,4771	0,1139	-2,5232	0,00299	$4,108 \times 10^{-6}$	$0,279 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,3010				
3			90000	4,9542	0,4771				
4			120000	5,0792	0,5185				
5			150000	5,1761	0,5185				
6			180000	5,2553	0,5682				
No.	Jenis Minyak	Suhu	E (V/m)	log E	logΔm	c	antilogc = v	R_k(m²/V²)	ΔR_k
1	Merk B	80°C	30000	4,4771	0,2304	-2,088	0,00817	$11,240 \times 10^{-6}$	$0,714 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,3617				
3			90000	4,9542	0,4313				
4			120000	5,0791	0,4771				
5			150000	5,1761	0,6020				
6			180000	5,2552	0,6335				
1		70°C	30000	4,4771	0,1139	-3,1344	0,00073	$1,010 \times 10^{-6}$	$0,058 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,2304				
3			90000	4,9542	0,3617				
4			120000	5,0791	0,5185				
5			150000	5,1761	0,6020				
6			180000	5,2553	0,6335				
1		60°C	30000	4,4771	0,1139	-2,3971	0,00401	$5,517 \times 10^{-6}$	$0,310 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,2304				
3			90000	4,9542	0,3010				
4			120000	5,0792	0,3617				

5		150000	5,1761	0,4771				
6		180000	5,2553	0,5682				
1	50°C	30000	4,4771	0,2304	-2,9369	0,00116	1592×10^{-6}	$0,116 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,3617				
3		90000	4,9542	0,4313				
4		120000	5,0792	0,5682				
5		150000	5,1761	0,7242				
6		180000	5,2553	0,7559				
1	40°C	30000	4,4771	0,1139	-2,5937	0,00255	$3,508 \times 10^{-6}$	$0,106 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,2304				
3		90000	4,9542	0,3010				
4		120000	5,0792	0,4313				
5		150000	5,1761	0,5185				
6		180000	5,2553	0,5682				
1	30°C	30000	4,4771	0,1139	-2,8299	0,00148	$2,033 \times 10^{-6}$	$0,170 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,4771				
3		90000	4,9542	0,5185				
4		120000	5,0792	0,5682				
5		150000	5,1761	0,6334				
6		180000	5,2553	0,6720				
1	27°C	30000	4,4771	0,2304	-2,0388	0,00915	$12,887 \times 10^{-6}$	$0,532 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,4314				

3			90000	4,9542	0,5185				
4			120000	5,0792	0,5682				
5			150000	5,1761	0,6020				
6			180000	5,2553	0,6335				
No.	Jenis Minyak	Suhu	E (V/m)	$\log E$	$\log \Delta m$	c	$\text{antilog} c = v$	$R_k (\text{m}^2/\text{V}^2)$	ΔR_k
1	Merk C	80°C	30000	4,4771	0,2304	-2,0326	0,00928	$12,834 \times 10^{-6}$	$0,642 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,3010				
3			90000	4,9542	0,4314				
4			120000	5,0791	0,4771				
5			150000	5,1761	0,5682				
6			180000	5,2552	0,6020				
1		70°C	30000	4,4771	0,3010	-1,7961	0,01599	$22,124 \times 10^{-6}$	$1,489 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,3617				
3			90000	4,9542	0,4314				
4			120000	5,0791	0,5682				
5			150000	5,1761	0,6021				
6			180000	5,2553	0,6335				
1		60°C	30000	4,4771	0,3010	-2,2768	0,00529	$7,319 \times 10^{-6}$	$0,567 \times 10^{-6}$
2			60000	4,7782	0,3617				
3			90000	4,9542	0,4771				
4			120000	5,0791	0,5682				
5			150000	5,1761	0,6721				
6			180000	5,2553	0,7243				

