



**PENENTUAN KONSTANTA VERDET MINYAK GORENG
PADA BERBAGAI FREKUENSI PEMAKAIAN**

SKRIPSI

Oleh

**Silfiana Puspita Sari
NIM 131810201030**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**PENENTUAN KONSTANTA VERDET MINYAK GORENG
PADA BERBAGAI FREKUENSI PEMAKAIAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Silfiana Puspita Sari

NIM 131810201030

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan segala ucapan syukur dan terimakasih untuk :

1. Ayahanda Bapak Asmadi dan Ibunda Ibu Riyatul Badi'ah tercinta yang telah memberikan kasih sayang tulus, dukungan beserta doa.
2. Kakakku Alm. Ahmad Zainal Abidin Jamil dan Luluk Rojabiah yang telah memberikan dukungan dan motivasi. Serta Ponakanku Achmad Maulana Diya' Ulhaq Fahmi dan Malika Rana Ummia Lafatunisa yang selalu menghibur.
3. Seluruh guru-guruku dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui”

(Terjemahan surat Q.S Al-Baqarah: 216)*

“Tanpa impian kita tidak akan meraih apapun, tanpa cinta kita tidak akan merasakan apapun, dan tanpa ALLAH kita bukan siapa-siapa”

(Mesut Ozil – Arsenal & Jerman)**

Kamu tidak bisa kembali dan mengubah masa lalu,
maka dari itu tataplah masa depan dan jangan buat
kesalahan yang sama dua kali

(Penulis)

*)Departemen Agama RI. 2005. Al-Aliyy: Al-Qur'an dan Terjemahannya. Bandung : CV Penerbit Diponegoro.

**)Instagram of Mesut Ozil. Apr 10, 2014. At 11:44 UTC

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Silfiana Puspita Sari

NIM : 131810201030

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penentuan Konstanta Verdet Minyak Goreng pada Berbagai Frekuensi Pemakaian” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, 26 Juli 2020

Yang menyatakan,

(Silfiana Puspita Sari)

NIM 131810201030

SKRIPSI

**PENENTUAN KONSTANTA VERDET MINYAK GORENG
PADA BERBAGAI FREKUENSI PEMAKAIAN**

Oleh

Silfiana Puspita Sari

NIM 131810201030

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Konstanta Verdet Minyak Goreng pada Berbagai Frekuensi Pemakaian” karya Silfiana Puspita Sari telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Ir. Misto, M.Si.

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

NIP. 195911211991031002

NIP. 198111112005012001

Anggota II,

Anggota III,

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 197003271997022001

NIP. 197202101998021001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.

NIP 195910091986021001

RINGKASAN

Penentuan Konstanta Verdet Minyak Goreng pada Berbagai Frekuensi Pemakaian; Silfiana Puspita Sari; 131810201030; 2020; 48 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Efek Faraday merupakan peristiwa yang terjadi apabila seberkas cahaya yang melewati sebuah bahan mendapatkan pengaruh medan magnet eksternal yang kuat. Parameter yang muncul akibat efek Faraday adalah konstanta Verdet. Konstanta Verdet didapat dari perubahan sudut polarisasi cahaya saat dilewatkan pada suatu bahan akibat pengaruh medan magnet eksternal. Besarnya perubahan yang dihasilkan sangat bergantung pada keadaan bahan. Di dalam penelitian ini, observasi dilakukan terhadap bahan minyak goreng guna mengidentifikasi adanya perbedaan selama pemakaian berulang dari minyak goreng. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai konstanta Verdet minyak goreng pada berbagai frekuensi pemakaian. Minyak goreng yang digunakan ada 2 jenis, yaitu minyak goreng bermerek dan minyak goreng curah. Minyak goreng bermerek yaitu merek A dan merek B, sedangkan minyak goreng curah yaitu curah C dan curah D. Frekuensi pemakaian yang digunakan yaitu minyak goreng sebelum digunakan, setelah pemakaian pertama, setelah pemakaian kedua dan setelah pemakaian ketiga.

Metode yang digunakan dalam penelitian, yaitu metode polarisasi yang dipengaruhi medan magnet eksternal. Medan magnet eksternal yang diaplikasikan diperoleh dari lilitan solenoida. Variasi medan magnet yang diberikan yaitu 50 gauss, 80 gauss dan 100 gauss yang diukur menggunakan teslameter. Berkas cahaya yang digunakan adalah laser He-Ne ($\lambda=632,8$ nm). Berdasarkan metode yang digunakan dapat diidentifikasi beberapa variabel penelitian yang harus diukur dan ditentukan, maka disusunlah desain eksperimen yang meliputi persiapan alat dan bahan serta pengambilan data. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan nilai sudut rotasi Faraday yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai konstanta Verdet dengan menggunakan perhitungan.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai konstanta Verdet akan semakin besar seiring dengan semakin seringnya minyak goreng digunakan. Nilai konstanta Verdet terkecil ditunjukkan pada minyak goreng sebelum digunakan baik untuk minyak goreng bermerek dan minyak goreng curah. Pada minyak goreng merek A sebelum pemakaian menghasilkan konstanta Verdet sebesar $16,6903 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, merek B sebesar $20,9540 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, minyak goreng curah C sebesar $23,4028 \times$

$10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, dan minyak goreng curah D sebesar $28,0487 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Nilai konstanta Verdet terbesar ditunjukkan pada minyak goreng setelah pemakaian ketiga yaitu minyak goreng merek A sebesar $36,9322 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, minyak goreng merek B $46,2412 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, minyak goreng curah C sebesar $53,3533 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, dan minyak goreng curah D sebesar $63,2181 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Kenaikan nilai konstanta Verdet tidak sama pada setiap sampel sehingga bisa diasumsikan bahwa nilai konstanta Verdet pada suatu bahan memiliki ciri dan nilai tersendiri. Grafik hubungan frekuensi pemakaian minyak goreng dengan konstanta Verdet mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada minyak goreng setelah pemakaian ketiga. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi pemakaian minyak goreng setelah tiga kali pemakaian dapat memutar sudut rotasi Faraday yang sangat besar dibandingkan dengan frekuensi pemakaian minyak goreng sebelum digunakan.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penentuan Konstanta Verdet Minyak Goreng pada Berbagai Frekuensi Pemakaian“. Skripsi ini ditulis guna memenuhi syarat jenjang strata 1 (S1) Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Dalam penulisan ini, banyak pihak yang berjasa dalam proses penulisan sehingga penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ibu Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta ilmu yang sangat bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini;
2. Ibu Nurul Priyantari, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji 1, Bapak Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan kritik dan saran isi skripsi yang lebih baik;
3. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
4. Keluarga UKMS TITIK yang memberikan banyak ilmu dan pengalaman.
5. Bisri Mustofa yang telah memberi banyak pelajaran hidup.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Penulis sadar bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karen itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat dimanfaatkan sebagaimana semestinya.

Jember, 26 Juli 2020

Penulis

Silfiana Puspita Sari

NIM. 131810201030

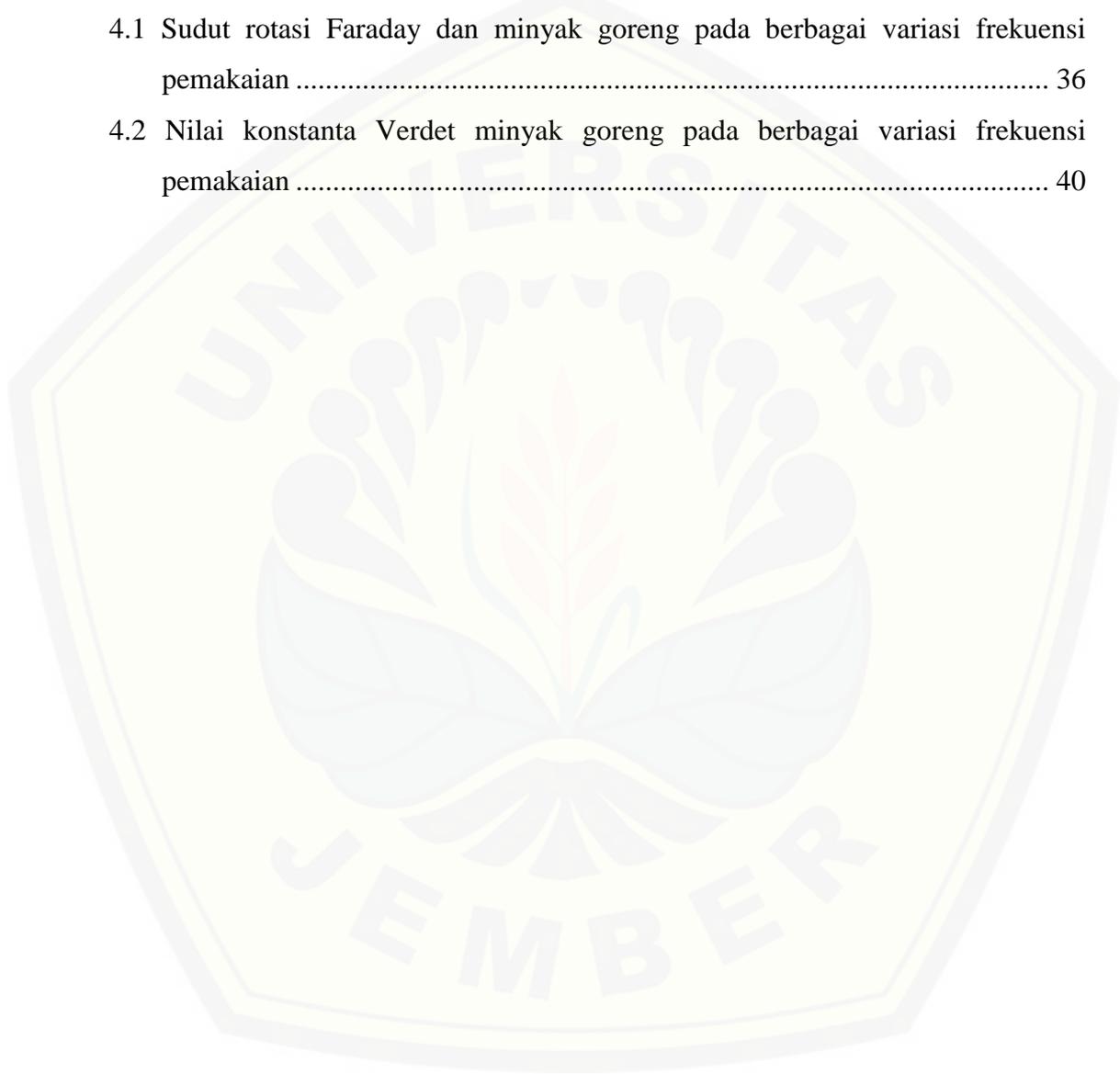
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN BIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Efek Faraday dan Konstanta Verdet	6
2.2 Polarisasi	7
2.2.1 Polarisasi Linier	8
2.2.2 Polarisasi Melingkar	9
2.2.3 Polarisasi Ellips	10
2.3 Medan Magnet	11
2.3.1 Hukum Biot-Savart.....	12
2.3.2 Medan Magnet Solenoida.....	14
2.3.3 Koil Helmholtz	16
2.4 Aktivitas Optik Bahan	16
2.5 Laser HeNe	18
2.6 Minyak Goreng	20

BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Rancangan Penelitian	24
3.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data Penelitian	26
3.3 Variabel Penelitian	26
3.3.1 Variabel Bebas.....	26
3.3.2 Variabel Terikat.....	27
3.3.3 Variabel Kontrol.....	27
3.4 Deskripsi Minyak Goreng	27
3.5 Kerangka Pemecahan Masalah	30
3.5.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	30
3.5.2 Pengambilan Data.....	31
3.5.3 Metode Analisis Data.....	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Sudut Rotasi Faraday Minyak Goreng pada Variasi Frekuensi Pemakaian	35
4.2 Konstanta Verdet Minyak Goreng pada Variasi Frekuensi Pemakaian	40
BAB 5. KESIMPULAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR TABEL

2.1 Komposisi asam lemak minyak goreng (minyak kelapa sawit).....	21
2.2 Standar mutu minyak goreng	21
4.1 Sudut rotasi Faraday dan minyak goreng pada berbagai variasi frekuensi pemakaian	36
4.2 Nilai konstanta Verdet minyak goreng pada berbagai variasi frekuensi pemakaian	40

