

## PENGUKURAN PERUBAHAN SUDUT POLARISASI PADA KOLESTEROL SEBAGAI KOREKSI PADA MINYAK SAWIT

Ulfa Maftukhah dan K. Sofjan Firdausi

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail : [ulfamaftukhah@st.fisika.undip.ac.id](mailto:ulfamaftukhah@st.fisika.undip.ac.id)

### ABSTRACT

This research aims to determine the relation between changes of polarization angle and increased levels of cholesterol and triglycerides on palm oil (expired palm oil, edible palm oil) to the change of polarization angle. Samples were placed on a polarimeter with a light source of 100 W incandescent lamp. The results showed that the increase in the cholesterol is directly proportional to the change in polarization angle. The greater increase of cholesterol levels result in the greater of the change of polarization angles that showed in the non linier graph. The value of the change of polarization angle in expired palm oil, edible palm oil are  $\theta_{\text{cholesterol}} = 0,26^{\circ}$ ;  $0,25^{\circ}$  for cholesterol and  $\theta_{\text{triglycerides}} = 1,19^{\circ}$ ;  $0,6^{\circ}$  for triglycerides, respectively. So it can be seen that the increase of each change of polarization angle of triglyceride which is the difference of  $\theta_{\text{total}}$  with  $\theta_{\text{cholesterol}}$  are affected by the increase of cholesterol levels in the cooking oils. The volatile property of the solvent and the less stabil environment temperature also could affected the result of the study.

**Keywords:** Cholesterol, Triglyceride, Polarization, Palm Oil.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara perubahan sudut polarisasi dan peningkatan kadar kolesterol serta trigliserida pada minyak sawit (minyak sawit kadaluwarsa, minyak sawit baru). Sampel ditempatkan pada polarimeter dengan sumber cahaya yang digunakan adalah lampu pijar 100 W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan nilai kadar kolesterol berbanding lurus terhadap perubahan sudut polarisasinya. Pada grafik menunjukkan bahwa semakin besar peningkatan kadar kolesterol maka perubahan sudut yang dihasilkan juga semakin besar pada masing-masing sampel, grafik yang dihasilkan yaitu membentuk grafik tidak linier. Jadi, nilai untuk perubahan sudut polarisasi kolesterol dan trigliserida masing-masing minyak sawit kadaluwarsa dan minyak sawit baru berturut-turut adalah  $\theta_{\text{kolesterol}} = 0,26^{\circ}$ ,  $0,25^{\circ}$  dan  $\theta_{\text{trigliserida}} = 1,19^{\circ}$ ,  $0,6^{\circ}$ . Sehingga dapat diketahui bahwa peningkatan masing-masing perubahan sudut polarisasi trigliserida yang merupakan selisih dari  $\theta_{\text{total}}$  dengan  $\theta_{\text{kolesterol}}$  yang dipengaruhi oleh peningkatan kadar kolesterol minyak goreng. Faktor yang mempengaruhi penelitian adalah senyawa yang mudah menguap serta kondisi suhu lingkungan yang kurang stabil.

**Kata Kunci:** Kolesterol, Trigliserida, Polarisasi, Minyak sawit.

### PENDAHULUAN

Minyak goreng yang dikonsumsi sehari-hari sangat erat kaitannya dengan kesehatan. Dalam penggunaan minyak goreng saat ini masyarakat sudah banyak menggunakan minyak sawit maupun minyak hewani dalam makanannya. Akan tetapi sering dijumpai penggunaan minyak goreng yang terlalu lama dan secara berulang-ulang, sehingga menyebabkan perubahan kualitas dari minyak goreng.

Perubahan sifat fisika dan kimia dari minyak goreng sangat berpengaruh terhadap nilai gizi yang terkandung di dalam minyak goreng itu sendiri, dan secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi sistem kesehatan tubuh orang yang mengkonsumsi minyak goreng tersebut [1]. Selain itu, penggunaan minyak yang tidak tepat berdampak dengan kenaikan kadar

trigliserida dan kolesterol pada tubuh yang dapat menyebabkan berabagai macam penyakit, karena pada umumnya komponen utama minyak goreng adalah trigliserida (asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh).

