

KORELASI POLARISASI ELEKTRO-OPTIS DENGAN KOMPOSISI ASAM LEMAK PADA MINYAK ZAITUN SEBAGAI METODE UJI ALTERNATIF MUTU MINYAK GORENG

*W Dewi Nurhasanah, Heri Sugito, Very Richardina, Much Azam, dan K Sofjan Firdausi**

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro Semarang

*corresponding author: k.sofjanfirdausi@yahoo.co.id

ABSTRACT

In this study the quality of olive oil which has been degraded due to heating has been tested using the electro-optical transmission polarization method. The light source used was a laser pointer with $\lambda = 650$ nm. The degradation of the quality of olive oil was measured to be based on changes in the electro-optical polarization angle, while changes in the composition of fatty acids were tested using Gas Chromatography and Mass Spectroscopy (GCMS). The results showed that the polarization angle increases in second order polynomial on the increase in voltage and linearly on the heating duration in the sample which showed a decrease in the quality of homogeneous olive oil. Assuming that the polarization change is a linear combination of the main fatty acids from olive oil, it is obtained that C19:2 and C19:0 fatty acids are the most contributing to oil quality, that is, the reduction in oil quality is indicated by increasing polarization which is accompanied by an increase in C19:0 fatty acids and a reduction in C19:2 fatty acids. Whereas specifically for electro-optical polarization, in addition to C19:2 and C19:0 fatty acids, C19:1 also appears which slightly increases polarization by increasing the fatty acid. This method can be developed further for investigation into other vegetable oils, as well as evaluating halal oil due to contamination of lard.

Keywords: *Electro-optical polarization, olive oil, fatty acid composition, change in polarization angle*

ABSTRAK

Dalam penelitian ini telah dilakukan uji kualitas minyak zaitun yang mengalami degradasi mutu akibat pemanasan menggunakan metode polarisasi transmisi elektrooptis. Sumber cahaya yang digunakan berupa laser pointer dengan $\lambda = 650$ nm. Degradasi kualitas minyak zaitun diketahui berdasarkan pada perubahan sudut polarisasi elektrooptis, sedangkan perubahan komposisi asam lemak diuji menggunakan Gas Chromatography and Mass Spectroscopy (GCMS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa polarisasi bertambah secara kuadratik terhadap kenaikan tegangan dan secara linier terhadap lama pemanasan pada sampel yang menunjukkan penurunan kualitas minyak zaitun yang homogen. Dengan asumsi bahwa perubahan polarisasi merupakan kombinasi linier dari asam lemak utama dari minyak zaitun, diperoleh bahwa asam lemak C19:2 dan C19:0 paling berkontribusi mutu minyak, yakni penurunan kualitas minyak ditunjukkan dengan kenaikan polarisasi yang disertai dengan bertambahnya asam lemak C19:0 dan berkurangnya C19:2 secara bersamaan. Sedangkan khusus pada polarisasi elektro-optis, selain asam lemak C19:2 dan C19:0, juga muncul C19:1 yang sedikit menambah polarisasi dengan bertambahnya asam lemak tersebut. Metode ini dapat dikembangkan untuk penyelidikan pada minyak-minyak nabati lain, dan evaluasi minyak halal akibat cemaran lemak babi.

Kata kunci : Polarisasi elektro-optis, minyak zaitun, komposisi asam lemak, perubahan sudut polarisasi

PENDAHULUAN

Dewasa ini, kebutuhan terhadap informasi yang cepat berkaitan dengan mutu minyak goreng sangat diperlukan, terutama berkaitan dengan metode atau perangkat uji mutu yang praktis, cepat, dan akurat. Standar parameter mutu minyak goreng berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) sangat banyak sehingga perlu banyak perangkat yang tidak sederhana untuk pengujiannya. Perangkat spektroskopi seperti *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), Fluoresens, dan juga GCMS merupakan peralatan yang sangat mahal dan kurang praktis untuk penyelidikan mutu minyak goreng. Metode sederhana seperti viskositas dan indeks bias [1] belum mencukupi karena perubahan mutu minyak sering sekali tidak berbanding linier dengan parameter-parameter tersebut.

Pada penelitian-penelitian kami sebelumnya [2-9], diperoleh bahwa metode polarisasi cahaya secara sederhana dapat digunakan untuk evaluasi awal mutu minyak goreng, bahkan dengan tambahan polarisasi elektro-optis dimungkinkan didapatnya parameter mutu tunggal untuk minyak goreng [10-11]. Pemilihan perubahan sudut polarisasi cahaya sebagai alternatif parameter mutu minyak goreng didasarkan pada fakta bahwa perubahan polarisasi alami maupun elektro-optis berkorelasi erat dengan perubahan komposisi asam lemak utama pada minyak goreng [8-9]. Perubahan komposisi asam lemak inilah yang diduga paling dominan sebagai penentu mutu minyak goreng. Dengan memperoleh hubungan antara perubahan polarisasi cahaya dengan komposisi minyak goreng, maka dapat dilakukan penentuan mutu minyak goreng secara lebih sederhana, cepat dan akurat dari pada metode-metode standar yang ada saat ini.