1	50°C	30000	4,4771	0,1139	-2,8957	0,00127	$1,759 \times 10^{-6}$	$0,149 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,2304				
3		90000	4,9542	0,3010				
4		120000	5,0791	0,4771				
5		150000	5,1761	0,5682				
6		180000	5,2553	0,6021				
1	40°C	30000	4,4771	0,2304	-2,5519	0,00281	$3,882 \times 10^{-6}$	$0,242 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,4314				
3		90000	4,9542	0,5185				
4		120000	5,0791	0,6021				
5		150000	5,1761	0,6990				
6		180000	5,2553	0,6990				
1	30°C	30000	4,4771	0,0000	-2,8180	0,00152	$2,099 \times 10^{-6}$	$0,120 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,3010				
3		90000	4,9542	0,3617				
4		120000	5,0791	0,4314				
5		150000	5,1761	0,4771				
6		180000	5,2553	0,5185				
1	27°C	30000	4,4771	0,3010	-1,8111	0,01545	$21,369 \times 10^{-6}$	$1,317 \times 10^{-6}$
2		60000	4,7782	0,5185				
3		90000	4,9542	0,5682				
4		120000	5,0791	0,6335				
5		150000	5,1761	0,6335				
6		180000	5,2553	0,6990				

Keterangan:

- E = besarnya medan listrik (V/m)
- $\text{Log } E$ = hasil logaritmik dari besarnya medan listrik (V/m)
- $\text{Log } \Delta m$ = hasil logaritmik dari banyaknya jumlah frinji yang hilang
- c = konstanta yang dihasilkan dari grafik
- R_k = Nilai koefisien Kerr (m^2/V^2)
- ΔR_k = Standart error dari nilai koefisien Kerr yang diperoleh

D. Perhitungan nilai alpha (α) sebagai parameter dari ketebalan wadah sampel

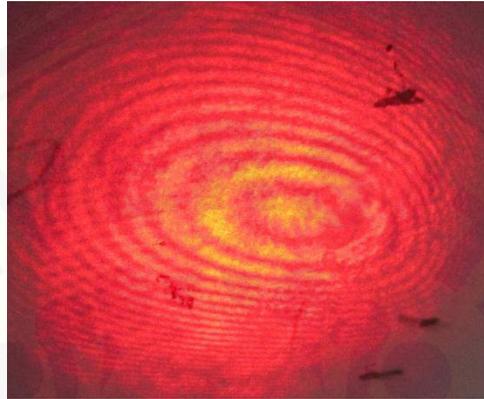
No	Medan Listrik	ζ_0	ζ	α	$\bar{\alpha}$	$\Delta\alpha$
1	0	11	11	0	0,00E+00	0
2	30000	11	11	0		
3	60000	11	11	0		
4	90000	11	11	0		
5	120000	11	11	0		
6	150000	11	11	0		
7	180000	11	11	0		

Keterangan:

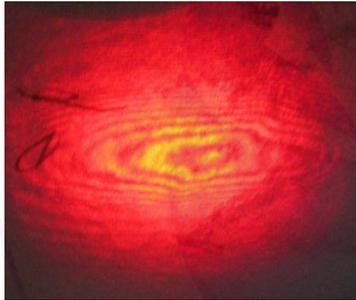
- ζ_0 = jumlah gelap terang frinji sebelum dikenai medan listrik
- ζ = jumlah gelap terang frinji setelah dikenai medan listrik
- α = nilai dari parameter dari ketebalan wadah sampel
- $\bar{\alpha}$ = nilai rata-rata untuk parameter dari ketebalan wadah sampel
- $\Delta\alpha$ = nilai standart deviasi perhitungan (α)