Pada umumnya minyak hewani memiliki kandungan asam lemak jenuh yang lebih tinggi dibanding minyak nabati. Kolesterol sebenarnya merupakan salah satu komponen lemak yang umumnya terdapat dalam lemak hewani dan minyak nabati namun relatif lebih sedikit dibanding minyak hewani [2].

Kandungan asam lemak jenuh antara minyak goreng kemasan, minyak ayam, minyak sapi, dan minyak babi, menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR) dan Gas Chromatography Mass Spectrophotometry (CGMS)*. Hasilnya minyak sapi memiliki kandungan jumlah asam lemak jenuh paling besar, kemudian ada minyak babi, lalu minyak ayam [3].

Perubahan sudut polarisasi pada campuran minyak babi dengan minyak sawit, serta campuran minyak sawit dan minyak sapi memiliki perubahan sudut polarisasi alami dan elektrooptis tertinggi dibanding dengan minyak sawit murni menggunakan lampu IR, besarnya perubahan sudut polarisasi mempresentasikan jumlah asam lemak jenuh[4].

Dalam penelitian sebelumnya juga telah dihasilkan perubahan sudut polarisasi dari minyak sawit baru, minyak sawit kadaluwarsa, campuran antar minyak sawit dan minyak ayam, campuran antara minyak sawit dan minyak babi menunjukkan bahwa perubahan sudut polarisasi terbesar terdapat pada minyak kadaluwarsa [5]. Besarnya perubahan sudut polarisasi mengindikasi jumlah radikal bebas yang terkandung pada minyak goreng. Komponen utama penyumbang radikal bebas adalah asam lemak jenuh. Minyak dikatakan bermutu baik jika memiliki kandungan radikal bebas yang kecil [6]. Perubahan sudut polarisasi karena trigliserida yang asimetri diduga kombinasi linier dari jumlah asam lemak jenuh dan tidak jenuh pada molekul trigliserida [7].

Dari penelitian sebelumnya minyak hewani maupun minyak sawit kadaluwarsa mengandung lemak jenuh yang cukup tinggi dan bisa diukur perubahan sudut polarisasinya karena minyak bersifat optis aktif. Efek dominan dari asam lemak jenuh adalah peningkatan kadar kolesterol total [8]. Oleh karena itu, penentuan kadar kolesterol pada makanan penting. Namun, belum ada penelitian secara khusus untuk kolesterol pada minyak goreng secara langsung menggunakan metode polarisasi, selain itu juga dapat menghitung perubahan sudut polarisasi trigliserida pada minyak goreng. Sehingga pada penelitian ini menindak lanjuti penelitian sebelumnya yaitu untuk kadar kolesterol dan trigliserida pada minyak goreng menggunakan metode polarisasi, yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar kolesterol dan trigliserida dari peningkatan perubahan sudut polarisasinya pada minyak goreng.

## **DASAR TEORI**

### **Polarisasi**

Polarisasi cahaya merupakan peristiwa perubahan arah getar gelombang cahaya yang acak menjadi satu arah getar [9]. Perubahan arah getar yang acak dari sebuah gelombang menjadi arah yang teratur merupakan polarisasi [10]. Polarisasi ini cahaya termasuk salah satu fenomena alam yang sering terjadi di kehidupan. Cahaya yang terpolarisasi bidang yang melewati material optis aktif, maka cahaya yang terpolarisasi bidang tersebut akan mengalami rotasi. Konsentrasi dari medium yang dilewati cahaya, mempengaruhi besar perputaran dari sudut polarisasi. Material yang memiliki sifat optis aktif merupakan material yang memiliki dua kutub elektrik. Polarisasi dapat diukur menggunakan seperangkat polarimeter.

