

# POLARISASI FLUORESENS UNTUK EVALUASI MUTU MINYAK GORENG

K. Sofjan Firdausi<sup>1)</sup>, Nyadaniati Simbolon<sup>2)</sup>, Heri Sugito<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Sains dan Matematik, Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Jl.Prof.Sudarto,SH, Tembalang, Semarang  
Telp. (024)7474754. Email: firdausi@fisika.undip.ac.id

<sup>2)</sup>Fakultas Sains dan Matematik, Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Jl.Prof.Sudarto,SH, Tembalang, Semarang  
Telp. (024)7474754. Email: nyadaniatisimbolon@st.fisika.undip.ac.id

<sup>3)</sup>Fakultas Sains dan Matematik, Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro, Jl.Prof.Sudarto,SH, Tembalang, Semarang  
Telp. (024)7474754. Email: herinuha@gmail.com

## Abstrak

Pada tulisan ini telah dilakukan pengukuran langsung perubahan polarisasi fluoresens pada panjang gelombang datang 532 nm untuk evaluasi mutu minyak goreng berdasarkan tingkat kadaluwarsanya. Sampel yang digunakan adalah minyak zaitun dan sawit dengan berbagai tanggal kadaluwarsa. Sudut pengamatan cahaya hambur pada arah tegak lurus terhadap cahaya datang. Dari hasil penelitian didapat bahwa perubahan polarisasi akibat fluoresens tidak linier terhadap polarisasi cahaya datang, namun polarisasi terbesar diperoleh saat  $\theta = 0^\circ$ . Dengan sudut  $\theta = 0^\circ$  diperoleh bahwa, baik untuk minyak zaitun maupun sawit, perubahan polarisasi fluoresens meningkat seiring dengan semakin kadaluwarsanya minyak. Metode polarisasi fluoresens ini identik dengan polarisasi transmisi dan dapat digunakan sebagai uji awal mutu minyak goreng layak pakai atau kadaluwarsa.

**Kata kunci:** Polarisasi, Fluoresens, Mutu Minyak Goreng

## Abstract

*In this paper, a new direct measurement of fluorescence polarization has been conducted using linear polarization of incoming light of green laser pointer (532 nm) to evaluate quality of olive and palm oils due to various time of expiration. The angle of observation of fluorescence polarization was perpendicular to the incoming of light. We obtained that the change fluorescence polarization is not linear to the polarization of incoming light, and optimal scattering polarization is obtained as the incoming light is set by  $\theta = 0^\circ$ . At  $\theta = 0^\circ$ , relative to the olive oil, change of fluorescence polarization increases by reducing quality oil due to long time of expiration. This fluorescence polarization has a prospect to be used for previous evaluation of oil quality.*