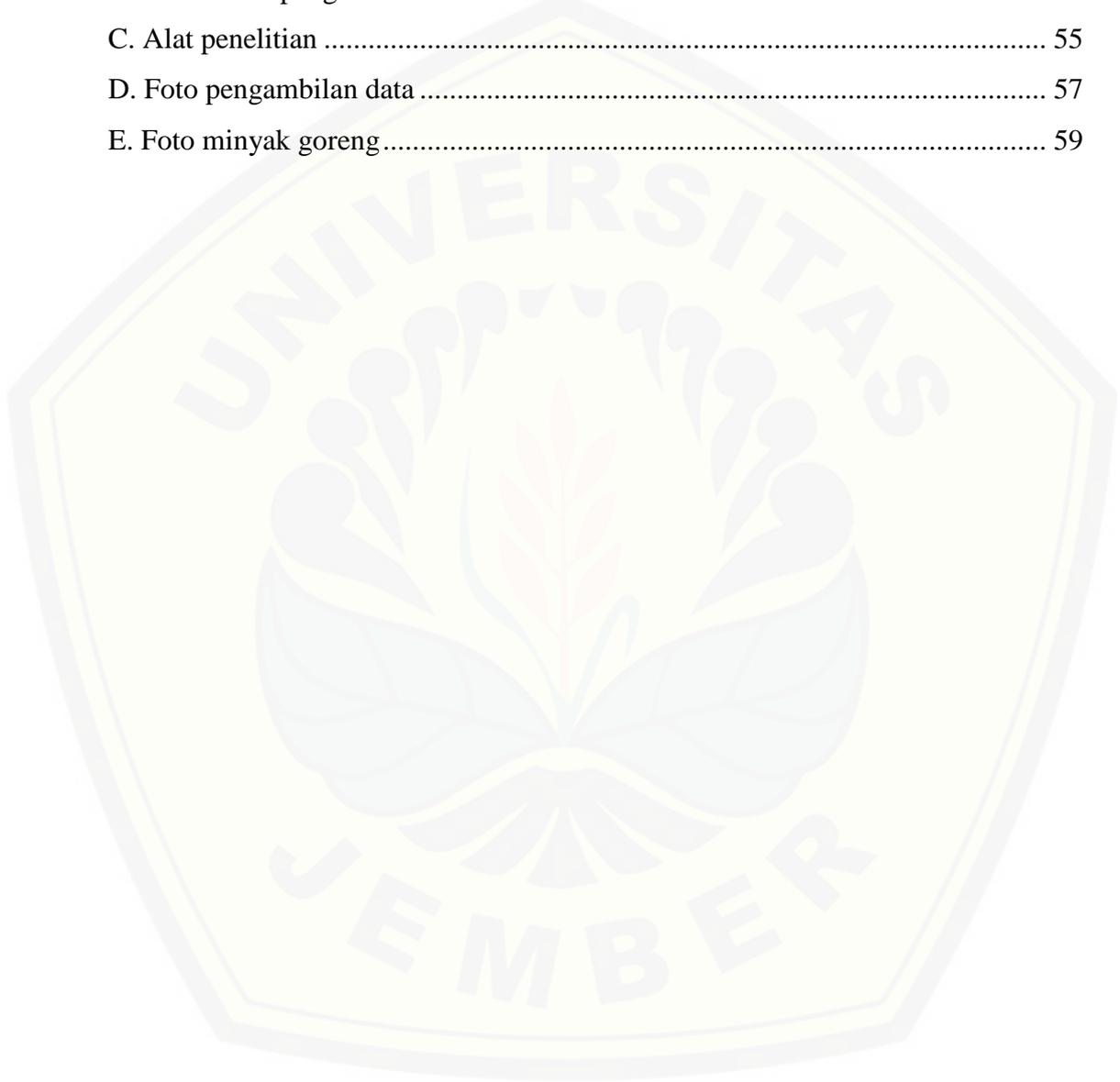


DAFTAR GAMBAR

2.1 Polarisasi linier.....	9
2.2 Polarisasi melingkar.....	10
2.3 Polarisasi ellips.....	11
2.4 Garis gaya dengan kaidah tangan kanan.....	12
2.5 Medan magnetik yang ditimbulkan oleh penghantar lurus berarus.....	13
2.6 Lilitan solenoida panjang.....	14
2.7 Garis medan magnet solenoida.....	15
2.8 Perputaran sudut polarisasi yang melalui sampel.....	17
2.9 Sumbu polarisasi mengalami perputaran.....	18
3.1 Diagram alir rancangan penelitian.....	25
3.2 Minyak goreng bermerek A.....	28
3.3 Minyak goreng bermerek B.....	28
3.4 Minyak goreng curah C.....	29
3.5 Minyak goreng curah D.....	29
3.6 Wadah sampel larutan.....	31
3.7 Desain eksperimen.....	31
4.1 Grafik hubungan frekuensi pemakaian minyak goreng dengan sudut rotasi Faraday pada minyak goreng bermerek A.....	37
4.2 Grafik hubungan frekuensi pemakaian minyak goreng dengan sudut rotasi Faraday pada minyak goreng bermerekB.....	38
4.3 Grafik hubungan frekuensi pemakaian minyak goreng dengan sudut rotasi Faraday pada minyak goreng curah C.....	38
4.4 Grafik hubungan frekuensi pemakaian minyak goreng dengan sudut rotasi Faraday pada minyak goreng curah D.....	39
4.5 Grafik hubungan frekuensi pemakaian minyak goreng dengan konstanta Verdet.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

A. Perhitungan faktor koreksi aquades	49
B. Tabel hasil pengukuran.....	50
C. Alat penelitian	55
D. Foto pengambilan data	57
E. Foto minyak goreng.....	59



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari pemurnian bagian tumbuhan atau hewan yang biasanya digunakan untuk menggoreng makanan. Konsumsi minyak goreng digunakan sebagai media menggoreng bahan pangan. Konsumsi minyak goreng terbagi dalam dua kategori yaitu minyak goreng kemasan dan curah. Minyak goreng kemasan adalah minyak goreng yang diberi merek dan dikemas dengan botol, plastik refill dan jerigen, dan diukur dalam satuan volume (liter). Minyak goreng curah adalah minyak goreng yang tidak memiliki merek dan diukur dalam satuan massa (kilogram) (Wijaya, 2005).

Minyak goreng merupakan salah satu jenis bahan transparan yang bersifat optis aktif karena memiliki atom C kiral. Bila cahaya terpolarisasi linier jatuh pada bahan optis aktif, cahaya yang datang akan tetap terpolarisasi linier dengan arah bidang getar membentuk sudut β terhadap arah bidang getar semula (Pujiyanto, 2007). Parameter kualitas minyak meliputi sifat fisik dan kimia. Sifat fisik antara lain: warna, bau, kelarutan, titik cair dan polimerfisme, titik didih, titik pelunakan, slipping point, shot melting point, berat jenis, viskositas, indeks bias, titik kekeruhan (turbidity point), titik asap, titik nyala dan titik api (Ketaren, 1986).

Menurut Nailatussaadah (2009) tentang uji kualitas minyak goreng berdasarkan perubahan sudut polarisasi cahaya menunjukkan bahwa minyak goreng yang paling baik yaitu minyak goreng dengan sudut polarisasi yang terkecil. Semakin sering minyak goreng digunakan maka sudut polarisasi akan semakin naik. Hal ini dikarenakan minyak goreng yang sering digunakan akan sering mengalami pemanasan. Minyak goreng yang belum dipakai mempunyai sudut polarisasi yang paling kecil dan minyak goreng yang dipakai berulang-ulang akan mempunyai sudut polarisasi yang semakin besar.

Cahaya akan mengalami efek elektromagnetik pada saat melewati medan magnet atau medan listrik dan dikenal sebagai efek magneto-optik. Efek magneto-optik merupakan sifat cahaya pada saat cahaya bergerak melewati medan magnet yang kuat. Pada tahun 1845, Michael Faraday meneliti sifat ini untuk pertama

kalinya dan mendapatkan bahwa perubahan intensitas medan magnetik eksternal dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi. Hasil pengukuran terhadap perubahan sudut polarisasi cahaya (disebut juga sudut rotasi Faraday) menghasilkan sebuah konstanta yang menunjukkan karakteristik magneto-optik cahaya saat merambat di dalam sebuah bahan transparan. Parameter yang muncul akibat efek Faraday ini adalah konstanta Verdet (Sumantri et. al., 2006).

Fenomena efek Faraday lazim dijumpai dalam peristiwa perambatan gelombang elektromagnetik di dalam bahan di bawah pengaruh medan magnet, yang diamati melalui adanya perubahan sudut bidang polarisasi cahaya (rotasi Faraday) yang terpolarisasi linear. Berdasarkan hubungan antara besarnya perputaran sudut dari bidang polarisasi cahaya yang melewati bahan optik dan variasi medan magnet eksternal yang diberikan, akan diperoleh suatu fungsi linier. Karakteristik ini juga muncul pada beberapa bahan dengan perlakuan tertentu sedemikian hingga memiliki indeks bias yang berbeda. Hapsari et. al. (2005) menyebutkan bahwasannya perbedaan indeks bias dan komponen lain dari bahan dapat menyebabkan terjadinya polarisasi putar kanan dan putar kiri saat cahaya dengan panjang gelombang tertentu melewati bahan di bawah pengaruh medan magnet eksternal. Prayitno et. al. (2005) juga menyebutkan bahwa temperatur zat, struktur zat yang dilewati cahaya, dan konsentrasi zat cair juga dapat mempengaruhi perubahan sudut polarisasi. Dengan demikian, karakteristik konstanta Verdet yang diperoleh melalui efek Faraday akan dapat pula dianalisis saat bahan diberikan sebuah perlakuan.

Konstanta Verdet adalah karakteristik suatu bahan dan nilainya sangat bergantung pada konsentrasi bahan, temperatur ruang, dan panjang gelombang cahaya yang digunakan. Konstanta Verdet dalam hal ini akan merepresentasikan kekuatan dari efek Faraday. Konstanta Verdet didapat dari pergeseran sudut polarisasi cahaya saat dilewatkan pada suatu bahan dengan pengaruh medan magnet yang selanjutnya digunakan untuk menghitung konstanta Verdet. Besar sudut polarisasi yang dihasilkan untuk menentukan konstanta Verdet sangat bergantung pada sifat kritis bahan (Sugiyarni, 2010). Besarnya nilai konstanta

Verdet bisa dipengaruhi oleh panjang gelombang cahaya, konsentrasi bahan, dan indeks bias (Pedrotti dan Bandettini, 1990).

Penelitian pengukuran konstanta Verdet sebelumnya dilakukan oleh Ali et al. (2000) mengenai pengukuran konstanta Verdet minyak zaitun untuk sensor medan magnet. Penelitian dilakukan dengan menggunakan lima variasi panjang gelombang, yaitu 405 nm, 532 nm, 632,8 nm, 650 nm, dan 804,3 nm. Hasil penelitian untuk nilai konstanta Verdet dengan lima variasi panjang gelombang tersebut adalah nilai konstanta Verdet minyak zaitun tertinggi terjadi pada panjang gelombang 650 nm dan nilai konstanta Verdet terkecil pada panjang gelombang 532 nm. Oleh karena itu, untuk pengukuran konstanta Verdet minyak zaitun pada penelitian ini panjang gelombang yang baik digunakan pada panjang gelombang 650 nm dan dapat digunakan sebagai sensor untuk medan magnet dengan perubahan sudut rotasi Faraday. Penelitian lain juga dilakukan oleh Hapsari et al. (2005) tentang penentuan nilai konstanta Verdet beberapa bahan cair dengan menggunakan medan magnet *Direct Current* (DC) dengan panjang gelombang 632,8 nm. Hasil yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah nilai konstanta Verdet dipengaruhi oleh sifat bahan, ikatan kimia antar molekul, dan panjang gelombang yang digunakan.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini dilakukan penentuan konstanta Verdet suatu bahan, dengan mengamati sudut rotasi Faraday yang dihasilkan oleh Laser pada saat bahan diberikan perlakuan medan magnet eksternal. Bahan yang akan dianalisis dalam hal ini adalah minyak goreng. Oleh karena temperatur dan sifat bahan dapat mempengaruhi besarnya konstanta Verdet, maka perubahan yang dimiliki oleh minyak goreng akibat adanya pemakaian diharapkan turut mempengaruhi konstanta tersebut. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran adanya pengaruh pemakaian minyak goreng terhadap konstanta Verdet. Adapun pemakaian minyak goreng akan dibatasi hanya pada variasi frekuensi pemakaian minyak.

Penentuan nilai konstanta Verdet dari minyak goreng pada berbagai variasi pemakaian dilakukan dalam rangka memperkaya informasi berkenaan dengan sifat optik dari minyak goreng. Dalam penelitian sebelumnya, telah disampaikan

bahwasannya minyak goreng yang digunakan dalam tiga kali pengulangan pakai dapat menyebabkan nilai indeks bias minyak meningkat cukup besar (Prameswari, 2014). Pengulangan pemakaian minyak goreng dapat menurunkan kerapatan minyak goreng, sehingga menyebabkan nilai indeks bias minyak goreng mengalami perubahan. Karakteristik perubahan indeks bias dalam penelitian tersebut diukur berdasarkan sifat pemantulan cahaya oleh minyak goreng. Disamping memiliki sifat reflektif, cahaya juga dapat mengalami perubahan arah bidang polarisasi akibat perlakuan medan magnet eksternal yang diberikan. Dari sini, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian fisis mengenai karakteristik minyak goreng berdasarkan sifat magneto-optik cahaya saat melewati bahan, melalui gejala polarisasi cahaya di dalam bahan.

Di dalam penentuan konstanta Verdet, parameter utama yang akan diukur adalah besarnya sudut rotasi Faraday (perubahan sudut polarisasi cahaya) dari berkas cahaya monokromatik. Melalui kombinasi dua polarizer yang mengapit bahan uji (minyak goreng) yang diberi medan magnet eksternal, maka akan diukur besarnya sudut rotasi Faraday saat terjadi perubahan intensitas cahaya laser. Sudut rotasi Faraday diperoleh dengan mengukur besar perputaran sudut polarisasi yang bisa terbaca pada analizer (polarizer kedua) hingga diperoleh intensitas cahaya maksimum. Besarnya sudut ini akan diamati pada berbagai variasi medan magnet eksternal. Bahan yang akan digunakan adalah dua jenis minyak goreng, yakni meliputi minyak goreng bermerek dan minyak goreng curah, pada 4 macam variasi pemakaian. Variasi yang diberikan adalah minyak goreng sebelum dipakai dan minyak goreng setelah dipakai dan diulang kembali pemakaiannya hingga sebanyak 3 kali pemakaian. Adapun sumber medan magnet diperoleh dengan mengalirkan arus listrik searah (DC) pada sebuah solenoid yang dililitkan pada wadah sampel, dan cahaya yang akan diamati sifat polarisasinya dengan menggunakan laser He-Ne.