### Sifat Optis Aktif

Bahan yang dapat memutar bidang polarisasi merupakan bahan yang memiliki sifat aktif optis atau yang dikenal dengan rotasi alami [11]. Jika cahaya terpolarisasi bidang dilewatkan pada larutan yang mengandung suatu enantiomer tunggal, maka bidang polarisasi cahaya itu diputar ke kanan atau ke kiri. Perputaran cahaya terpolarisasi bidang ini disebut rotasi optis [12].

Jika molekul tidak simetri maka dapat mempunyai dua bentuk struktur yang berbeda terkait dengan bayangan cermin dan dapat merotasi bidang polarisasi dengan jumlah yang sama tetapi dalam arah yang berlawanan sehingga bersifat optis aktif dan disebut molekul *chiral*. Pasangannya disebut *enantiomer* atau isomer optik [13]. Identifikasi sifat optis aktif dapat dilakukan dengan hukum Malus, dan dapat diukur menggunakan dua buah polarisator.

### Minyak goreng

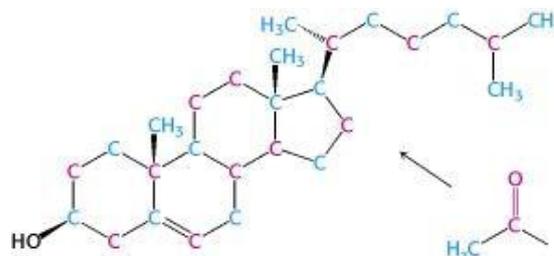
Minyak goreng merupakan salah satu bahan optis aktif karena mempunyai struktur molekul *chiral*, yaitu molekul yang mempunyai atom karbon (C) yang mengikat empat atom berbeda [14].

Penggunaan minyak goreng sebagai bahan uji karena minyak goreng merupakan salah satu jenis bahan transparan yang bersifat optis aktif karena memiliki atom *chiral*. Bila cahaya terpolarisasi linier jatuh pada bahan optis aktif, cahaya yang datang akan tetap terpolarisasi linier dengan arah bidang getar berputar membentuk sudut  $\theta$  terhadap arah bidang getar semula [15].

### Kolesterol

Kolesterol merupakan lipida struktural (pembentuk struktur sel) yang berfungsi sebagai komponen yang dibutuhkan dalam kebanyakan sel tubuh. Kolesterol merupakan bahan yang menyerupai lilin. Kolesterol sangat berguna dalam membantu pembentukan hormon, vitamin D, lapisan pelindung sel syaraf, membangun dinding sel, pelarut

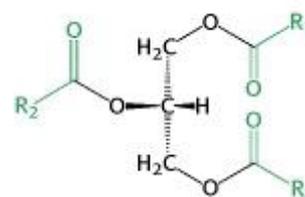
vitamin (vitamin A, D, E, K) dan mengembangkan jaringan otak pada anak-anak [16]. Struktur dari senyawa kolesterol disajikan pada gambar 1. berikut:



Gambar 1. Struktur kimia kolesterol [17]

### Trigliserida

Telah diusulkan bahwa hanya asam lemak jenuh dan tidak jenuh di trigliserida yang dianggap paling aktif dalam kontribusi terhadap polarisasi cahaya dan parameter lainnya telah diabaikan. Perubahan polarisasi karena asimetris trigliserida diduga kombinasi linier dari jumlah asam lemak jenuh dan tidak jenuh pada molekul trigliserida [7]. Secara umum trigliserida memiliki rumus struktur seperti gambar 2 berikut:

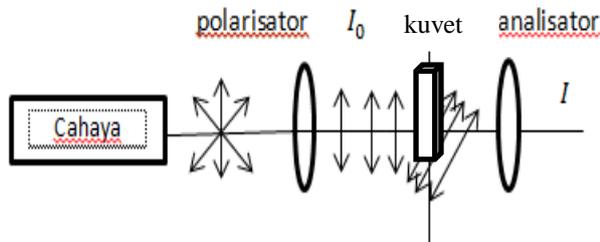


Gambar 3. Struktur kimia trigliserida [17]