**Keywords:** : polarization, fluorescence, oil quality

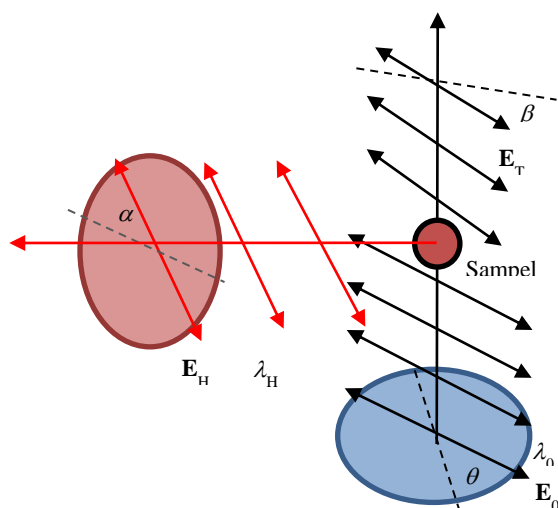
## 1. PENDAHULUAN

Polarisasi cahaya adalah pengkondisian arah medan listrik cahaya pada arah tertentu dan secara umum terdapat tiga jenis polarisasi, yakni polarisasi linier, polarisasi melingkar dan polarisasi elips. Polarisasi linier dapat diperoleh dengan melewatkan cahaya pada polarisator. Cahaya yang terpolarisasi linier ini akan berubah polarisasinya bila berinteraksi dengan bahan yang bersifat optis aktif, elektrooptis, maupun penghambur cahaya. Beberapa bahan menunjukkan polarisasi alaminya yang sangat kecil. Namun dengan menambahkan medan listrik eksternal, jadilah polarisasi elektrooptis yang mampu memperbesar perubahan sudut polarisasinya. Dari hasil penelusuran literatur, metode ini dikenalkan oleh Firdausi dkk (2012) untuk menguji mutu minyak goreng. Dalam dalam studi pustaka telah diulas bagaimana

perkembangan metode standar, seperti spektroskop FTIR dan turunannya, untuk uji mutu minyak goreng (Firdausi, dkk, 2012). Meskipun cukup handal, namun dari beberapa aspek, metode-metode standar yang digunakan tidak praktis, peralatan yang cukup mahal, serta waktu uji yang cukup lama. Firdausi dkk (2012, 2013) dan Sugito dan Firdausi (2014) mengusulkan bahwa polarisasi dengan tambahan imbas medan listrik statis (elektrooptis) pada sampel merupakan parameter tunggal yang dapat menggantikan parameter-parameter standar terkini yang diacu oleh SNI (Standar Nasional Indonesia). Polarisasi alami maupun polarisasi elektrooptis, merupakan teknik yang relatif sangat sederhana untuk secara langsung mengetahui mutu sebuah minyak masih baik atau sudah kadaluwarsa, bahkan berprospek untuk evaluasi tingkat kehalalan minyak akibat cemaran lemak babi (Sugito dan Firdausi,

2012; Firdausi, dkk, 2014; Firdausi, dkk, 2015<sup>a,b</sup>; Firdausi, dkk, 2016). Perubahan polarisasi yang relatif kecil pada minyak goreng akibat transmisi cahaya yang dilewatkan, berbeda-beda tergantung jenis minyak dan tingkat mutu minyak saat itu. Perubahan sudut yang sangat kecil ini ( $< 1^\circ$ ) dapat diperbesar dengan menambah elektrooptis pada sampel, dan berdampak pada prospek pengembangan polarisasi sebagai satu-satunya parameter tunggal untuk mutu minyak.

Selain melalui transmisi, polarisasi juga dapat melalui hamburan. Kami telah menunjukkan bahwa perubahan polarisasi juga dapat diperoleh melalui pengamatan hamburan pada fluoresens minyak goreng (Simbolon dan Firdausi, 2016; Febriyanto dan Firdausi, 2016). Perkembangan spektroskop fluoresens pada minyak goreng sudah banyak diulas pada referensi (Sikorska, dkk, 2012), namun bagi kami, metode dan peralatan yang digunakan masih kurang praktis. Selain itu, belum banyak pakar yang menggunakan pengukuran perubahan arah medan listrik cahaya terhambur secara langsung untuk menyelidiki karakteristik minyak goreng. Alih-alih sebagai pengganti spektroskop hamburan dan fluoresens yang menggunakan parameter intensitas, maka pada penelitian awal kami (Febriyanto dan Firdausi, 2016; Sikorska, dkk, 2012) diperoleh bahwa ada kaitan antara perubahan polarisasi fluoresens dengan variasi sudut polarisator cahaya datang. Gambar 1 menampilkan proses fluoresens dari cahaya dengan panjang gelombang  $\lambda_0$  serta medan listrik  $E_0$ , dihamburkan secara tegak lurus sehingga panjang gelombang hamburnya  $\lambda_H$  dan medannya  $E_H$ .