1.2 Rumusan Masalah

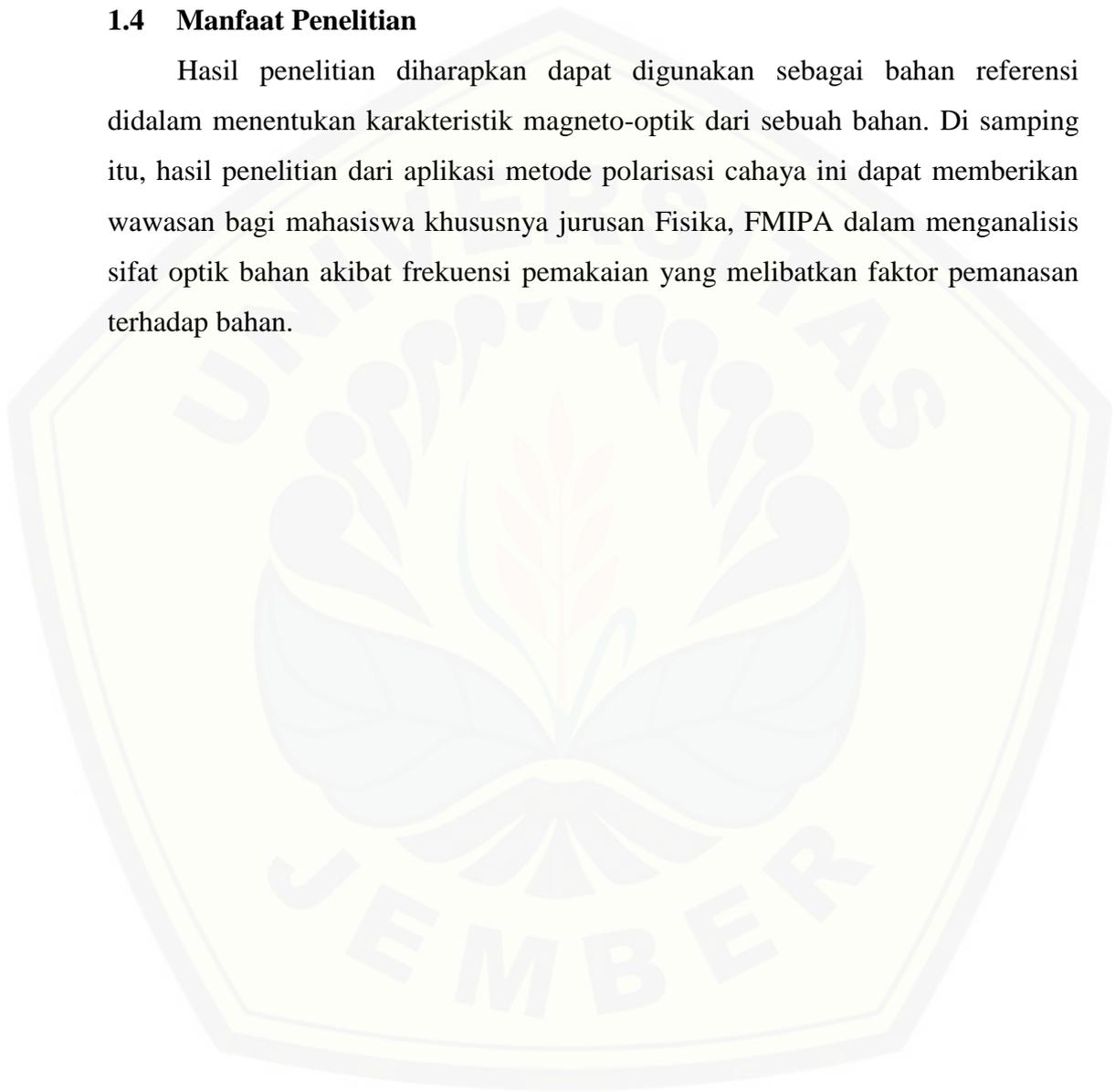
Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu bagaimana nilai konstanta Verdet dari minyak goreng pada berbagai variasi frekuensi pemakaian.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai konstanta Verdet dari minyak goreng pada berbagai variasi frekuensi pemakaian.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai bahan referensi didalam menentukan karakteristik magneto-optik dari sebuah bahan. Di samping itu, hasil penelitian dari aplikasi metode polarisasi cahaya ini dapat memberikan wawasan bagi mahasiswa khususnya jurusan Fisika, FMIPA dalam menganalisis sifat optik bahan akibat frekuensi pemakaian yang melibatkan faktor pemanasan terhadap bahan.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Efek Faraday dan Konstanta Verdet

Ketika cahaya merambat di dalam sebuah medium, beberapa sifat khusus dapat dialami oleh cahaya, seperti gejala interferensi, refleksi, dispersi, difraksi, hamburan, absorpsi dan polarisasi. Fenomena tersebut dapat muncul secara alami maupun melalui stimulus tertentu. Sebagai contoh adalah pemberian medan magnet eksternal kepada bahan dapat memberikan efek magneto-optik terhadap cahaya, dalam bentuk perubahan bidang polarisasi cahaya.

Efek magneto-optik adalah perilaku cahaya yang terjadi ketika cahaya melewati suatu bahan di bawah pengaruh adanya medan magnet yang kuat. Fenomena ini diteliti pertama kali oleh Michael Faraday pada tahun 1845 (Yousif, 2017). Efek magneto-optik menunjukkan bahwa ketika cahaya terpolarisasi melewati sepotong kaca yang diletakkan dalam medan magnet, bidang polarisasi cahaya yang diteruskan berputar, dan efek ini disebut dengan efek Faraday. Apabila suatu bahan optik aktif ditempatkan pada suatu medan magnet kuat yang kemudian ditransmisikan cahaya pada arah medan magnet tersebut, maka arah polarisasinya berputar sebesar sudut θ . Cahaya terpolarisasi yang melewati lintasan dengan pengaruh medan magnet akan mengalami perubahan sudut. Nilai perubahan sudut atau rotasi Faraday θ akan sebanding dengan nilai medan magnet B yang mempengaruhi, dan panjang lintasan L yang dilewati oleh cahaya terpolarisasi (Jain et. al., 1998). Hubungan antara sudut rotasi Faraday dengan medan magnet dalam bahan dapat dituliskan dalam persamaan 2.1 :

$$\theta = VBL \quad (2.1)$$

Keterangan :

θ = Rotasi Faraday (perubahan sudut pada analyzer *rad*)

V = Konstanta Verdet (*rad.gauss⁻¹cm⁻¹*)

B = Medan magnet (gauss)

L = Panjang wadah larutan/sampel (cm)

Efek Faraday pada suatu bahan yang tidak terpengaruh oleh medan magnet atau medan listrik akan memiliki sifat isotrop, yang dimana sifat isotrop merupakan sifat bahan yang apabila dilewati cahaya akan bergerak sama ke segala arah. Pada suatu bahan yang dipengaruhi oleh medan magnet atau medan listrik akan memiliki sifat anisotrop, dimana sifat anisotrop merupakan sifat bahan yang apabila dilewati cahaya akan bergerak tidak sama ke segala arah. Peristiwa tersebut akan mempengaruhi polarisasi cahaya yang melewati bahan yang dipengaruhi medan magnet atau medan listrik. Perubahan sudut yang terjadi sebelum dan sesudah dipengaruhi medan magnet atau medan listrik pada bahan disebut sebagai efek Faraday atau rotasi Faraday (Sumantri et al., 2006).

2.2 Polarisasi

Polarisasi merupakan proses pembatasan getaran vektor yang membentuk suatu gelombang transversal sehingga menjadi satu arah. Polarisasi terjadi hanya pada gelombang transversal saja dan tidak dapat terjadi pada gelombang longitudinal. Hal ini terjadi dimana cahaya akan merambat tegak lurus terhadap arah osilasinya dengan syarat arah gelombangnya tegak lurus terhadap bidang rambatnya. Ketika sebuah cahaya terpolarisasi linier dilewatkan pada polarizer, terjadi perubahan intensitas dari cahaya sedemikian hingga akan terbentuk intensitas maksimum dan intensitas minimum secara berulang, sesuai dengan arah sumbu optik yang ditentukan pada polarizer. Dalam hal ini, polarizer berfungsi sebagai analizer. Intensitas maksimum terjadi apabila bidang getar cahaya polarisasi dan sumbu optik analizer sebesar nol derajat. Intensitas minimum apabila bidang getar cahaya polarisasi dan sumbu optik analizer tegak lurus. Intensitas cahaya dapat berubah karena dipengaruhi oleh perubahan sudut antara bidang getar cahaya polarisasi dan sumbu optik analizer (Young dan Freedman, 2001).

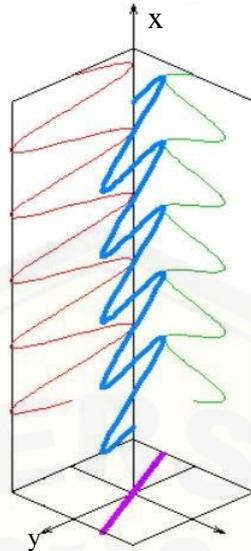
Cahaya akan terpolarisasi oleh polarisator, polarisator diciptakan oleh E. H. Land pada tahun 1983. Polarisor disebut juga filter karena hanya bisa meloloskan satu cahaya dengan arah tertentu dan yang lainnya akan diserap. Peristiwa polarisasi adalah perubahan arah getaran gelombang cahaya menjadi

satu arah getaran. Bidang getar yang sejajar dengan polarisator akan diteruskan dan bidang getar yang tegak lurus akan diserap (Tripler, 2001). Cahaya yang dilewatkan polarisator akan mengalami perubahan intensitas dan membentuk pola tertentu. Pola yang terbentuk menunjukkan intensitas maksimum dan intensitas minimum secara berulang (Young dan Freedman, 2001). Intensitas maksimum terjadi apabila bidang getar cahaya polarisasi dan sumbu optik analizer sebesar nol derajat. Intensitas minimum apabila bidang getar cahaya polarisasi dan sumbu optik analizer tegak lurus. Intensitas cahaya dapat berubah karena dipengaruhi oleh perubahan sudut antara bidang getar cahaya polarisasi dan sumbu optik analizer (Rossi, 1957).

Menurut Kristi dan Yuniati (2012) polarisasi merupakan perubahan arah getar yang semula acak menjadi satu arah getar, peristiwa ini merupakan karakteristik dari gelombang transversal. Gelombang transversal merupakan gelombang dengan arah tegak lurus terhadap arah rambatnya. Gelombang transversal bisa dijumpai pada seutas tali dengan arah sumbu X dan digetarkan searah sumbu Y, maka gelombang transversal akan terbentuk pada bidang ZY. Saat tali digetarkan terhadap sumbu Z, maka gelombang transversal akan terbentuk pada bidang XZ. Dan saat tali hanya digetarkan searah sumbu Y maka gelombang bisa dikatakan terpolarisasi linier terhadap sumbu Y (Kartina, 2011).

2.2.1 Polarisasi Linier

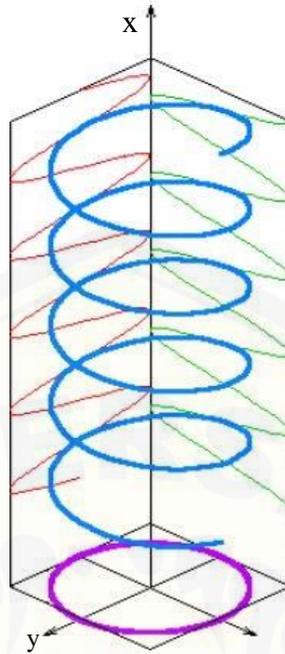
Cahaya terpolarisasi linier jika medan listriknya bergetar pada suatu garis lurus. Rambatan gelombang medan listrik bersamaan dengan gelombang medan magnet. Bila gelombang hanya mempunyai pergeseran y , maka gelombang tersebut terpolarisasi linier dan bergetar merambat dari arah y . Polarisasi ditunjukkan pada Gambar 2.1. Warna merah menunjukkan medan magnet B warna biru menunjukkan medan listrik, warna hijau menunjukkan medan listrik E dan warna ungu menunjukkan jenis polarisasi linier.



Gambar 2.1 Polarisasi linier (Sugiyarni, 2010)

2.2.2 Polarisasi Melingkar

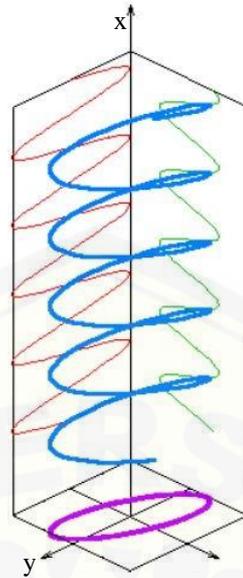
Jika vektor medan listriknya berputar pada lingkaran, maka cahaya dikatakan terpolarisasi melingkar. Polarisasi cahaya melingkar terdiri dari dua gelombang bidang elektromagnetik yang tegak lurus, dengan amplitudo sama dan beda fase 90° . Jika ujung vektor medan listrik pada gelombang yang menjalar berputar searah jarum jam, maka disebut polarisasi melingkar arah kanan. Sebaliknya jika berlawanan dengan arah jarum jam, disebut polarisasi melingkar arah kiri. Polarisasi melingkar ditunjukkan oleh lingkaran berwarna ungu pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Polarisasi melingkar (Sugiyarni, 2010)

2.2.3 Polarisasi Ellips

Hasil superposisi yang memberikan vektor medan listrik yang ujungnya berputar pada sebuah ellips. Cahaya yang dipolarisasikan ellips terdiri dari dua gelombang yang tegak lurus, dengan amplitudo yang tidak sama dan beda fase 90° . Gelombang dengan polarisasi melingkar dan ellips dapat diuraikan menjadi dua gelombang dengan polarisasi tegak lurus. Polarisasi ellips ini ditunjukkan pada Gambar 2.3.



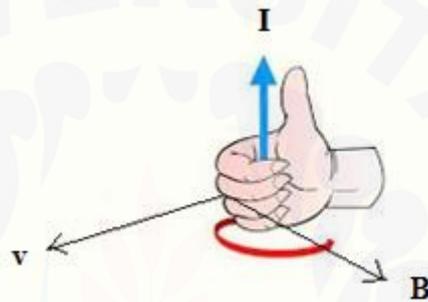
Gambar 2.3 Polarisasi ellips (Sugiyarni, 2010)

2.3 Medan Magnet

Medan magnet merupakan daerah yang dipengaruhi oleh magnet. Magnet bisa diartikan sebagai benda yang dapat menarik benda lain. Medan magnet adalah medan gaya yang konservatif, sebagaimana usaha oleh muatan magnet yang bergerak dari satu titik ke titik lainnya, tak tergantung lintasan yang ditempuhnya, khususnya usaha dari satu titik kembali ke titik itu lagi adalah nol. Menurut hasil tersebut, usaha sepanjang garis gaya sekeliling arus listrik tidaklah nol melainkan sama dengan arus yang dikelilinginya. Hal ini tentu disebabkan oleh sifat rotasi garis gaya medan magnet arus listrik (Jati dan Priyambodo, 2010). Sepotong besi akan tertarik oleh magnet yang ada didekatnya dan akan memiliki sifat magnet, saat besi digantung bebas maka sifat magnet itu akan mengarah ke kutub nya masing-masing. Kutub magnet berkebalikan dengan kutub bumi, kutub utara magnet akan mengarah menuju kutub selatan bumi, dan kutub selatan magnet akan mengarah menuju kutub utara bumi (Kurniawan et. al., 2013).