### METODE PENELITIAN

Skema rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini. Polarimeter yang digunakan terdiri dari 2 polaroid yaitu polarisator dan analisator, sampel diletakan antara polarisator dan analisator menggunakan sumber cahaya lampu pijar 100 Watt. sampel yang digunakan merupakan minyak sawit kadaluwarsa dan minyak sawit baru. Mengasumsikan kadar kolesterol dari minyak sawit tersebut sebagai

perubahan sudut polarisasi. Skema alat yang digunakan disajikan pada gambar 3 berikut:



**Gambar 3.** Skema rangkaian alat pengukuran sudut polarisasi

### Pembuatan Larutan Kolesterol Murni Standar

Kolesterol murni standar yang berbentuk bubuk akan dilarutkan menggunakan eter, dengan konsentrasi 0,16 gr/mL, 0,12 gr/mL, 0,08 gr/mL, 0,04 gr/mL, 0,01 gr/mL. Dalam pembuatan sampel menggunakan sampel konsentrasi lama dan sampel konsentrasi baru. Pada awal pembuatan menyiapkan bubuk kolesterol murni tersebut kemudian timbang dengan ukuran masing-masing berat 16 gr, 12 gr, 8 gr, 4 gr, 1 gr. Untuk eter menggunakan 100 mL. Kemudian langkah selanjutnya, mencampurkan kolesterol murni standar dengan eter kemudian diaduk sampai larutan menyatu sehingga larutan berubah menjadi bening, dan seterusnya sama untuk konsentrasi selanjutnya. Perbedaannya pembuatan untuk sampel lama dibuat 2 bulan sebelumnya. Namun dengan langkah-langkah pembuatan yang sama.

### Pengukuran Konsentrasi Kolesterol Standar, Minyak Sawit dengan Polarisasi

Pengukuran dilakukan menggunakan seperangkat polarimeter sederhana dengan sumber cahaya yang digunakan adalah lampu pijar 100 Watt. Sampel yang sudah dibuat dengan berbagai jenis konsentrasi untuk masing-masing perlakuan ditempatkan di dalam kuvet quartz 1 cm, setelah sumber cahaya dinyalakan sudut pada polarisator diatur sebesar  $0^\circ$  yang kemudian perubahan sudut polarisasi akan terbaca pada analisator.

Konsentrasi kolesterol murni dengan eter, minyak sawit kadaluwarsa, minyak sawit baru kemudian diukur untuk mengetahui perubahan sudut polarisasi.

### Pengujian Sampel Menggunakan Metode Liebermann Burchard

Metode Liebermann Burchard digunakan untuk analisa sampel secara kuantitatif, sehingga dapat diketahui nilai kandungan kadar kolesterol dari masing-masing sampel dengan berbagai konsentrasi yang dihasilkan menggunakan campuran kolesterol murni standar dengan eter serta minyak sawit kadaluwarsa, minyak sawit baru.

### Analisis Hasil

Penelitian ini dapat menghasilkan berbagai macam konsentrasi dari campuran kolesterol murni standar dengan eter, sehingga dapat diketahui perubahan kadar kolesterol dengan perubahan sudut polarisasi yang dihasilkan. Diperoleh persamaan grafik dari perubahan sudut polarisasi kadar kolesterol tersebut, yang selanjutnya persamaan tersebut dipakai sebagai uji standar untuk menghitung perubahan sudut polarisasi dari kolesterol yang terkandung pada minyak sawit (minyak sawit kadaluwarsa, minyak sawit baru) serta mendapatkan perubahan polarisasi trigliserida dari minyak goreng tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengukuran Kadar Kolesterol Menggunakan Metode Liebermann Burchard

Uji secara kuantitatif kadar kolesterol menggunakan metode Liebermann Burchard, yang berfungsi untuk melihat seberapa banyak nilai kadar kolesterol yang terdapat pada sampel. Hasil disajikan pada Tabel 1. berikut:

**Tabel 1.** Perubahan konsentrasi (lama dan baru) terhadap peningkatan kadar kolesterol

No.	Kolesterol (mg/mL)
1	4,57
2	4,78
3	8,73
4	8,90
5	11,20
6	16,78
7	19,90
8	22,24
9	43,13
10	46,05

Dari Tabel 1. terlihat nilai maksimum untuk kadar kolesterol adalah 46,05 mg/mL.