Gambar 1. Cahaya datang dengan medan  $E_0$  dan panjang gelombang  $\lambda_0$ , berinteraksi dengan sampel. Cahaya yang ditransmisikan mempunyai medan listrik  $E_T$  dan panjang gelombang  $\lambda_0$ . Sedangkan cahaya yang dihamburkan mempunyai medan listrik  $E_H$  dan panjang gelombang  $\lambda_H$ . Pada kasus hamburan Rayleigh,  $\lambda_0 = \lambda_H$ . Namun pada kasus fluoresens,  $\lambda_0 < \lambda_H$ . Cahaya datang dengan polarisasi linier  $\theta$ ,

terhambur dengan polarisasi linier  $\alpha$ . Untuk kasus transmisi, berlaku  $\lambda_0 = \lambda_T$ , perubahan polarisasi setelah melewati sampel adalah  $\beta$ .

Cahaya datang dengan medan listrik  $E_0$  terpolarisasi linier sebesar  $\theta$ . Dengan mengatur polarisator, maka arah  $E_0$ , yakni  $\theta$ , dapat divariasikan, dan selanjutnya medan listrik dari cahaya terhambur adalah  $E_H$  dan mengalami perubahan polarisasi sebesar  $\alpha$ . Analog pada hamburan Rayleigh, pengamatan fluoresens diharapkan maksimum pada sudut pengamatan sebesar  $90^\circ$ . Bila arah  $E_0$ , dipilih  $\theta = 0^\circ$ , maka hamburan cenderung maksimum dengan kontribusi cahaya yang dihamburkan  $E_H$  hampir sejajar dengan  $E_0$ , atau sudut  $\alpha$  yang minimum. Dalam penelitian ini, hal yang menurut kami baru adalah evaluasi mutu minyak dengan mengukur langsung perubahan polarisasi cahaya terhambur menggunakan polarisator. Mengacu pada pendekatan hamburan Rayleigh, medan listrik terhambur yang diamati berbanding dengan medan listrik datang dikalikan faktor  $\sin\Phi$ , atau  $E_H \sim E_0 \sin\Phi$ , dengan  $\Phi$  adalah sudut antara arah pengamatan dengan arah cahaya datang. Kami tidak bervariasi  $\Phi$ , namun memilih  $\Phi = 90^\circ$  dengan harapan selalu diperoleh polarisasi yang optimal. Karenanya, medan listrik hambur yang teramati diberikan oleh Persamaan (1).

$$E_H = \frac{k^2 a^3}{r} \left[ \frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + 2n_0^2} \right] E_0 e^{ikr} \quad (1)$$

dengan  $k$  adalah bilangan gelombang,  $a$  diameter molekul hambur,  $r$  jarak pengamatan dari sampel ke pengamat,  $n_0$  dan  $n_1$  masing-masing indeks bias molekul terlarut dan medium pelarut. Pada persamaan (1) terlihat bahwa arah  $E_H$  langsung berkaitan dengan arah medan listrik awal  $E_0$ , dengan asumsi nilai indeks bias bahan adalah riil, atau sampel dalam kondisi jernih tidak ada serapan. Namun untuk sampel tertentu dengan bertambahnya ukuran molekul, sangat dimungkinkan indeks bias merupakan bilangan kompleks sehingga terjadi serapan. Hamburan Rayleigh yang semula bersifat isotropis, dengan bertambahnya molekul menjadi tak isotropis, yang berakibat medan listrik  $E_H$  berkurang atau orientasinya berubah. Dan hal ini terjadi pula pada kasus fluoresens, untuk  $E_0$  yang terpolarisasi linier sebesar  $\theta$ , akan berubah menjadi  $\alpha$ . Nilai  $\alpha = \alpha(\theta)$  merupakan perbandingan relatif polarisasi linier cahaya hambur terhadap cahaya datang. Dengan pendekatan hamburan Rayleigh, diasumsikan bahwa perubahan polarisasi hambur mendekati linier terhadap polarisasi awal, termodulasi oleh indeks bias kompleks  $\cos(\alpha_0 + \alpha_1\theta)$  dengan  $\alpha_0$  dan  $\alpha_1$  adalah konstanta-konstanta. Sesuai dengan hukum Malus, intensitas setelah ke luar dari analisator adalah  $I = I_H$

$\cos^2\alpha$ , dengan medan listrik hamburnya  $E = E_H \cos\alpha$ , maka yang teramati setelah melewati analisator dirumuskan dalam Persamaan (2).

$$E_H \cos(\alpha) \sim E_0 \cos(\alpha_0 + \alpha_1 \theta) \quad (2)$$

Persamaan (2) hendak diuji dan didiskusikan kemungkinan metode tersebut untuk pengembangan uji mutu minyak dan bahan makanan lainnya.