Menurut (Serway dan Jewett, 2004) medan magnet tidak hanya dihasilkan oleh magnet, tetapi juga dihasilkan oleh arus yang mengalir melalui sebuah kawat penghantar, namun hanya sementara. Hans Christian Oersted (1777-1851)

menemukan bahwa arus yang mengalir pada sebuah kawat dapat menghasilkan sifat magnetik dan dapat merubah orientasi kompas. Medan magnet yang dihasilkan oleh kawat berarus memiliki arah melingkar mengelilingi kawat, dan lebih dikenal dengan kaidah tangan kanan. Saat keadaan tangan menggenggam kawat, ibu jari menunjukkan arah arus dan keempat jari lainnya menunjukkan arah putaran garis-garis gaya magnet. Satuan SI dari medan magnet adalah Tesla (T), dalam sistem cgs satuannya adalah Gauss (G), dimana $1\text{T} = 10^4\text{G}$ (Endarko dan Yudoyono, 2007).

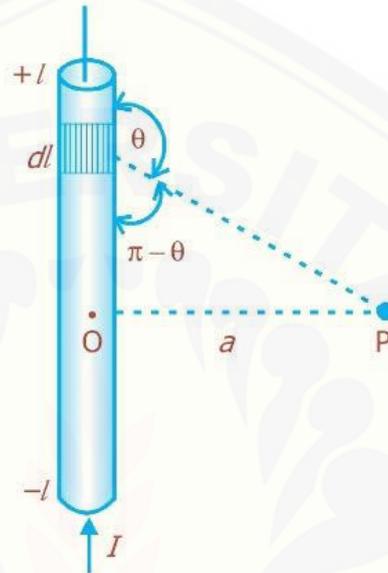


Gambar 2.4 Garis gaya dengan kaidah tangan kanan (Endarko dan Yudoyono, 2007)

2.3.1 Hukum Biot-Savart

Penelitian Oersted pada tahun 1819 menurut Hewitt (2005) menunjukkan bahwa jarum kompas dapat dipengaruhi oleh konduktor yang dialiri arus listrik, kemudian Jean-Baptiste Biot (1774-1862) dan Felix Savart (1791-1841) melakukan percobaan mengenai yang diberikan oleh arus listrik pada magnet didekatnya. Hasil percobaan Biot-Savart menemukan suatu persamaan matematika yang menunjukkan nilai medan magnet suatu titik dalam ruang dengan arus yang menghasilkan medan tersebut. Percobaan Biot-Savart menunjukkan bahwa besar induksi magnet adalah sebanding dengan kuat arus listrik (I), sebanding dengan panjang elemen kawat penghantar, berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara titik ke elemen kawat penghantar ($\frac{1}{r^2}$) dan sebanding dengan sinus sudut apit antara arah arus dan garis penghubung titik ke elemen kawat penghantar ($\sin \theta$).

Medan magnet disekitar arus listrik bisa ditentukan dengan hukum Biot-Savart. Kawat konduktor dengan arus listrik I mengalir didalamnya dengan elemen kawat memiliki panjang $d\vec{L}$. Arah $d\vec{L}$ sama dengan arah arus, elemen kawat dinyatakan dengan notasi vektor, medan magnet pada titik P dengan vektor posisi \vec{r} terhadap elemen kawat.



Gambar 2.5 Medan magnetik yang ditimbulkan oleh penghantar lurus berarus (Astuti, 2012)

Gambar 2.5 menunjukkan geometri untuk menghitung medan magnet B dititik P akibat arus dalam potongan kawat lurus. Kawat dengan panjang tak hingga yang dialiri arus I , kuat medan magnet pada titik P yang ditimbulkan arus pada elemen dl :

$$dB = kI dl \frac{\sin\theta}{r^2} \quad (2.2)$$

dengan k adalah konstanta hubungan

$$k = \frac{\mu_0}{4\pi} \quad (2.3)$$

maka,

$$dB = \mu_0 I dl \frac{\sin\theta}{4\pi r^2} \quad (2.4)$$

Medan magnet B pada titik P karena arus yang mengalir pada kawat adalah penjumlahan skalar kuat medan magnet yang diakibatkan oleh masing-masing elemen. Untuk kawat lurus panjang tak hingga persamaannya adalah

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \quad (2.5)$$

Keterangan:

B = Kuat medan magnetik di titik P (Wb/m^2 atau T)

μ_0 = Permeabilitas ruang hampa (T.m/A)

I = Kuat arus (A)

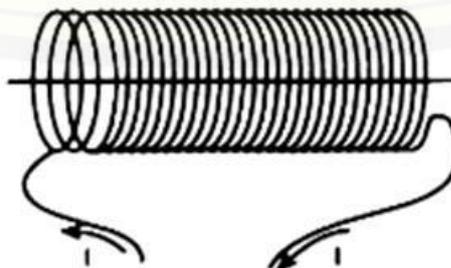
A = Jarak titik P ke kawat berarus (m)

Arah induksi medan magnet yang ditimbulkan oleh kawat penghantar lurus bisa ditentukan dengan menggunakan kaidah tangan kanan.

2.3.2 Medan Magnet Solenoida

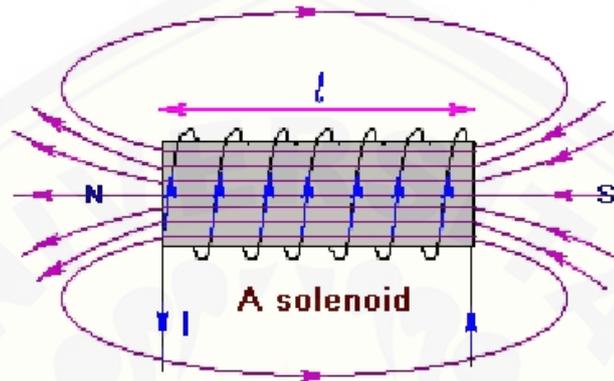
Solenoida adalah kawat berbentuk pegas yang disusun melingkar dengan ukuran sama besar. Solenoida bisa disebut susunan cincin sejenis dengan jumlah yang sangat banyak dan membawa arus I yang sama besar. Medan magnet dari solenoida didapat dengan menjumlahkan masing-masing medan magnet pada komponen arus melingkar. Medan magnet pada solenoida ditunjukkan oleh garis gaya magnetik yang berupa fluktuansi diruangan antar loop. Medan solenoida hanya dihitung di titik-titik sumbu (Alonso dan Finn, 1994).

Solenoida berbentuk struktur silindris yang terdiri dari banyak lilitan. Bentuk solenoida dapat ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Lilitan solenoida panjang (Astuti, 2012)

Lilitan pada solenoida akan menghasilkan medan magnet yang sama atau seragam, dan menghasilkan medan magnet yang kuat pada pusat solenoida atau ditengahnya. Perubahan arah arus pada solenoida akan merubah arah pada medan magnet yang dihasilkan. Arah medan magnet solenoida diilustrasikan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Garis medan magnet solenoida (Suresh et. al., 2015)

Pada Gambar 2.7 dapat dilihat bahwa arah garis medan magnet pada solenoida sama dengan arah perambatan arus yang mengalir pada kawat lilitan solenoida. Jika pada solenoida terdapat batang besi yang sebagiannya ditempatkan didalam solenoida, maka batang besi akan bergerak masuk ke solenoida saat arus dialirkan pada solenoida (Buschow dan de Boer, 2004). Menurut Suharyanto et. al. (2009) menentukan nilai besarnya induksi magnetik dipusat lilitan solenoida dengan panjang l dan jumlah lilitan N adalah

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l} \quad (2.6)$$

Sedangkan untuk menentukan besar induksi magnet pada ujung solenoida adalah

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2l} \quad (2.7)$$

Keterangan :

B = Medan Magnet (T)

μ_0 = Konstanta permeabilitas ruang hampa ($4\pi \times 10^{-7} Tm/A$)

I = Kuat arus yang mengalir pada lilitan solenoida (A)

l = Panjang solenoida (m)

N = Jumlah lilitan

2.3.3 Koil Helmholtz

Kumparan Helmholtz adalah suatu divais yang bisa menghasilkan medan magnet. Helmholtz sendiri diambil dari nama fisikawan dari Jerman yang bernama Hermann von Helmholtz. Kumparan Helmholtz disusun dari dua buah kumparan identik, dikatakan identik karena diameter kawat, jumlah lilitan, ukuran, dan bentuknya semua sama. Kedua kumparan diposisikan secara paralel, simetris dengan jarak (r dalam meter) dimana jarak antar kumparan sama dengan medan magnet yang dihasilkan akan sama (Arjadi, 2006). Besar medan magnet yang jari-jari kumparan, dan disambungkan secara seri dengan arus searah sehingga dihasilkan akan bergantung dengan kuat arus (I) yang diberikan, jumlah lilitan (N), serta jari-jari kedua kumparan (r). Besar medan magnet yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan kuat arus dan jumlah lilitan serta berbanding terbalik dengan jarak kedua kumparan (Reitz, 1993). Nilai (B) pada koil Helmholtz didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad (2.8)$$

Keterangan :

B = Medan magnet (T)

μ_0 = Konstanta permeabilitas ($4\pi \times 10^{-7} Tm/A$)

I = Kuat arus pada koil Helmholtz (A)

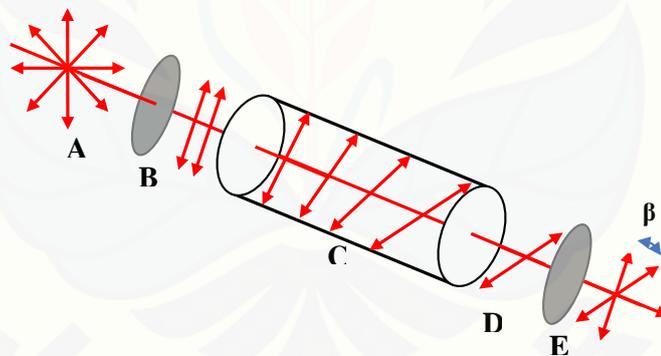
r = Jarak antara kumparan (m)

2.4 Aktivitas Optik Bahan

Aktivitas optik bahan adalah kemampuan suatu bahan dalam memutar sumbu polarisasi suatu cahaya. Cahaya terpolarisasi yang diputar sumbunya terjadi karena sifat optik dari bahan yang dilalui oleh cahaya yang terpolarisasi. Sumbu polarisasi akan terputar oleh sifat optik aktif dari larutan yang digunakan dalam sampel penelitian. Perputaran sumbu polarisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, faktor konsentrasi larutan, panjang wadah larutan, dan faktor-faktor

lainnya (Phywe, 1986). Semakin besar nilai konsentrasi maka semakin besar pula perputaran sumbu polarisasi. Semakin panjang wadah yang digunakan juga akan menambah semakin besar perputaran sumbu polarisasi yang terjadi (Prayitno et al., 2005).

Sifat optik dari bahan bisa diukur nilainya dengan menggunakan polarimeter yang terdiri dari dua buah lensa polarizer dan lensa analizer. Polarizer diletakkan di depan bahan yang akan diukur sifat optiknya guna untuk mempolarisasikan cahaya tak terpolarisasi dan untuk melewati bahan, cahaya yang merambat akan diputar oleh bahan yang memiliki nilai konsentrasi tertentu dan panjang wadah yang digunakan tertentu. Analizer diletakkan di belakang wadah bahan untuk mengetahui nilai perputaran sudut polarisasi oleh bahan dan diukur intensitas cahaya keluar pada photometer, analizer akan menganalisa arah sumbu polarisasi cahaya yang dilewatkan bahan dengan cara diputar sampai nilai intensitas menunjukkan seperti intensitas awal (Cotsuci dan Dorohai, 2007). Sketsa proses polarisasi dari bahan optik ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Perputaran sudut polarisasi yang melalui sampel (Phywe, 1986)

Keterangan :

A = Sumber cahaya alami

B = Cahaya terpolarisasi

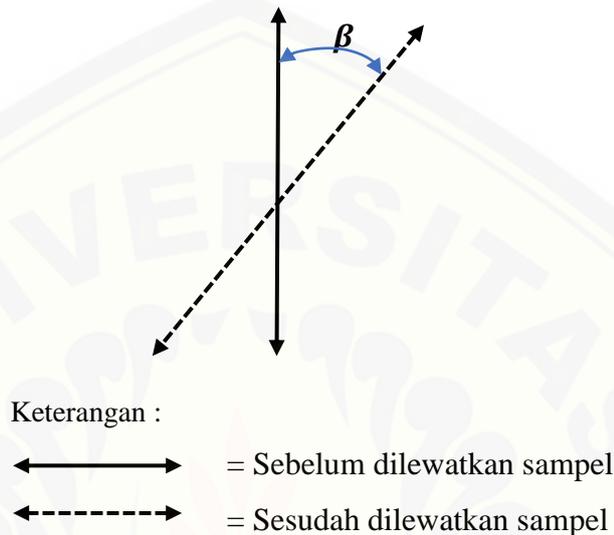
C = Bahan sampel yang dilalui cahaya

D = Cahaya setelah melalui bahan

E = Analizer

β = Sudut perputaran sumbu rambat cahaya terpolarisasi

Cahaya terpolarisasi akan mengalami perubahan sudut sumbu polarisasi setelah melewati sampel bahan dan akan dianalisa oleh analizer yang digunakan. Perubahan sudut polarisasi terhadap sumbu apabila diilustrasikan dari depan analizer akan terlihat seperti Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9 Sumbu polarisasi mengalami perputaran (Phywe, 1986)

Perputaran sumbu polarisasi terjadi setelah cahaya melewati sampel sebesar β dan nilai perputaran sumbu polarisasi disebabkan oleh konsentrasi larutan sampel yang digunakan, panjang wadah sampel larutan, dan jenis bahan yang digunakan (Phywe, 1986).