**Pengaruh Kadar Kolesterol Terhadap Perubahan Sudut Polarisasi**

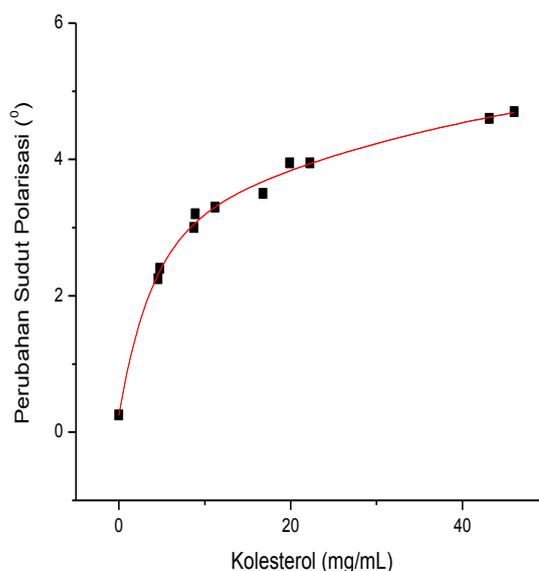
Hasil untuk uji Liebermann Burchard serta perubahan sudut polarisasinya disajikan pada Tabel 2. berikut:

**Tabel 2.** Perubahan sudut polarisasi terhadap peningkatan kadar kolesterol

No.	Kolesterol (mg/mL)	Sudut Polarisasi (°)
1	0	0,25±0,10
2	4,57	2,25±0,47
3	4,78	2,40±0,11
4	8,73	3,0±0,17
5	8,90	3,20±0,16
6	11,20	3,30±0,13
7	16,78	3,50±0,16
8	19,90	3,95±0,16
9	22,24	3,95±0,20
10	43,13	4,60±0,22
11	46,05	4,70±0,18

Dari korelasi antara peningkatan kadar kolesterol dengan perubahan sudut polarisasi yang dihasilkan, diketahui perubahan sudut polarisasi maksimum adalah  $(4,70 \pm 0,18)^{\circ}$  pada

kadar kolesterol 46,05 mg/mL. Sehingga dapat diketahui pula perubahan sudut polarisasi yang dihasilkan berbanding lurus dengan peningkatan kadar kolesterol yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4 yang menggambarkan grafik hubungan antara kadar kolesterol dan perubahan sudut polarisasi yang dihasilkan.



**Gambar 4.** Grafik hubungan kadar kolesterol dan perubahan sudut polarisasi

Dari grafik tersebut memperoleh persamaan garis berikut:

$$\theta = -2,92 * \exp(-X/41,63) + (-2,48) * \exp(-X/3,7) + 5,65 \quad (1)$$

dengan X dalam (mg/mL) dan  $\theta$  dalam (°),  $R^2 = 0,996$ .

Persamaan yang dihasilkan tersebut merupakan sebagai pengoreksi standar untuk perubahan sudut polarisasi kolesterol pada minyak sawit. Pada gambar tersebut juga terlihat grafik membentuk garis yang tidak linier, terlihat cenderung linier pada kolesterol diatas 20 mg/mL. Sehingga grafik menunjukkan semakin meningkatnya kadar kolesterol semakin besar pula kenaikan perubahan sudut polarisasi yang dihasilkan.