## 2. METODE PENELITIAN

Komponen utama pada polarisasi fluoresens ini adalah dua pasang polarisator dan sumber cahaya laser pointer hijau 532 nm. Polarisor pertama digunakan untuk mengatur sudut  $\theta$  dari medan awal  $E_0$ , dan polarisor kedua (analisator) digunakan untuk menentukan perubahan medan hambur  $E_H$  dengan sudut  $\alpha$ . Sampel yang digunakan adalah berbagai minyak zaitun (Z) dan minyak sawit (S) dengan tanggal kadaluwarsa yang berbeda-beda (Tabel 1).

Tabel 1. Tanggal kadaluwarsa berbagai jenis minyak zaitun dan sawit. Pengambilan data dilaksanakan dalam rentang waktu Maret – Juli 2016

Jenis minyak	Tanggal kadaluwarsa
Zaitun	
Z1	20-Nov-17
Z2	13-Jan-17
Z3	09-Des-15
Z4	21-Mei-15
Z5	23-Apr-15
Z6	07-Jan-15
Z7	23-Apr-14
Sawit	
S1	24-Jul-17
S2	04-Jun-17
S3	23-Jun-16
S4	28-Sep-15
S5	25-Okt-14

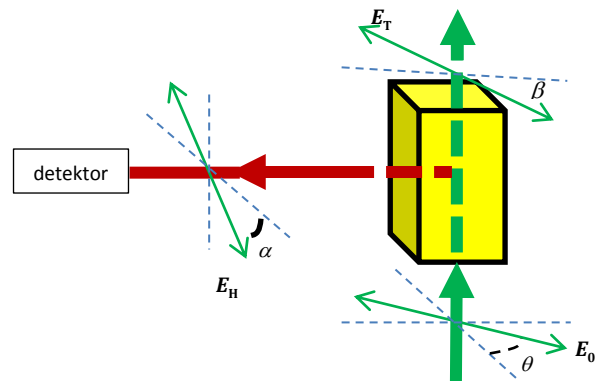
Spektrum fluoresens zaitun dan sawit diambil menggunakan detektor *optical Multi channel analyser*. Detail prosedur penelitian mengacu pada referensi (Febriyanto dan Firdausi, 2016). Skema umum dari pengamatan polarisasi hamburan dapat dilihat pada Gambar 2.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, pancaran fluoresens dari zaitun berwarna kemerahan sedangkan minyak sawit berwarna jingga. Pada Gambar 3 ditampilkan spektrum fluoresens dari perwakilan minyak zaitun (Z1) dan perwakilan minyak sawit (S1) menggunakan panjang gelombang eksitasi  $\lambda_0 = 532$  nm.

Panjang gelombang hambur atau fluoresens pada minyak zaitun didominasi warna kemerahan, yang menunjukkan bahwa keberadaan klorofil yang cukup tinggi pada zaitun Z1 dengan panjang gelombang  $\lambda_H$

= 678 nm dan 726 nm. Sedangkan pada sawit S1 pada  $\lambda_H = 586$  nm sesuai dengan daerah vitamin E. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kongbonga dkk (2011). Kami tidak membahas secara detail bagaimana panjang gelombang fluoresens sampel yang lain, serta kaitannya dengan teknik spektroskop fluoresens. Fokus penelitian sementara hanya pada pengukuran langsung perubahan polarisasi hambur.