LAMPIRAN E

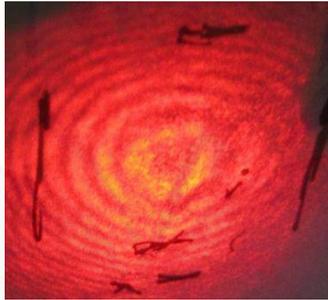
E.1 Minyak kelapa merk A suhu 40°C



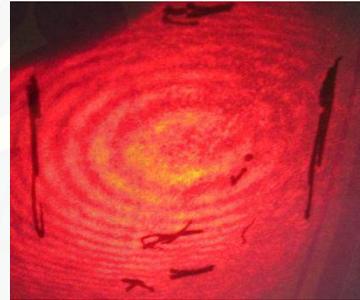
0 V/m



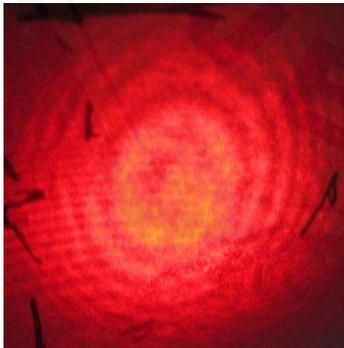
30000 V/m



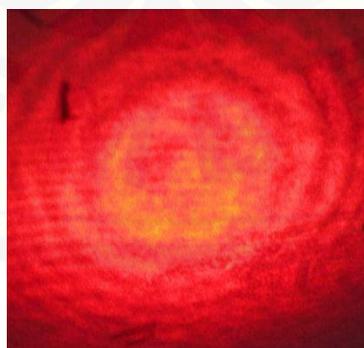
60000 V/m



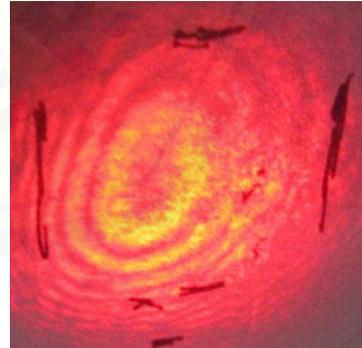
90000 V/m



120000 V/m

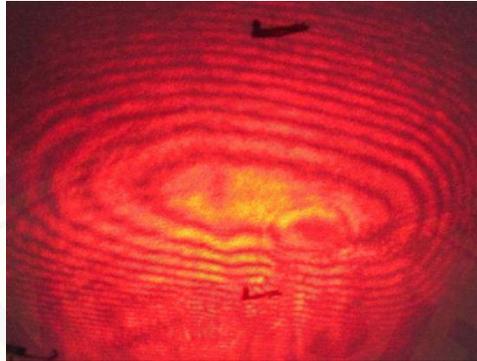


150000 V/m

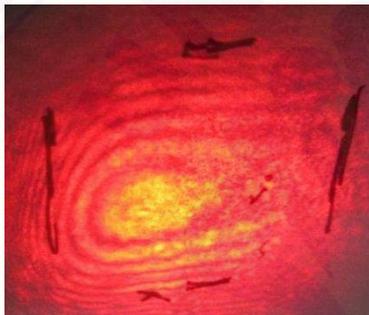


180000 V/m

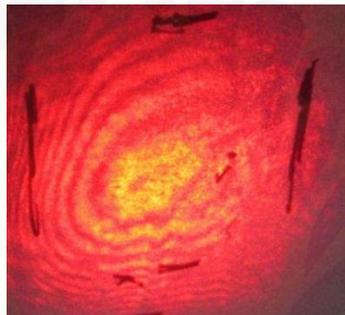
E.2 Minyak kelapa Merk B suhu 40°C



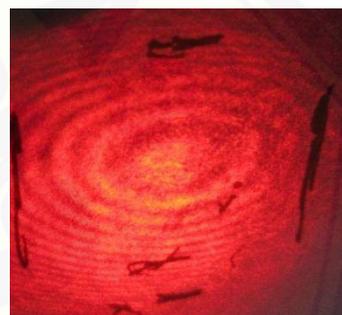
0 V/m



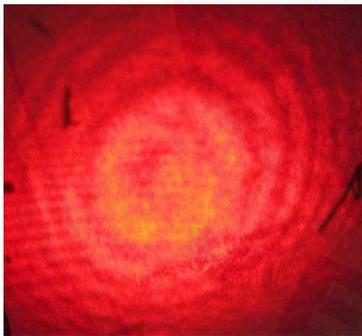