### Pengaruh Perubahan Sudut Polarisasi pada Kolesterol Terhadap Minyak Goreng

Dari hasil penelitian ini memperoleh nilai kadar kolesterol dari berbagai macam konsentrasi dan hasil nilai dari perubahan sudut polarisasinya setelah diukur pada masing-masing konsentrasi dari kolesterol dan eter. Sebelumnya minyak sawit (minyak sawit kadaluwarsa, minyak sawit baru) telah diukur perubahan sudut polarisasinya dan diuji secara kuantitatif untuk mendapatkan nilai kadar kolesterol dari minyak goreng. Hasil disajikan pada Tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Pengaruh sudut polarisasi dari minyak goreng terhadap kadar kolesterol

No.	Sampel	Kolesterol (mg/mL)	Sudut Polarisasi total ( $^{\circ}$ )
1	Minyak Sawit Kadaluwarsa	0,0035	1,45±0,17
2	Minyak Sawit Baru	0,0002	0,85±0,17

Dari hasil Tabel 3. perubahan sudut polarisasi yang dihasilkan merupakan perubahan sudut polarisasi total antara trigliserida dan kolesterol sebagai penyusun dari minyak goreng, sehingga dapat diketahui untuk perubahan sudut polarisasi dari kolesterol minyak sawit (minyak sawit kadaluwarsa, minyak sawit baru) tersebut, dapat menghubungkan hasil persamaan garis antara kadar kolesterol murni standar terhadap perubahan sudut polarisasi yang digunakan. Sehingga persamaan 1 menjadi persamaan standar untuk mencari nilai sudut polarisasi dari kolesterol suatu sampel.

Dari persamaan berikut untuk mencari perubahan sudut polarisasi total dari minyak goreng dapat menggunakan persamaan 2. Berikut:

$$\theta_{total} = \theta_{kolesterol} + \theta_{trigliserida} \quad (2)$$

dengan  $\theta_{total}$  menunjukkan perubahan sudut total ( $^{\circ}$ ),  $\theta_{kolesterol}$  menunjukkan perubahan sudut polarisasi kolesterol sampel ( $^{\circ}$ ),

$\theta_{trigliserida}$  menunjukkan perubahan sudut polarisasi trigliserida ( $^{\circ}$ ).

Sehingga untuk hasil dari  $\theta_{kolesterol}$  dan  $\theta_{trigliserida}$  disajikan pada Tabel 4. berikut:

**Tabel 4.** Hasil perhitungan perubahan sudut polarisasi kolesterol dan trigliserida pada minyak Goreng

No.	Sampel	Sudut Polarisasi Total ( $^{\circ}$ )	Sudut Polarisasi Kolesterol ( $^{\circ}$ )	Sudut Polarisasi Trigliserida ( $^{\circ}$ )
1	Minyak Sawit Kadaluwarsa	1,45	0,26	1,19
2	Minyak Sawit Baru	0,85	0,25	0,60

Terlihat hasil yang diperoleh dari perubahan sudut polarisasi kolesterol dan trigliserida, nilai tertinggi yang dihasilkan dari perubahan sudut polarisasi adalah minyak sawit kadaluwarsa yaitu  $\theta_{kolesterol} = 0,26^{\circ}$  dan  $\theta_{trigliserida} = 1,19^{\circ}$ . Pada masing-masing minyak sawit memiliki perbedaan, jika sudut polarisasi total yang dihasilkan semakin besar maka sudut polarisasi kolesterol dan trigliserida juga semakin meningkat. Sehingga dapat diketahui sudut polarisasi total sebanding lurus dengan sudut polarisasi kolesterol dan trigliseridanya.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal, diantaranya :

1. Peningkatan kadar kolesterol disertai dengan semakin besar perubahan sudut polarisasi yang tidak linier, sesuai dengan persamaan:  $\theta = -2,92 \cdot \exp(-X/41,63) + (-2,48) \cdot \exp(-X/3,7) + 5,65$ ,  $R^2 = 0,996$ , dengan  $X$  dalam (mg/mL) dan  $\theta$  dalam ( $^{\circ}$ ). Karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penelitian antara lain larutan

yang mudah memuai, kondisi suhu yang tidak stabil.