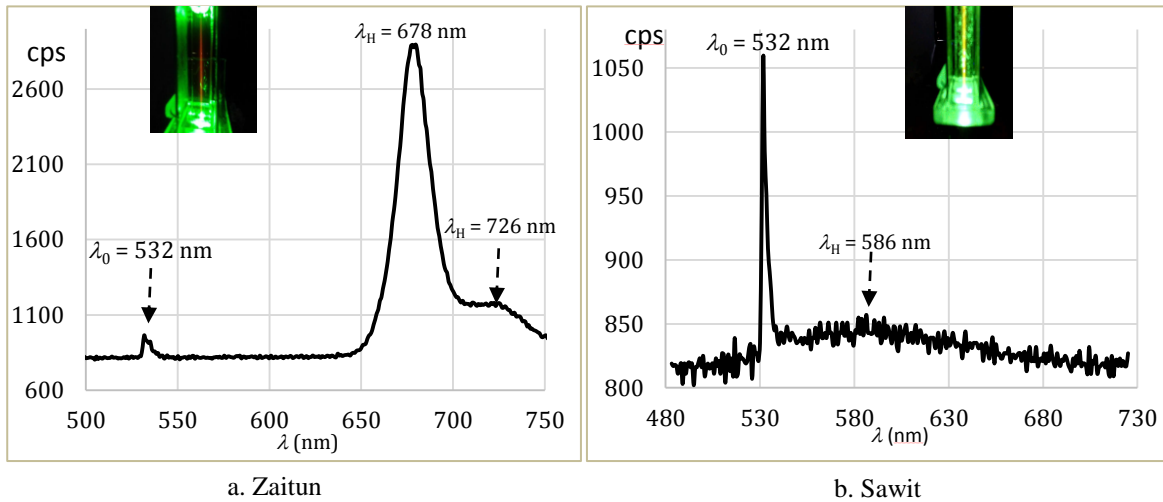
Gambar 2. Skema pengukuran polarisasi fluoresens dengan arah pengamatan tepat tegak lurus arah cahaya datang. Sumber cahaya dari bawah dilewatkan polarisor sehingga  $E_0$  terpolarisasi sebesar  $\theta$ . Perubahan sudut polarisasi fluoresens dari cahaya hambur adalah  $\alpha$  dan perubahan polarisasi transmisi adalah  $\beta$ , keduanya diukur menggunakan polarisator.

Pada Gambar 4 ditampilkan perubahan polarisasi dari medan listrik transmisi  $E_T$  untuk minyak zaitun (Z) dan sawit (S) dengan  $\theta = 0^\circ$  menggunakan sumber laser pointer hijau dengan panjang gelombang  $\lambda_0 = 532$  nm. Data untuk minyak zaitun menggunakan hasil penelitian Simbolon dkk (2016). Pada kasus transmisi, berlaku  $\lambda_0 = \lambda_T$ .

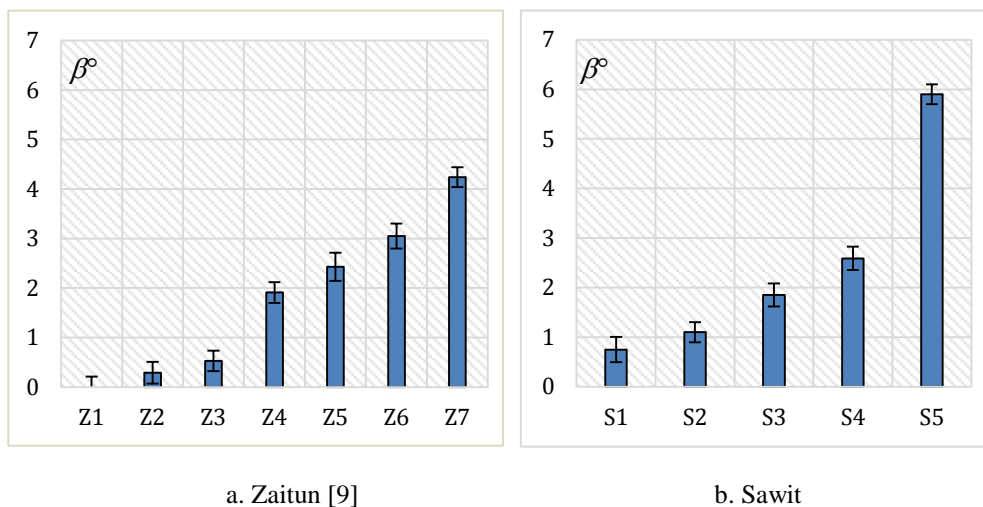
Mencocoki hasil-hasil penelitian sebelumnya (Simbolon dan Firdausi, 2016), terlihat bahwa untuk minyak sawit dan zaitun yang semakin kadaluwarsa (mutu semakin berkurang), semakin besar perubahan polarisasinya. Sesuai tanggal kadaluwarsa, saat pengambilan data hanya Z1, Z2, S1, dan S2 yang masih layak pakai, dengan rata-rata  $\alpha$  kurang dari  $1^\circ$ . Nilai  $\alpha$  diukur relatif terhadap Z1 yang dianggap sebagai minyak dengan mutu terbaik. Kenaikan ini telah diuji menggunakan GCMS (Firdausi, dkk, 2016) akibat bertambahnya asam lemak jenuh rantai panjang secara kontinu dan adanya korelasi linier akibat berkurangnya asam lemak tak jenuh dan bertambahnya asam lemak jenuh.