2.5 Laser HeNe

Semenjak ditemukannya MASER (*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) oleh Charles H. Townes, MASER merupakan cikal bakal ditemukannya LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). Laser merupakan pengembangan dari Maser yang dikembangkan oleh Theodore Maiman pada tahun 1960 (yang pada saat itu menggunakan kristal rubi untuk menghasilkan cahaya laser) walaupun pada tahun 1917 Albert Einstein telah mempublikasikan teori dasar tentang laser. Laser merupakan gelombang elektromagnetik. Panjang gelombang dari laser dimulai dari rentang spektrum far

infrared jauh ($\lambda = 1,000 \mu\text{m}$) sampai pada bagian spektrum soft-X-ray ($\lambda = 3 \text{ nm}$) (Silfvast William, 2004).

Laser merupakan akronim dari *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*. Laser yang sudah dikembangkan saat ini terdiri dari beberapa jenis. Berdasarkan sifat keluarannya, jenis laser dapat dibagi menjadi dua kategori yakni laser kontinyu dan laser pulsa. Laser kontinyu memancarkan cahaya yang tetap selama medium lasernya tereksitasi sementara itu laser pulsa memancarkan cahaya dalam bentuk pulsa pada interval waktu tertentu (Silfvast William, 2004). Pada umumnya laser merupakan seperangkat alat yang menghasilkan atau memperkuat cahaya dan seperangkat tabung vakum (hampa) dan penguat sinyal elektronik pada frekuensi audio, radio atau gelombang mikro. Disini pengertian cahaya harus dipahami secara luas karena perbedaan dari keanekaragaman laser yang dapat memperkuat radiasi mulai dari panjang gelombang infra merah paling jauh, penggabungan dari gelombang milimeter dengan gelombang mikro, sampai pada daerah cahaya tampak dan sekarang diperluas sampai pada daerah vakum ultraviolet serta daerah sinar X. Laser dapat dikategorikan kedalam beberapa bentuk, berdasarkan perbedaan penggunaan material laser, perbedaan sistem atomiknya dan penggunaan berbagai jenis pemompa atau teknik pengeksitasiannya. Radiasi dari sinar laser, sebagai pemancar atau penguat, memiliki karakteristik yakni keterarahan, intensitas yang tinggi, tingkat kecerahan yang tinggi dan monokromatik (Siegmen Anthony, 1986).

Laser He-Ne pertama kali diciptakan oleh Javan dkk, dari *Bell Laboratories* pada tahun 1961. Laser He-Ne memiliki spektrum warna merah dengan panjang gelombang sebesar 6328 \AA . Sistem laser He-Ne berbentuk tabung memiliki panjang 1 m dan diameter 17 mm dengan masing-masing ujung ditutup cermin pantul sejajar atau disebut cermin Febry-Perot, yang sekaligus tabung ini juga berfungsi sebagai rongga resonansi optiknya. Dua buah elektroda yang bertegangan tinggi guna menimbulkan lucutan. Laser He-Ne bersifat kontinu karena tekanan He dan Ne berturut-turut adalah 1 torr dan 0,1 torr, jadi atom He memiliki jumlah sekitar 10 kali lipat daripada atom Ne, sehingga He yang lebih banyak akan mempertahankan inversi populasinya. Sifat kontinu pada laser He-

Ne amat berguna pada berbagai transmisi dalam komunikasi, musik, atau gambar televisi. Dengan efisiensi laser He-Ne yang rendah sekitar 1% dan outputnya yang hanya berorde miliwatt (Pikatan, 1991).

Laser HeNe merupakan laser yang ditimbulkan oleh molekul dan atom netral. Laser HeNe termasuk jenis laser yang dipompa secara listrik, yaitu laser yang dipompa dengan listrik diantara dua buah elektroda. Sistemnya terdiri dari satu atau lebih jenis atom gas yang bertumbukan dengan elektron sehingga menambah energi untuk bereksitasi. Laser HeNe dapat beresilasi pada panjang gelombang 0,633 μm , 1,15 μm , dan 3,39 μm (Handayani, 2014).

2.6 Minyak Goreng

Minyak goreng umumnya berasal dari minyak kelapa sawit. Minyak kelapa sawit dapat digunakan untuk menggoreng karena struktur minyaknya yang memiliki ikatan rangkap sehingga minyaknya termasuk lemak tak jenuh yang sifatnya stabil. Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia. Masyarakat kita sangat majemuk dengan tingkat ekonomi yang berbeda-beda. Ada masyarakat yang menggunakan minyak goreng hanya untuk satu kali pakai, namun ada juga masyarakat yang menggunakan minyak goreng untuk berkali-kali pakai (Herlina, 2002).

Minyak goreng yang digunakan berulang tidak hanya merusak mutu minyak goreng tetapi juga menurunkan mutu bahan pangan yang digoreng dan membuat minyak teroksidasi membentuk gugus peroksida dan monomer siklik, minyak yang telah mengalami hal tersebut dikatakan telah rusak dan berbahaya bagi tubuh (Zahra et. al., 2013). Pengaruh dari kerusakan minyak goreng adalah akan mengurangi laju perpindahan panas ke dalam produk, waktu penggorengan lebih lama, terjadi perubahan warna pada produk dan meningkatkan penyerapan minyak goreng ke dalam produk. Proses hidrolisis pada minyak goreng akan berlangsung semakin cepat apabila terdapat air di dalam bahan pangan yang digoreng (Hara et. al., 2006). Komposisi minyak goreng (minyak kelapa sawit) dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan standar mutu minyak goreng dapat dilihat di Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Komposisi asam lemak minyak goreng (minyak kelapa sawit)

Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam Miristat	1,1– 2,5
Asam Palmitat	40– 46
Asam Stearat	3,6– 4,7
Asam Oleat	30– 45
Asam Laurat	-
Asam Linoleat	7–11

Sumber: (Ketaren, 2005)

Tabel 2.2. Standar Mutu Minyak Goreng

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan bau, warna, rasa	-	Normal
Bahan Makanan Tambahan	Sesuai SNI. 022-M dan Permenkes No 722/Menkes/Per/IX/88	
Kadar Air	% b/b	0,3
Bilangan Peroksida	meq O ₂ /kg	Maks. 10
Arsen (As)	% b/b	Maks. 0,1
Asam Lemak Bebas	%	Maks. 0,3
Cemaran Logam		
- Besi (Fe)	mg/kg	Maks. 0,15
- Tembaga	mg/kg	Maks 0,1
- Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 0,005
- Raksa	mg/kg	Maks. 0,1

Sumber: (Ketaren, 2005)

Pemanasan minyak goreng secara berulang-ulang dan pada suhu tinggi, akan menghasilkan senyawa polimer yang berbentuk padat dalam minyak. Senyawa padat tersebut lama kelamaan akan teroksidasi menghasilkan senyawa-senyawa radikal bebas yang dapat merugikan bagi kesehatan (Rohman, 2007).

Pada proses pembuatan minyak goreng dari kelapa sawit ada dua fase yang berbeda, yaitu fase padat dan fase cair. Jenis yang padat disebut stearin dengan nama asam lemak yaitu stearat. Sementara, bagian dari minyak yang berbentuk cair disebut olein dan nama asam lemak yaitu asam oleat atau omega 9 (Kukuh, 2010). Adapun tahapan penting yang harus dilewati dalam proses pembuatan minyak goreng adalah proses penyaringan.

Proses penyaringan dua kali adalah sebutan untuk menjelaskan pemisahan minyak fase padat dari fase cair tadi. Jadi agar stearinnya tidak terbawa,

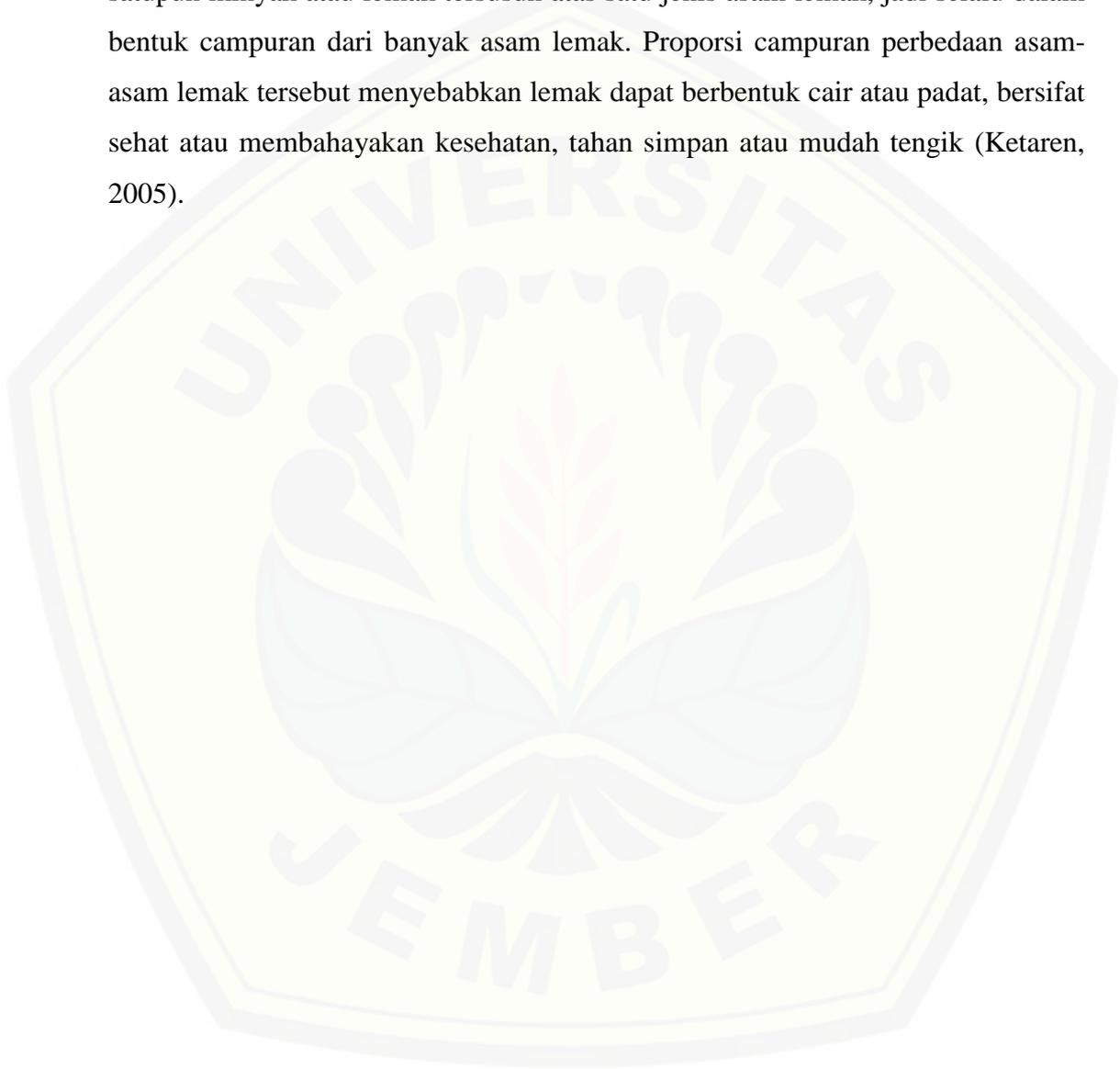
dilakukanlah *double fractination* atau penyaringan dua kali. Jika hanya dilakukan satu kali penyaringan, terkadang minyak tersebut masih bisa membeku (biasanya disebut dengan minyak goreng curah). Sedangkan dengan dua kali penyaringan, minyak goreng 'tidur' tidak akan terjadi, meski disimpan di lemari es sekalipun. Minyak goreng yang membeku atau tidur tidaklah berbahaya dan sama sekali tidak berpengaruh pada kesehatan. Justru minyak goreng yang mengalami dua kali penyaringan akan lebih mahal harganya karena biaya produksinya menjadi berlipat (Kukuh, 2010).

Minyak goreng curah umumnya hanya menggunakan satu kali proses penyaringan, sehingga mengandung fraksi padat stearin yang relatif lebih banyak dari minyak goreng bermerek yang menggunakan dua kali penyaringan. Oleh karena itu, minyak goreng curah tidak sejernih minyak goreng bermerek. Hal ini berkaitan dengan titik cair (suhu pada saat lemak mulai mencair) dan cloud point (suhu pada saat mulai terlihat adanya padatan) pada minyak. Dari segi kandungan, kadar lemak dan asam oleat dari minyak curah lebih tinggi dibanding dengan minyak kemasan. Namun tidak ada masalah menggunakan minyak curah asal tidak berlebihan dan tidak digunakan berulang sampai berwarna kehitam-hitaman. Karena pemakaian berulang-ulang pada minyak curah sangat tidak baik bagi kesehatan (Wijaya, 2005).

Setiap minyak goreng tidak boleh berbau dan sebaiknya beraroma netral. Berbeda dengan lemak yang padat, dalam bentuk cair minyak merupakan penghantar panas yang baik. Makanan yang digoreng tidak hanya menjadi matang, tetapi menjadi cukup tinggi panasnya sehingga menjadi cokelat. Suhu penggorengan yang dianjurkan biasanya berkisar antara 177°C sampai 201°C . Secara umum komponen utama minyak yang sangat menentukan mutu minyak adalah asam lemaknya karena asam lemak menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak. Mutu minyak goreng ditentukan oleh titik asapnya, yaitu suhu pemanasan minyak sampai terbentuk akrolein yang menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan. Akrolein terbentuk dari hidrasi gliserol. Titik asap suatu minyak goreng tergantung pada kadar gliserol bebasnya. Makin tinggi kadar gliserol

makin rendah titik asapnya, artinya minyak tersebut makin cepat berasap. Makin tinggi titik asapnya, makin baik mutu minyak goreng itu (Winarno, 2004).