2. Nilai untuk perubahan sudut polarisasi kolesterol dan trigliserida masing-masing minyak sawit kadaluwarsa, minyak sawit baru berturut-berturut sebagai berikut:  $\theta_{kolesterol} = 0,26^{\circ}$ ,  $0,25^{\circ}$  dan  $\theta_{trigliserida} = 1,19^{\circ}$ ,  $0,6^{\circ}$ . Dari sini diketahui peningkatan masing-masing perubahan sudut polarisasi trigliserida yang dipengaruhi oleh peningkatan sudut polarisasi kolesterol minyak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]Nuraniza, Boni Pahlanop Lapanporo, Yudha Arman, 2013, *Uji Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya Menggunakan Alat Semiautomatic Polarymeter*, Prisma Fisika, Vol. I, No. 2, Hal. 87 – 91, ISSN : 2337-8204, Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- [2]LIPI, 2009, *Pangan & Kesehatan*, UPT-Balai Informasi Teknologi LIPI, Jakarta.
- [3]Hermanto, Sandra, Anna Muawanah, Rizkina Harahap, 2014, *Profil dan Karakteristik Lemak Hewani (Ayam, Sapi dan Babi) Hasil Analisa FTIR dan GCMS*, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Jakarta.
- [4]Kaltsum, Ummi, Hadiyati Idrus, K.Sofjan Firdausi, 2014, *Pengaruh Penambahan Minyak Hewani pada Minyak Sawit Terhadap Perubahan Polarisasi*, Berkala Fisika, ISSN: 1410-9662, Vol.17, No.3, 109-114.
- [5]Yulianti, Eva, Y.,idriyani, A.Husna, N.Kharisma Putri, Sri Murni, Ria Amitasari, Ari B. Putranto, Heri Sugito, K.Sofjan Firdausi, 2014, *Deteksi Dini Kualitas Minyak Goreng dan Studi Awal Tingkat Kehalalannya Menggunakan Polarisasi Alami*, Berkala Fisika, ISSN: 1410-9662, vol. 17, No.3, Hal. 79-84.
- [6]Firdausi, K., Sofjan, Ade Ika Susan, Kuwat Triyana, 2012, *An Improvement of New Test Method for Determination of Vegetable Oil Quality Based on Electrooptics Parameter*, Berkala Fisika, ISSN: 1410-9662, Vol. 15, No.3, Hal 77-86.
- [7]Firdausi, K., Sofjan, Suryono, Priyono, Zaenul Muhlisin, 2016, *Study of the Most Responsible Parameters Powerful Preliminary Test of Oil Quality*, Jurnal Sais dan Matematika, (in progress).
- [8]Sartika, Ratu Ayu Dewi, 2008, *Pengaruh Asam Lemak Jenuh, Tidak Jenuh dan Asam Lemak Trans terhadap Kesehatan*, Universitas Indonesia, Depok.
- [9]Halliday&Resnick,1993, *Fundamentals of Physics*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [10]Supramono, E., 2002, *Fisika dasar 2*, UM Press, Malang.
- [11]Guenther, Robert D, 1990, *Modern Optic*, John Wiley & Sons,Inc, Canada.
- [12]Fessenden, R. J., dan J. S. Fessenden, 1982, *Kimia Organik*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [13]Tilley, R, 2011, *Colour and Optical Properties of Materials*, England, John Wiley & Sons Ltd.
- [14]Ketaren, S., 2008, *Minyak dan Lemak Pangan*, UI Press, Jakarta.
- [15]Nailatussaadah, 2009, *Pengamatan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya pada Medium Transparan dalam Medan Frequency sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Minyak Goreng*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [16]Silalahi, 2002, *Asam Lemak Trans dalam Makanan dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan*, Buletin Teknologi dan Industri Pangan, Vol XIII no.2.
- [17]Berg JM, Tymoczko JL, Stryer L. 2012. *Biochemistry 7th edition*. New York: W. H. Freeman.