Gambar 5 menampilkan profil sudut polarisasi  $E_H$  sebagai fungsi sudut polarisasi  $E_0$  menggunakan minyak sawit layak pakai, dengan asumsi bahwa

minyak goreng yang lain juga memiliki kecenderungan yang sama.



Gambar 3. Spektrum fluoresens pada minyak (a) zaitun dan (b) sawit. Panjang gelombang datang (eksitasi) adalah  $\lambda_0 = 532$  nm. Panjang gelombang hambur  $\lambda_H$  pada zaitun didominasi warna merah dengan keberadaan klorofil, dan pada sawit didominasi warna jingga oleh keberadaan vitamin E



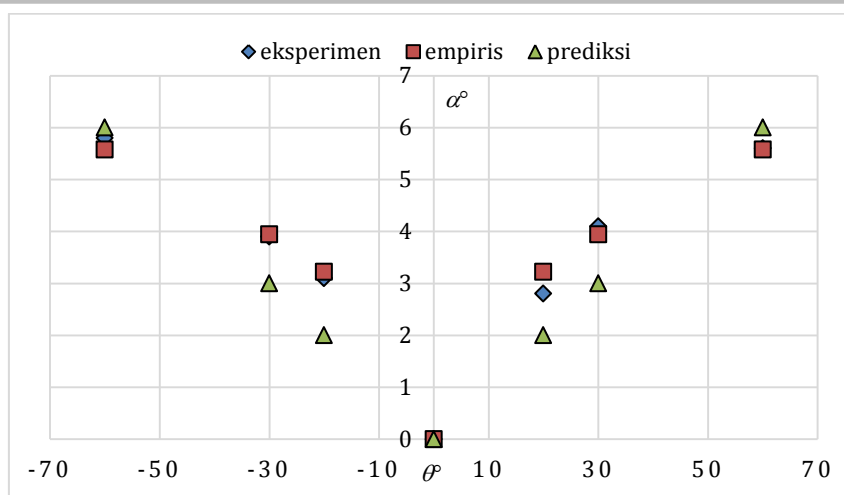
Gambar 4. Perubahan sudut polarisasi  $\beta$  dari medan  $E_T$  untuk  $E_0$  terpolarisasi linier pada  $\theta = 0^\circ$  untuk minyak zaitun (a: Z1 – Z7) dan sawit (b: S1 – S5) menggunakan  $\lambda_0 = 532$  nm. Data untuk zaitun diambil dari referensi (Simbolon dan Firdausi, 2016)

Pada Gambar 5, prediksi menggunakan Persamaan (2) tidak sesuai dengan hasil eksperimen. Pada data tersebut, diperoleh rumus empiris (Persamaan (3)).

$$\alpha = 0,72 \theta^{1/2} \quad (3)$$

yang menunjukkan bahwa polarisasi terhambur tidak linier terhadap polarisasi cahaya datang. Hal ini sangat dimungkinkan karena pada fluoresens bahan bersifat