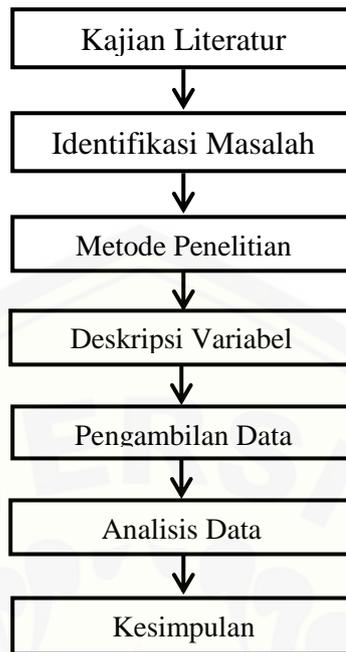
Semua minyak tersusun atas unit-unit asam lemak. Jumlah asam lemak alami yang telah diketahui ada dua puluh jenis asam lemak yang berbeda. Tidak satupun minyak atau lemak tersusun atas satu jenis asam lemak, jadi selalu dalam bentuk campuran dari banyak asam lemak. Proporsi campuran perbedaan asam-asam lemak tersebut menyebabkan lemak dapat berbentuk cair atau padat, bersifat sehat atau membahayakan kesehatan, tahan simpan atau mudah tengik (Ketaren, 2005).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Fisika Modern dan Optoelektronika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember pada bulan April 2020 sampai dengan selesai. Kegiatan penelitian dilakukan dalam rangka menentukan besarnya konstanta Verdet dari minyak goreng pada variasi frekuensi pemakaian. Minyak goreng yang digunakan adalah minyak goreng bermerek A dan minyak goreng bermerek B, minyak goreng curah C dan minyak goreng curah D. Variasi frekuensi pemakaian dalam penelitian yaitu minyak goreng sebelum pemakaian, minyak goreng setelah pemakaian pertama, setelah pemakaian kedua dan setelah pemakaian ketiga. Variasi frekuensi pemakaian masing-masing digunakan untuk menggoreng tempe. Nilai ini didapatkan melalui pengamatan terhadap perubahan sudut polarisasi cahaya saat cahaya melewati minyak goreng yang diberi medan magnet pada beberapa variasi. Fenomena ini dikenal sebagai efek Faraday dan di dalam penelitian akan digunakan untuk mengkarakterisasi minyak goreng pada berbagai pemakaian melalui nilai konstanta Verdet yang dihasilkan. Beberapa tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian disajikan dalam bentuk diagram alir, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian

Kegiatan penelitian diawali dengan kajian literatur mengenai identifikasi konstanta Verdet pada berbagai jenis larutan, sehingga dapat digunakan untuk mengkarakterisasi bahan. Berdasarkan dengan kajian literatur, maka dapat mengidentifikasi permasalahan, yaitu bagaimana nilai konstanta Verdet dari minyak goreng yang diukur pada berbagai variasi pemakaian menggunakan laser HeNe. Untuk menentukan besarnya konstanta Verdet dapat dilakukan dengan mengukur besarnya perubahan sudut polarisasi cahaya saat laser HeNe dilewatkan pada bahan uji yang diberi medan magnet yang bersumber dari sebuah solenoid.

Beberapa variabel penelitian dalam hal ini diidentifikasi sedemikian hingga dapat dilakukan pengukuran terhadap beberapa data pengamatan yang akan digunakan untuk menghitung konstanta Verdet. Variasi bahan menjadi fokus yang akan dianalisis dan dalam hal ini beberapa perlakuan akan diberikan kepada minyak goreng. Perlakuan yang diberikan berupa frekuensi pemakaian minyak goreng. Berdasarkan hasil pengukuran, akan dilakukan analisis bagaimana hasil perhitungan dari konstanta Verdet untuk setiap variasi sampel. Seluruh hasil

perhitungan selanjutnya dijadikan bahan diskusi dan akan ditarik kesimpulan sebagai hasil dari kegiatan penelitian.

3.2 Jenis Penelitian dan Sumber Data Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimental dan merupakan penelitian kuantitatif, karena data yang diperoleh dapat diukur secara langsung dan dinyatakan dalam bentuk besaran atau angka. Data tersebut berupa perubahan sudut polarisasi akibat pengaruh medan magnet dari berbagai variasi pemakaian minyak goreng. Data penelitian yang diperoleh digunakan untuk menentukan nilai konstanta Verdet dan merupakan data primer karena didapatkan langsung dari hasil pengukuran.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel merupakan objek yang difokuskan dalam penelitian yang nilainya dapat diubah atau berubah. Ada 3 variabel yang digunakan dalam penelitian yaitu, variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat mempengaruhi hasil variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini meliputi:

- a). Variasi frekuensi pemakaian dalam penelitian yaitu minyak goreng sebelum pemakaian, setelah pemakaian pertama, setelah pemakaian kedua, dan setelah pemakaian ketiga.
- b). Medan magnet yang digunakan adalah sebesar 50 gauss, 80 gauss dan 100 gauss.
- c). Jenis minyak yang digunakan dalam penelitian ada 2 jenis, yaitu minyak goreng bermerek dan minyak goreng curah. Minyak goreng bermerek yaitu minyak goreng merek A dan minyak goreng merek B, sedangkan minyak goreng curah yaitu minyak goreng curah C dan minyak goreng curah D.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya mengalami perubahan akibat dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini meliputi:

- a). Sudut rotasi Faraday (θ) yang didapatkan dari pengukuran minyak goreng yang divariasikan pada berbagai perlakuan.
- b). Konstanta Verdet (V) didapatkan dari hasil perhitungan terhadap perubahan sudut rotasi Faraday pada beberapa variasi medan magnet eksternal.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan dan bersifat konstan untuk memperoleh analisa tentang variabel terikat agar hubungan kedua variabel tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak ikut diteliti. Variabel kontrol pada penelitian ini meliputi:

- a). Konstanta Verdet minyak goreng yang belum dipakai (belum diberikan perlakuan) dan belum diberi medan magnet.
- b). Suhu (temperatur) ruang yang digunakan sebesar 20°C .

3.4 Deskripsi Minyak Goreng

Minyak goreng yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Minyak goreng bermerek A memiliki warna kuning bening dengan massa jenisnya sebesar $0,88 \text{ g/cm}^3$. Bentuk fisik dari minyak goreng bermerek A ditunjukkan pada Gambar 3.2.



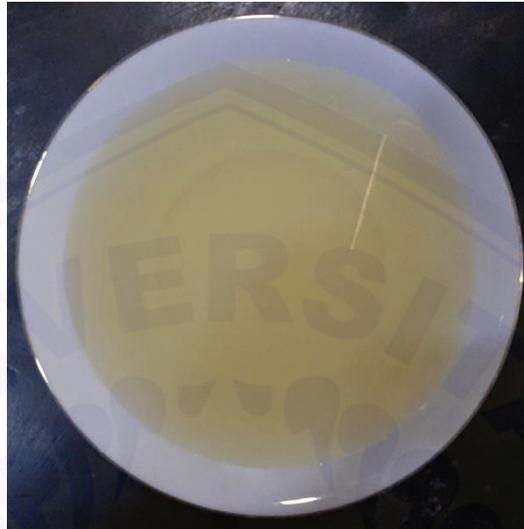
Gambar 3.2 Minyak goreng bermerek A

2. Minyak goreng bermerek B memiliki warna kuning keemasan dengan massa jenisnya sebesar $0,88 \text{ g/cm}^3$. Bentuk fisik dari minyak goreng bermerek B ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Minyak goreng bermerek B

3. Minyak goreng curah C memiliki warna kuning pucat dengan massa jenis sebesar $0,85 \text{ g/cm}^3$. Bentuk fisik dari minyak goreng curah C ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Minyak goreng curah C

4. Minyak goreng curah D memiliki warna kuning kecoklatan dengan massa jenis sebesar $0,85 \text{ g/cm}^3$. Bentuk fisik dari minyak goreng curah D ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Minyak goreng curah D

3.5 Kerangka Pemecahan Masalah

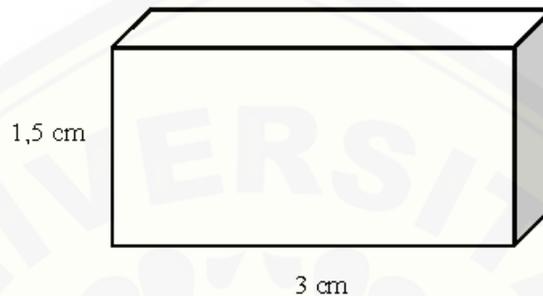
Kegiatan penelitian dilakukan dalam rangka menentukan konstanta Verdet dari minyak goreng dalam berbagai variasi frekuensi pemakaian penggorengan. Untuk memperoleh nilai tersebut, diperlukan pengukuran terhadap sudut rotasi Faraday akibat variasi medan magnet pada setiap variasi sampel minyak goreng. Dengan demikian, untuk mendapatkan solusi dari permasalahan tersebut, diperlukan tahapan/kerangka pemecahan masalah. Secara umum, kerangka pemecahan masalah meliputi tahap persiapan alat dan bahan, desain pengambilan data, pengolahan dan analisis data, dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan.

3.5.1 Persiapan Alat dan Bahan

Penelitian dilakukan dengan mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan yaitu laser HeNe, polarizer, solenoida berjumlah 1000 lilitan, wadah kaca transparan yang diisi bahan yang akan diteliti, analizer, photometer, teslameter, dan catu daya DC (*Direct Current*). Sementara bahan yang akan digunakan adalah aquades dan minyak goreng 100 ml. Minyak goreng yang digunakan ada 2 jenis, yaitu minyak goreng bermerek dan minyak goreng curah. Untuk minyak goreng bermerek menggunakan, minyak merek A dan minyak merek B, dan untuk minyak goreng curah menggunakan minyak goreng curah C dan minyak goreng curah D. Penelitian dilakukan 5 kali pengulangan untuk setiap sampel minyak goreng.

Minyak goreng dalam penelitian digunakan dalam berbagai variasi frekuensi pemakaian. Variasi frekuensi pemakaian tersebut adalah minyak goreng sebelum pemakaian (0x), minyak goreng setelah pemakaian pertama (1x), setelah pemakaian kedua (2x), dan setelah pemakaian ketiga (3x). Pada setiap proses penggorengan, tahap pemanasan minyak dilakukan selama 1 menit dengan api konstan, kemudian dilanjutkan dengan proses menggoreng tempe selama 7 menit. Adapun bahan yang digoreng dalam hal ini adalah tempe berukuran sedang. Proses pemakaian minyak goreng dilakukan sama untuk semua sampel minyak goreng yang digunakan yaitu minyak goreng bermerek A dan B, serta minyak goreng curah C dan D.

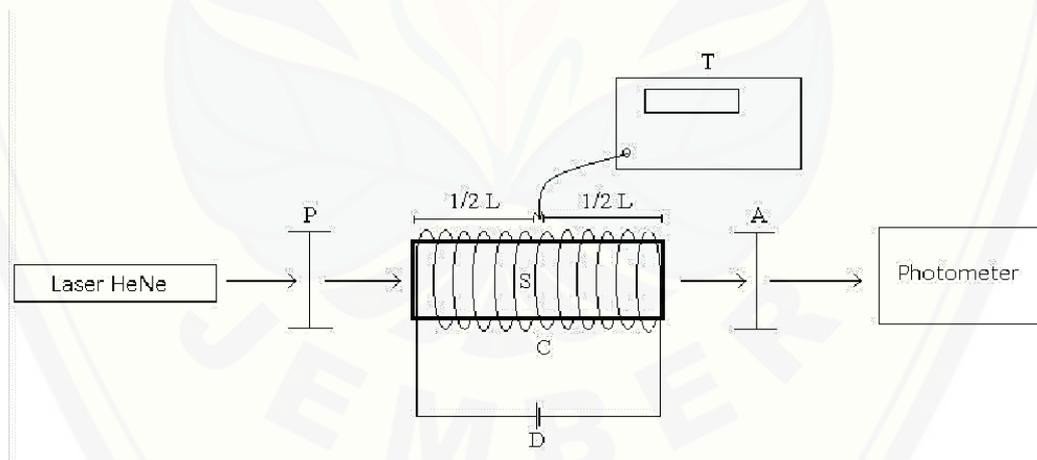
Sampel minyak goreng yang sudah dibuat akan ditempatkan pada wadah sampel berbentuk balok panjang yang terbuat dari kaca bening transparan dengan ukuran panjang 3 cm dan tinggi 1,5 cm yang kemudian akan diletakkan di dalam solenoida. Sketsa dari wadah yang akan digunakan sebagai wadah sampel ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.6 Wadah Sampel Larutan

3.5.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menyusun alat dan bahan yang telah dipersiapkan. Alat dan bahan disusun seperti pada skema berikut.



Gambar 3.7 Desain Eksperimen

Keterangan :

P = Polarizer

A = Analizer

C = Solenoida

S = Sampel

T = Teslameter

D = *Power supply* DC

Pengukuran sudut rotasi Faraday (θ) dilakukan dengan menembakkan sinar laser HeNe pada polarizer, dimana polarizer telah diatur pada keadaan 0° terhadap analizer yang keadaannya sama-sama 0° yang ditunjukkan oleh *holder*. Laser yang telah ditembakkan diteruskan menuju sampel larutan yang diletakkan di dalam solenoida. Variasi medan magnet yang dihasilkan oleh solenoida secara bergantian adalah sebesar 50 gauss, 80 gauss, dan 100 gauss. Berkas laser yang melewati bahan/sampel selanjutnya akan melewati analizer hingga terdeteksi oleh photometer. Seluruh proses pengambilan data dilakukan pada suhu ruang 20°C .