30000 V/m



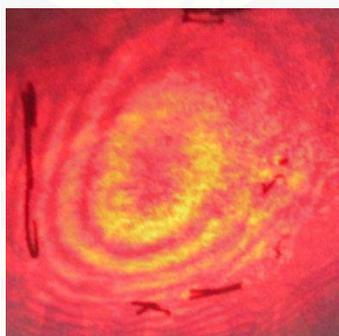
60000 V/m



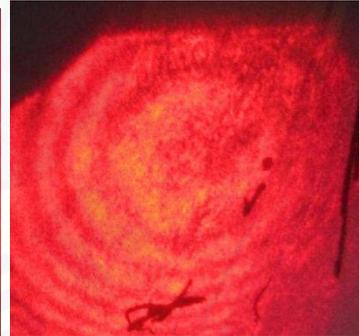
90000 V/m



120000 V/m

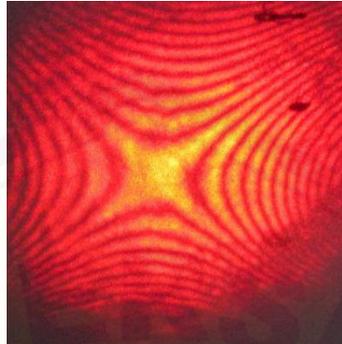


150000 V/m

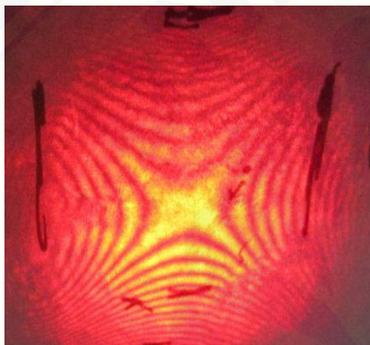


180000 V/m

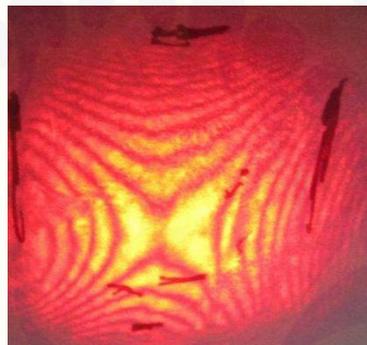
E.2 Minyak kelapa merk C suhu 40°C



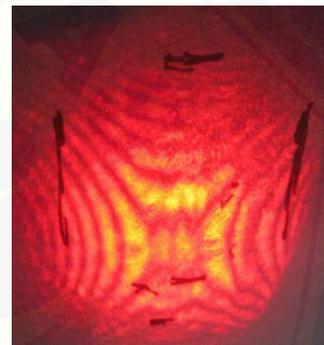
0 V/m



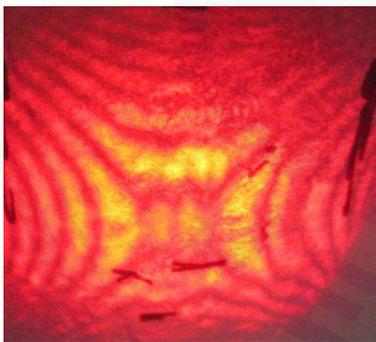
30000 V/m



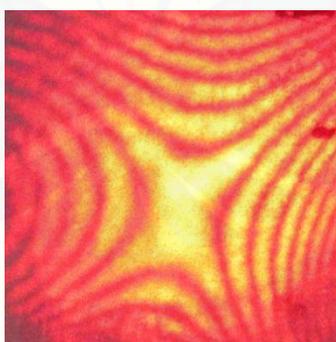
60000 V/m



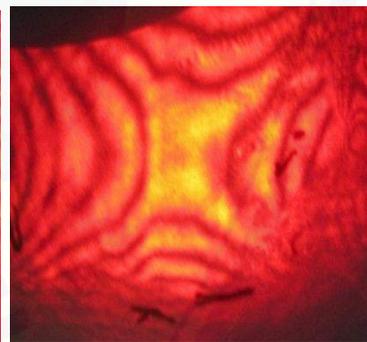
90000 V/m



120000 V/m



150000 V/m



180000 V/m