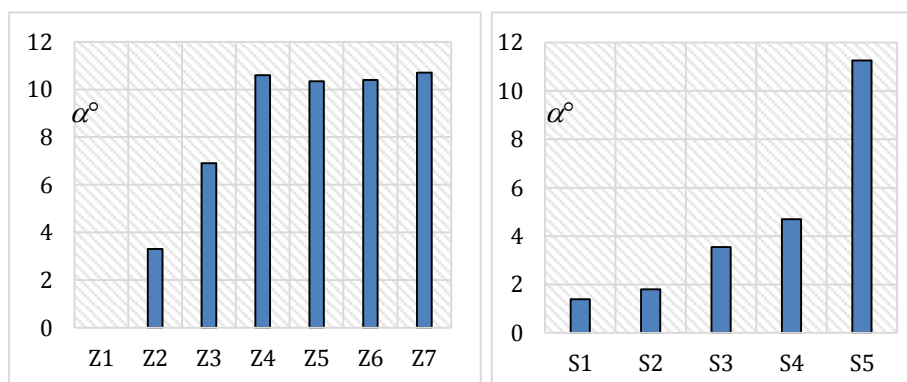
menyerap cahaya, indeks bias sampel pada Persamaan (1) menjadi kompleks dan tak isotrop. Untuk itu, ke depan perlu dilakukan perhitungan secara teoritis yang komprehensif serta pengambilan data tidak hanya untuk minyak sawit, melainkan juga untuk minyak zaitun. Hasil polarisasi terhambur  $\alpha$  pada sudut polarisasi cahaya datang  $\theta = 0^\circ$  untuk zaitun dan sawit ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Profil polarisasi terhambur  $E_H$  dengan sudut polarisasi  $\alpha$  relatif, sebagai fungsi sudut polarisasi  $\theta$  dengan sampel minyak sawit layak pakai.

Nilai  $\alpha$  untuk zaitun maupun sawit pada Gambar 6 tersebut merupakan nilai relatif terhadap Z1. Kenaikan sudut polarisasi hambur menunjukkan perubahan molekul relatif terhadap minyak yang masih baru. Dapat dipahami bahwa minyak yang semakin kadaluwarsa semakin banyak molekul sama lemak jenuhnya dari pada lemak tak jenuh. Profil sudut polarisasi hambur  $E_H$  mirip dengan profil polarisasi transmisi  $E_T$  pada gambar 4. Kecenderungan yang mirip ini dimungkinkan dengan terdapatnya ukuran asam lemak jenuh yang lebih masif dibanding asam lemak jenuh minyak zaitun. Profil hamburan  $E_H$  (gambar 6) dan transmisi  $E_T$  (gambar 4) agak berbeda untuk minyak zaitun. Pada

zaitun Z3 sampai dengan Z7 bertambahnya sudut polarisasi mencapai titik jenuh, yang dimungkinkan karena orientasi dipol yang identik akibat akumulasi asam lemak jenuh yang hampir sama. Namun hal ini masih perlu dibuktikan dengan data GCMS. Kenyataan bahwa minyak yang semakin kadaluwarsa ditunjukkan dengan polarisasi hamburan atau fluoresens yang semakin tinggi. Secara umum, perbedaan antara perubahan polarisasi fluoresens  $\alpha$ , masih lebih besar dibanding perubahan polarisasi transmisi  $\beta$ . Hal ini memperkuat sekaligus menunjukkan bahwa polarisasi fluoresens dapat digunakan untuk evaluasi tingkat mutu minyak goreng.