Pengukuran pertama terhadap intensitas berkas laser dilakukan pada saat laser melewati sampel minyak goreng tanpa diberi medan magnet. Intensitas yang diperoleh merupakan intensitas maksimum dari laser I . Pengukuran dilanjutkan dengan memberikan medan magnet sebesar 50 gauss kepada bahan. Sudut analiser diputar sedemikian hingga dapat menghasilkan nilai intensitas maksimum yang ditunjukkan oleh fotometer (intensitas diupayakan mendekati I). Pemberian medan magnet pada bahan (minyak goreng) akan menyebabkan sudut polarisasi Laser HeNe mengalami perubahan. Hal ini diindikasikan dengan terjadinya penurunan intensitas berkas laser yang terbaca pada photometer. Dengan memutar sudut analiser, akan diperoleh besarnya intensitas maksimum yang ditransmisikan oleh minyak goreng. Posisi sudut yang ditunjukkan oleh analiser dicatat sebagai θ_1 . Pengukuran dilanjutkan kembali untuk variasi medan magnet yang lain.

Pengukuran sudut rotasi Faraday ini dilakukan pada 5 kali pengulangan untuk satu sampel minyak goreng baik yang bermerek maupun minyak goreng curah, dan dilakukan dengan nilai medan magnet yang berbeda. Cara mengukur medan magnet yang divariasikan pada pusat solenoida yaitu menggunakan teslameter. Ujung *probe* teslameter yang telah dikalibrasi ditempatkan pada bagian luar kumparan, tepat di tengah-tengah kumparan. Pada catu daya DC arus diperbesar sampai nilai medan yang ditunjukkan pada teslameter sesuai dengan yang dibutuhkan.

3.5.3 Metode Analisis Data

Hasil pengukuran berupa sudut rotasi Faraday yang diamati pada setiap variasi frekuensi pemakaian dari 2 jenis minyak goreng, yaitu minyak goreng bermerek A dan bermerek B, dan minyak goreng curah C dan curah D pada berbagai variasi perlakuan medan magnet. Untuk menentukan konstanta Verdet akibat pengaruh medan magnet digunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{\theta}{BL} \quad (3.1)$$

θ = Sudut rotasi Faraday (perubahan sudut pada analizer dalam radian)

V = Konstanta Verdet ($\text{rad. gauss}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

B = Medan magnet (gauss)

L = Panjang wadah larutan/sampel (cm)

Analisa dilakukan pada setiap jenis sampel dengan grafik hubungan antara sudut rotasi Faraday (θ) dan berbagai variasi frekuensi pemakaian, disajikan di bawah 3 variasi nilai medan magnet. Dari grafik, dapat diketahui pengaruh berbagai variasi pemakaian bahan dan medan magnet terhadap sudut rotasi Faraday yang dihasilkan.

Data sudut rotasi Faraday dan medan magnet yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk menentukan konstanta Verdet. Parameter ini dihitung untuk seluruh jenis minyak beserta perlakuan frekuensi pemakaian yang diberikan. Dengan demikian, kita dapat mengetahui hubungan antara konstanta Verdet dengan variasi frekuensi berbagai pemakaian minyak goreng dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut, dapat diketahui karakteristik dan kebergantungan konstanta Verdet terhadap variasi frekuensi berbagai pemakaian minyak goreng.

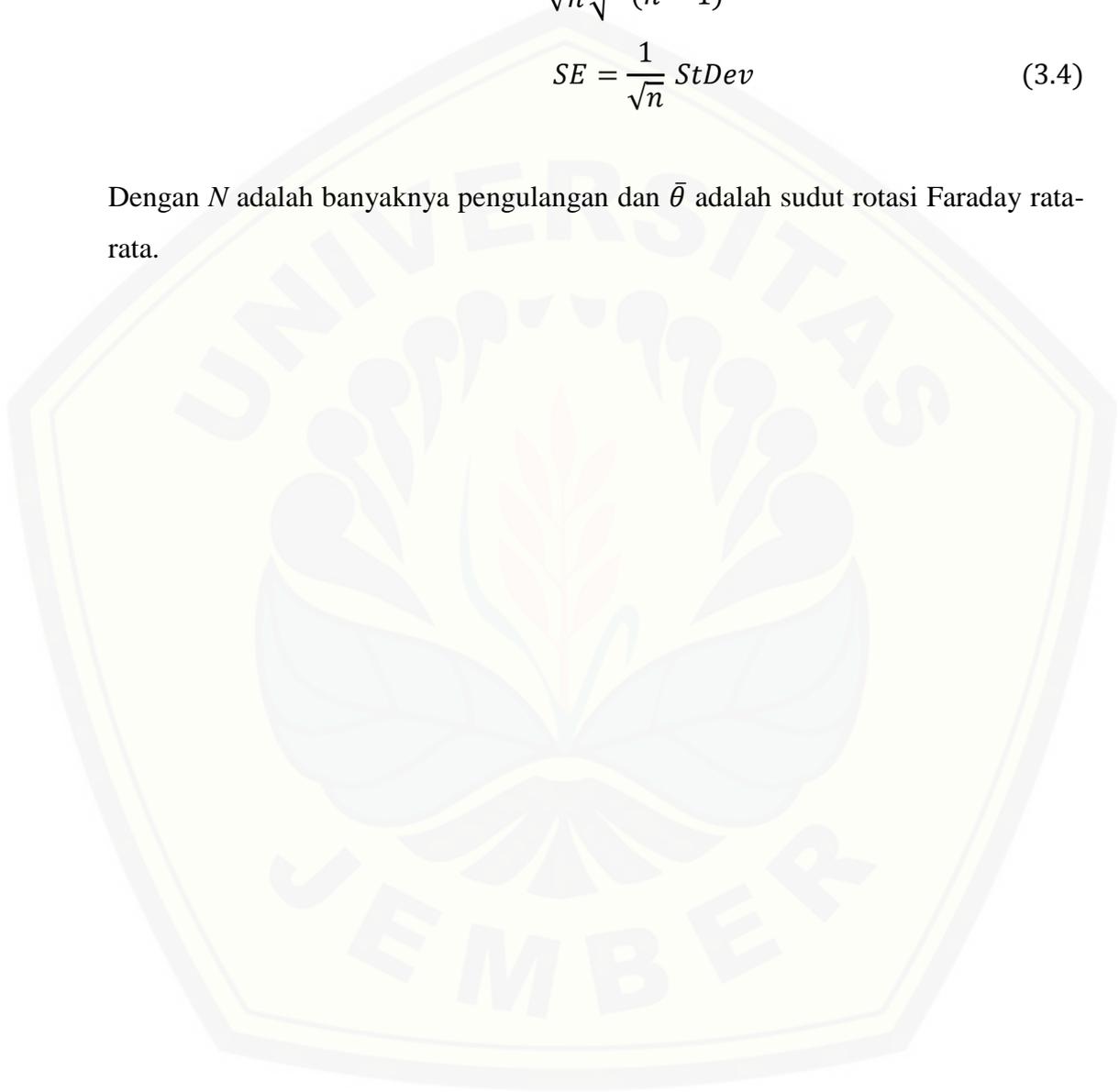
Minyak goreng yang diamati dalam berbagai variasi pemakaian untuk data sudut rotasi Faraday diukur sebanyak 5 kali pengulangan. Tingkat presisi terhadap hasil pengukuran dilihat berdasarkan ketidakpastian hasil pengukuran menggunakan standar error (SE). Standar error (SE) yang dipakai untuk menentukan ketidakpastian hasil perhitungan konstanta Verdet menggunakan program Linest yang sudah ada pada Ms. Excel. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

$$SE = \sqrt{\frac{\Sigma(\theta_i - \bar{\theta})^2}{n(n-1)}} \quad (3.2)$$

$$SE = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\Sigma(\theta_i - \bar{\theta})^2}{(n-1)}} \quad (3.3)$$

$$SE = \frac{1}{\sqrt{n}} StDev \quad (3.4)$$

Dengan N adalah banyaknya pengulangan dan $\bar{\theta}$ adalah sudut rotasi Faraday rata-rata.



BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Konstanta Verdet minyak goreng dapat dipengaruhi oleh variasi frekuensi pemakaian. Semakin sering minyak goreng digunakan, akan semakin besar pula sudut rotasi yang didapatkan, sehingga menyebabkan nilai konstanta Verdet juga semakin besar. Frekuensi pemakaian pertama dan kedua, kenaikan nilai konstanta Verdet cenderung konstan untuk minyak goreng bermerek dan curah, dan pada pemakaian ketiga terjadi kenaikan yang cukup signifikan untuk minyak goreng curah.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengukuran berbasis perubahan waktu, mengingat nilai medan magnet yang dihasilkan kumparan yang dialiri arus listrik dari catu daya memiliki nilai yang tidak stabil. Selain itu, untuk mengetahui sudut rotasi maksimal dari minyak goreng, perlu dilakukan pengukuran dengan panjang gelombang yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. S., D. A. Reiam, dan A. A. Anwar. 2000. Verdet Constant Measurement of Olive Oil for Magnetic Field Sensor, Iraq, Ministry of Science and Technology.
- Alonso, M., dan E. J. Finn. 1994. *Dasar-Dasar Fisika Universitas Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Arjadi, R. H. 2006. Sistem Pengukuran Medan Magnetik dari Sumber Medan Elektromagnetik Helmholtz. *AMTeQ*: pp.89-92.
- Astuti, I. A. D. 2012. Penentuan Kuat Kutub Magnet Batang Dengan Metode Simpangan Kumparan Solenoida Berarus Listrik. *Skripsi*, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta.
- Buschow, K. H. J., dan F. R. de Boer. 2004. *Physics of Magnetism and Magnetic Materials*. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam.
- Cotsuci, dan Dorohai. 2007. *The Specific Rotation Dependence On Wavelength For Optically Active Polymer*. Romania: Faculty of Physic Al. i. Cuza University.
- Endarko, dan G. Yudoyono. 2007. *Draft Modul Fisika*. Jakarta: Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri Departemen Pendidikan Nasional.
- Handayani. 2014. Analisis Pola Interferensi Celah Banyak untuk Menentukan Panjang Gelombang Laser He-Ne dan Laser Diode. *Jurnal Fisika 4*.
- Hapsari, M. S., A. B. S. Utomo, dan I. Setiawan. 2005. Pengukuran Tetapan Verdet Beberapa Optik Bahan Cair Dalam Medan Magnet DC pada Panjang Gelombang 632,8 nm Berdasarkan Efek Rotasi Faraday. *Jurnal Fisika Indonesia 9(27)*: 95-105.
- Hara, E., Y. Ogawa, dan Y. Totani. 2006. Evaluation of Heatdeteriorated Oils (Part 1): TLC-FID Method for Determining Polar Coumpounds Content. *Journal of Oleo Science 55*: 167-172.
- Herlina, N. G. 2002. *Lemak dan Minyak*. Sumatera Utara: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Hewitt, P. G. 2005. *Conceptual Physics Seventh Edition*. Harper Collins College Publisher.

- Jain, A., Y. Kumar, F. Zhou, dan L. Li. 1998. A Simple Experiment for Determining Verdet Constants Using Alternating Current Magnetic Fields. *American Journal of Physic* 67(8): 714-717.
- Jati, B. M. E., dan T. K. Priyambodo. 2010. *Fisika Dasar Listrik Magnet Optika Fisika Modern*. Yogyakarta: Andi.
- Kartina, T. 2011. *Polarisasi Cahaya*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Ketaren, S. 2005. *Minyak dan Lemak Pangan Edisi Pertama*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kristi, H., dan Yuniati. 2012. *Pengaruh Kualitas VCO (Virgin Coconut Oil) Terhadap Nilai Konstanta Kerr dan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya*. Yogyakarta: Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-Bahan.
- Kukuh. 2010. Minyak Goreng yang Baik. <https://www.kompasiana.com>. Accessed: Diakses tanggal 12 Juni 2010.
- Kurniawan, Candra, A. Yuswita, dan Muljadi. 2013. Pembuatan Rigid Bonded Manet Berbasis Pr-Fe-B untuk Komponen Generator Listrik Mini. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia* 5: 39-44.
- Nailatussaadah. 2009. Pengamatan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya pada Medium Transparan dalam Medan Radio Frequency Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Minyak, Semarang, Fakultas Mipa, Universitas Diponegoro.
- Pedrotti, F. L., dan P. Bandettini. 1990. Faraday Rotation in Undergraduate Advance Laboratory. *American Journal of Physic* 58(6): 542-545.
- Phywe. 1986. University Laboratory Experiment Physics. *Phywe Aktiengesellschaft* 1-3.
- Pikatan, S. 1991. Laser Kristal. *Seminar Internasional, FT. Ubayana*: 1-11.
- Prameswari, D. 2014. Investigasi Indeks Bias Minyak Goreng Akibat Pengulangan Pemakaian dalam Proses Penggorengan Menggunakan Hukum Pemantulan Fresnel. *Skripsi*, Jember, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jember.
- Prayitno, M., Azam, dan F. Sofjan. 2005. Pengaruh Medan Magnet Terhadap Sudut Polarisasi Sinar Laser Pada Air dan Larutan NaCl. *Seminar Tugas*

Akhir S1 Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, Semarang, Universitas Diponegoro.

Pujiyanto. 2007. *Materi Kuliah Kewirausahaan untuk Topik Instrumentasi Optic: Alat Ukur Kadar Gula Alternatif Lain*.
<https://answers.com/topic/electrooptics?cat=technology>. [Diakses pada: 17 April 2008].

Reitz, J. R. 1993. *Foundation of Electromagnetic Theory*. Addison-Wesley Publishing Company: 201-202.

Rohman. 2007. *Analisis Makanan*. Yogyakarta: UGM Press.

Rossi, B. 1957. *Optic*. Tokyo: Japan Publication Trading Company.

Sayan, K., R. 1997. *Faraday Effect Rotation for Water and Flint Glass*, Ohio, Physic Department, The College of Wooster.

Serway, R. A., dan J. W. Jewett. 2004. *Physic for Scientists and Engineers, Six Edition*. California: Thomson Brook/Cole.

Siegmen Anthony, E. 1986. *Lasers*. Mill Valley, California: University Science Books.

Silfvast William, T. 2004. *Laser Fundamentals Second Editin*. Cambridge University Press, United Kingdom.

Sugiyarni, A. 2010. *Penentuan Konsentrasi Glukosa dalam Gula Pasir Menggunakan Metode Efek Faraday*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Suharyanto, Karyono, dan D. S. Palupi. 2009. *Fisika Untuk SMA dan MA kelas XII*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Sumantri, A. B., S. I. Utomo, dan Setiawan. 2006. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Nilai Tetapan Verdet dengan Metode Pengukuran Intensitas Cahaya (Rotasi Faraday)*. *Jurnal Fisika Indonesia*: 95-105.