Gambar 6. Profil polarisasi terhambur  $E_H$  dengan sudut polarisasi  $\alpha$  relatif terhadap sampel Z1 dan perbandingannya dengan sampel minyak sawit. Sudut polarisasi cahaya datang  $\theta = 0^\circ$ . Data minyak zaitun diambil dari referensi (Simbolon dan Firdausi, 2016)

#### 4. SIMPULAN

Perubahan polarisasi akibat fluoresens tidak linier terhadap polarisasi cahaya datang, dan polarisasi terbesar diperoleh saat  $\theta = 0^\circ$ . Baik untuk minyak zaitun maupun sawit, perubahan polarisasi

fluoresens meningkat seiring dengan semakin kadaluwarsanya minyak. Penyebab utamanya identik dengan kasus polarisasi transmisi, penambahan asam lemak jenuh pada minyak yang semakin kadaluwarsa. Metode polarisasi fluoresens ini

identik dengan polarisasi transmisi, namun nilai rata-rata  $\alpha$  pada fluoresens masih lebih besar dari pada  $\beta$ . Metode ini sekaligus melengkapi metode elektrooptis dan dapat digunakan sebagai uji awal mutu minyak goreng layak pakai atau kadaluwarsa. Pengukuran perubahan sudut polarisasi ini belum banyak dilakukan oleh peneliti lain, selain itu peralatan yang digunakan lebih sederhana dibanding metode-metode untuk uji minyak umumnya.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Firdausi, K., S., Susan, A.I., Triyana, K., 2012. "An Improvement of New Test Method for Determination of Vegetable Oil Quality Based on Electrooptics Parameter". *Berkala Fisika*, Vol. 15 No.3 hal 77-86.
- Firdausi, K. S., Sugito, H., Amitasari, R., Murni, S., Putranto, A.B., 2013. "Electrooptics Effect as a New Proposed Method for Determination of Vegetable Oil Quality and a Study of Most Responsible Processes". In: *Proceedings of International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Sciences and its Application (3rd Isnpinsa)*. Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Diponegoro University. P: 36-41.
- Sugito, H., Firdausi, K.S., 2014. "Natural Polarization and Electrooptics Comparison for Evaluation of Cooking Oil Total Quality". *Jurnal Sains dan Matematika*, Vol. 22 No. 4 hal 100-104.
- Firdausi, K. S., Suryono, Sugito, H., Amitasari, R., Murni, S., Putranto, A.B., 2014. "A Study of Natural Polarization on Saturated Fatty Acid as Most Responsible Parameter for Investigation of Oil Quality Level". In: *Proceedings of International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Sciences and its Application (4th Isnpinsa)*. Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Diponegoro University. P: 49-52.
- Firdausi, K. S., Suryono, Priyono, Muhlisin, Z., 2015. "A Simple Polarization for Powerful Preliminary Test of Oil Quality Level. In: *Proceedings of International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Sciences and its Application (5th Isnpinsa)*. Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Diponegoro University.
- Firdausi, K. S., 2015. "Role of Saturated Fatty Acid (SFA) for Degradation of Oil Quality. *Jurnal Sains dan Matematika*". 23(3): 90-93.
- Firdausi, K.S., Sugito, H., Ekasari, Rahmawati, H., Putranto, A.B., 2016. "The relationship between gradient of electro-optics and composition of fatty acids for a new investigation of the quality of palm oil. In: *Proceedings of International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Sciences and its Application (6th Isnpinsa)*. Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Diponegoro University.
- Nyadaniati, S., Firdausi, K.S., 2016. "Pengukuran Perubahan Sudut Polarisasi oleh Fluoresens pada Sampel Minyak Zaitun". *Youngster Physics Journal*, Vol. 5 No. 4 hal 475-480.
- Febriyanto, A.N., Firdausi, K.S., 2016. "Studi Polarisasi Fluoresens menggunakan Minyak Sawit. *Youngster Physics Journal*, Vol. 5 No. 4 hal 463-468.
- Sikorska, E., Khmelinskii, I., Sikorski, M., 2012. "Analysis of Olive Oils by Fluorescence Spectroscopy: Methods and Applications". InTechOpen. 63-88.
- Gilbert, Y., Kongbonga, M., Ghalila, H., Onana, M.B., Majdi, Y., Lakhdar, Z.B., Mezlini, H., Ghalila, S., 2011. "Characterization of Vegetable Oils by Fluorescence Spectroscopy". *Food and Nutrition Sciences*, Vol. 2 hal 692-699.