Suresh, V., K. V. Gopperundevi, D. A. Abudhahir, R. Antonysamy, dan K. Muthukkutti. 2015. *Simple Algorithm for the Magnetic Field Computation in Bobbin Coil Arrangemet*. *International Journal of Innovative Research in Computer an Communication Engineering* 2 (1).

Tripler. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga.

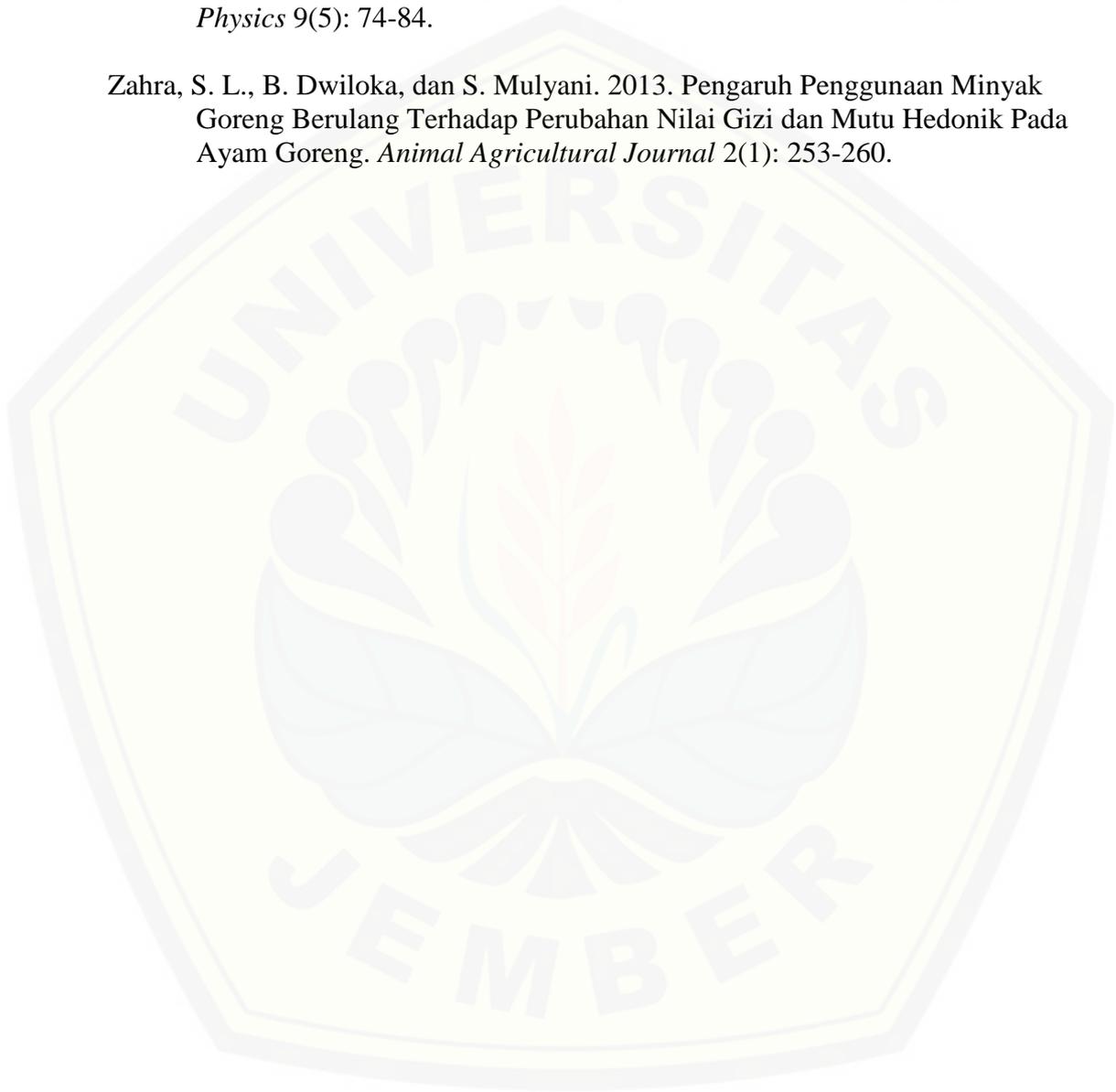
Wijaya, S. 2005. *Mengolah Minyak Goreng Bekas*. Surabaya: Trubus Agrisana.

Winarno, F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia.

Young, D. H., dan A. R. Freedman. 2001. *Fisika Universitas Jilid 2 Edisi 3*. Jakarta: Erlangga.

Yousif, M. E. 2017. The Faraday Effect Explained. *IOSR-Journal of Applied Physics* 9(5): 74-84.

Zahra, S. L., B. Dwiloka, dan S. Mulyani. 2013. Pengaruh Penggunaan Minyak Goreng Berulang Terhadap Perubahan Nilai Gizi dan Mutu Hedonik Pada Ayam Goreng. *Animal Agricultural Journal* 2(1): 253-260.



LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Faktor Koreksi Aquades

Faktor koreksi diperlukan untuk mengkalibrasi hasil pengukuran konstanta Verdet agar sesuai dengan referensi. Referensi yang digunakan adalah konstanta Verdet dari aquades yakni sebesar $1,3 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Berikut ini adalah detail perhitungan faktor koreksi dari data konstanta Verdet sebelum koreksi V' .

- $V' = 0,00023 \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$
- $V_{\text{referensi}} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$
- $V_{\text{terkoreksi}} = \frac{V_{\text{referensi}}}{V'}$
 $= \frac{0,000013}{0,00023}$
 $= 0,0565 \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

Lampiran B Tabel Hasil Pengukuran

B1. Data hasil pengukuran sudut analizer pada minyak goreng

a. Minyak Goreng Bermerek A

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	Sudut analizer(θ°)				
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5
0x	50	12	12	11	11	11
	80	15	15	14	14	14
	100	18	17	17	16	17
1x	50	15	16	16	16	17
	80	21	23	23	21	21
	100	24	24	24	25	24
2x	50	18	18	18	17	17
	80	24	25	25	24	23
	100	29	29	29	30	30
3x	50	23	23	23	24	23
	80	31	31	32	32	32
	100	37	38	38	37	37

b. Minyak Goreng Bermerek B

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	Sudut analizer(θ°)				
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5
0x	50	15	15	15	14	14
	80	19	20	20	19	18
	100	21	21	21	20	21
1x	50	19	18	17	18	18
	80	23	23	24	22	22
	100	27	28	28	27	26
2x	50	23	22	22	23	22
	80	29	29	30	30	29
	100	36	37	37	35	36
3x	50	28	28	29	29	28
	80	39	39	40	40	39
	100	46	46	47	47	48

c. Minyak Goreng Curah C

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	Sudut analyzer(θ°)				
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5
0x	50	17	16	16	17	17
	80	22	22	21	21	22
	100	24	23	24	22	23
1x	50	21	22	22	21	22
	80	26	26	27	28	27
	100	30	31	31	31	30
2x	50	28	29	29	28	30
	80	32	32	31	31	32
	100	42	42	41	41	41
3x	50	33	33	33	32	33
	80	44	44	43	43	42
	100	54	55	56	56	55

d. Minyak Goreng Curah D

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	Sudut analyzer(θ°)				
		θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5
0x	50	21	20	22	21	22
	80	25	26	26	25	24
	100	29	29	27	28	29
1x	50	27	27	28	29	28
	80	31	32	32	31	31
	100	35	35	36	36	35
2x	50	34	34	34	33	34
	80	38	39	38	38	39
	100	48	49	49	48	48
3x	50	41	42	42	41	42
	80	52	52	53	52	53
	100	63	64	64	65	65

B2. Data hasil perhitungan nilai perputaran sudut rotasi pada minyak goreng

- Minyak Goreng Bermerek A

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	$\theta \pm \Delta\theta$ (rad)	Standar error (%)
0x	50	0,199±0,010	0,004
	80	0,251±0,010	0,004
	100	0,297±0,012	0,006
1x	50	0,279±0,006	0,006
	80	0,380±0,009	0,009
	100	0,422±0,003	0,003
2x	50	0,307±0,004	0,004
	80	0,422±0,007	0,007
	100	0,513±0,004	0,004
3x	50	0,405±0,003	0,003
	80	0,551±0,004	0,004
	100	0,652±0,004	0,004

- Minyak Goreng Bermerek B

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	$\theta \pm \Delta\theta$ (rad)	Standar error (%)
0x	50	0,255±0,004	0,004
	80	0,335±0,007	0,007
	100	0,363±0,003	0,003
1x	50	0,314±0,006	0,006
	80	0,398±0,007	0,007
	100	0,474±0,007	0,007
2x	50	0,391±0,004	0,004
	80	0,513±0,004	0,004
	100	0,631±0,007	0,007
3x	50	0,495±0,004	0,004
	80	0,687±0,004	0,004
	100	0,816±0,007	0,007

- Minyak Goreng Curah C

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	$\theta \pm \Delta\theta$ (rad)	Standar error (%)
0x	50	0,290±0,004	0,004
	80	0,377±0,004	0,004
	100	0,405±0,007	0,007
1x	50	0,377±0,004	0,004
	80	0,468±0,007	0,007
	100	0,534±0,004	0,004
2x	50	0,502±0,007	0,007
	80	0,551±0,004	0,004
	100	0,722±0,004	0,004
3x	50	0,572±0,003	0,003
	80	0,754±0,007	0,007
	100	0,963±0,007	0,007

- Minyak Goreng Curah D

Frekuensi Pemakaian	B (gauss)	$\theta \pm \Delta\theta$ (rad)	Standar error (%)
0x	50	0,370±0,007	0,007
	80	0,440±0,007	0,007
	100	0,495±0,007	0,007
1x	50	0,485±0,007	0,007
	80	0,548±0,004	0,004
	100	0,618±0,004	0,004
2x	50	0,593±0,003	0,003
	80	0,680±0,004	0,004
	100	0,837±0,004	0,004
3x	50	0,733±0,004	0,004
	80	0,925±0,004	0,004
	100	1,134±0,007	0,007

B3. Data hasil perhitungan nilai konstanta Verdet padaminyak goreng

Frekuensi Pemakaian	Konstanta Verdet $V \pm \Delta V (\times 10^{-5} \text{ rad gauss}^{-1} \text{ cm}^{-1})$			
	Merek A	Merek B	Curah C	Curah D
0	16,6903 \pm 0,0004	20,9540 \pm 0,0006	23,4028 \pm 0,0007	28,0487 \pm 0,0009
1x	17,8452 \pm 0,0004	26,6419 \pm 0,0006	30,2457 \pm 0,0008	34,7786 \pm 0,0014
2x	29,7507 \pm 0,0006	35,2910 \pm 0,0006	39,1552 \pm 0,0012	46,2412 \pm 0,0014
3x	36,9322 \pm 0,0006	46,2412 \pm 0,0007	53,3533 \pm 0,0008	63,2181 \pm 0,0013

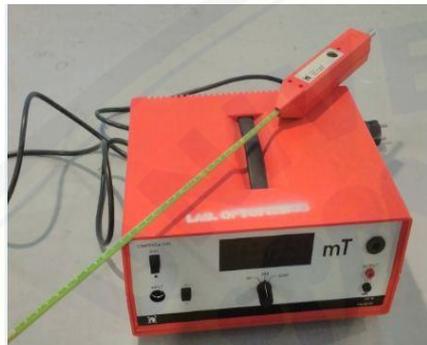


Lampiran C Alat Penelitian

Nama : Polarizer

Skala terkecil : 1°

Merek : Pasco



Nama : Teslameter

Merek : Leybold Didactic GMBH

Skala terkecil: $0,1 \text{ mT}$



Nama : Power Suplly DC

Tegangan Maksimal : 14 Volt



Nama : Laser HeNe

λ : $632,8 \text{ nm}$

Merek : Pasco

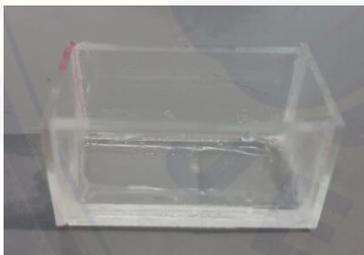
Tipe : 155SL



Nama : Photometer
 Skala terkecil : 0,1 lux
 Merek : Pasco
 Tipe : OS-8020



Nama : Solenoida
 Jumlah Lilitan : 1000 lilitan
 Merek : Pudak Scientific



Nama : Wadah Sampel
 Panjang : 3 cm
 Diameter : 1,5 cm

Lampiran D Foto Pengambilan Data

- Foto set alat eksperimen



- Foto menakar minyak pada wadah sample



- Foto mengukur besar medan magnet pada solenoida dengan teslameter



- Foto hasil pengukuran di fotometer



Lampiran E Foto Minyak Goreng

- Minyak goreng bermerek A



Frekuensi : Sebelum pemakaian
Massa jenis : $0,88 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 1x
Massa jenis : $0,86 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 2x
Massa jenis : $0,85 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 3x
Massa jenis : $0,84 \text{ g/cm}^3$

- Minyak goreng bermerek B



Frekuensi : Sebelum pemakaian
Massa jenis : $0,88 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 1x
Massa jenis : $0,86 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 2x
Massa jenis : $0,85 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 3x
Massa jenis : $0,83 \text{ g/cm}^3$

- Minyak goreng curah C



Frekuensi : Sebelum pemakaian
Massa jenis : $0,85 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 1x
Massa jenis : $0,83 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 2x
Massa jenis : $0,81 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 3x
Massa jenis : $0,79 \text{ g/cm}^3$

- Minyak goreng curah D



Frekuensi : Sebelum pemakaian
Massa jenis : $0,85 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 1x
Massa jenis : $0,82 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 2x
Massa jenis : $0,80 \text{ g/cm}^3$



Frekuensi : Setelah pemakaian 3x
Massa jenis : $0,78 \text{ g/cm}^3$