Pada tulisan ini hendak dibahas korelasi antara perubahan polarisasi cahaya pada minyak zaitun dengan komposisi asam lemak yang dikandungnya. Dengan asumsi bahwa perubahan polarisasi θ merupakan kombinasi dari polarisasi alami θ_0 dan polarisasi elektro-optis θ_E , melalui persamaan [8-9]

$$\theta = \theta_0 + \theta_E \quad (1)$$

Masing-masing sudut polarisasi juga diasumsikan merupakan kombinasi linier dari jumlah komposisi utama asam lemak zaitun seperti dituliskan pada persamaan (2) dan (3).

$$\theta_0 = a_{01}N_1 + a_{02}N_2 + \dots + a_{0n}N_n \quad (2)$$

dan

$$\theta_E = a_{E1}N_1 + a_{E2}N_2 + \dots + a_{En}N_n \quad (3)$$

dengan N_i ($i = 1, 2, \dots, n$) adalah komposisi asam lemak ke- i , serta a_{0i} dan a_{Ei} berturut-turut merupakan koefisien alami dan elektro-optis yang ke- i yang hendak ditentukan dari persamaan (2) dan (3). Besar dan kecilnya koefisien-koefisien tersebut menentukan bagaimana ketergantungan polarisasi pada masing-masing asam lemak.

METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan adalah minyak zaitun yang masih layak pakai ketika dilakukan pengukuran dan kemudian dibagi menjadi empat sampel yang telah mengalami pemanasan dengan kode Z1, Z2, Z3, dan Z4, yang berturut-turut merupakan minyak tanpa perlakuan pemanasan, minyak dengan perlakuan pemanasan selama 1 jam, minyak dengan perlakuan pemanasan selama 2 jam, dan minyak dengan perlakuan pemanasan selama 4 jam.

Tabel 1. kode sampel dengan lama pemanasan.

Sampel	Lama pemanasan (Jam)
Z1	0
Z2	1
Z3	2
Z4	4

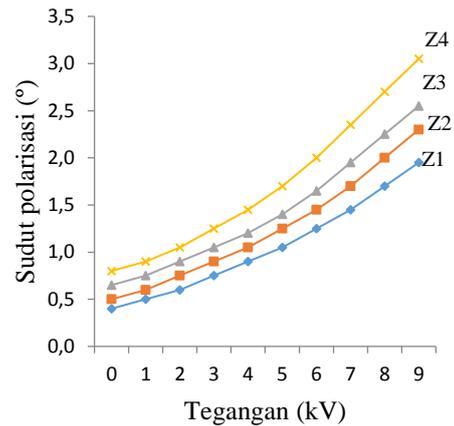
Keempat sampel tersebut dipanaskan pada suhu rata-rata 100°C menggunakan oven. Adapun sumber cahaya yang digunakan berupa laser pointer dengan $\lambda = 650 \text{ nm}$. Perubahan polarisasi elektro-optis diperoleh dengan sepasang polarisator ketika sampel diinduksi menggunakan medan listrik eksternal dalam plat sejajar dengan variasi tegangan dari 0 – 9 kV. Komposisi asam lemak diuji dengan metode GCMS.

HASIL DAN DISKUSI

Perubahan polarisasi bertambah secara polinomial dengan kenaikan medan listrik (atau tegangan) antar plat ditunjukkan pada Gambar 1 untuk semua sampel. Hasil penelitian ini masih sesuai dengan hasil-hasil sebelumnya [2, 4, 6]. Dalam kasus ini, diperoleh hubungan kenaikan polarisasi yang kuadratik terhadap beda potensial antar plat. Gambar 1 adalah kurva perubahan polarisasi pada semua sampel sebagai fungsi tegangan antar plat.

Pada gambar 1, semua sampel menunjukkan kurva polinomial orde dua. Mencocoki hasil-hasil penelitian sebelumnya, minyak dengan kualitas terbaik relatif ditunjukkan dengan polarisasi paling rendah, yakni pada sampel Z1. Bertambahnya sudut polarisasi dengan bertambahnya beda potensial V dapat dijelaskan akibat terbentuknya dipol-dipol listrik yang semakin besar dari asam lemak dan molekul penyusunnya. Dipol listrik yang membesar ini berkontribusi pada

bertambahnya sudut polarisasi cahaya [4]. Sedangkan perubahan polarisasi alami, yang merupakan efek alami molekul tak simetri dari trigliserida, dapat diperoleh saat tegangan $V = 0$, yakni saat minyak tanpa medan elektro-optis dan untuk masing-masing sampel didapat θ_0 . Nilai-nilai tersebut ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 1 Perubahan sudut total polarisasi pada minyak zaitun dengan variasi perlakuan pemanasan

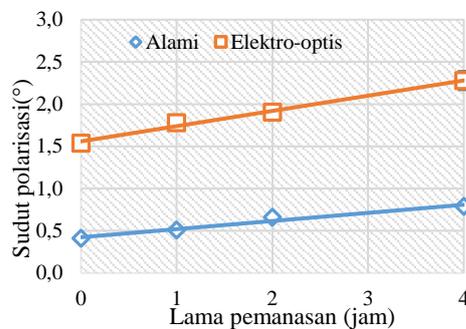
Perubahan sudut elektro-optis merupakan pengurangan sudut polarisasi total terhadap polarisasi alami, yakni $\theta_E = \theta - \theta_0$, dan dari sampel Z1, Z2, Z3 dan Z4 diperoleh masing-masing dengan persamaan $\theta_{E1} = 0,081V + 0,010V^2$; $\theta_{E2} = 0,085V + 0,013V^2$; $\theta_{E3} = 0,080V + 0,015V^2$; dan $\theta_{E4} = 0,099V + 0,017V^2$. Nilai kontribusi elektro-optis θ_E maksimum diperoleh dengan memasukkan nilai $V = 9\text{kV}$ yang disajikan pada Tabel 2.

Nilai-nilai polarisasi alami dan elektro-optis tersebut ternyata berbanding lurus terhadap pemanasan sampel, yang menunjukkan bahwa kondisi perlakuan pemanasan pada sampel berlangsung secara merata dengan suhu pemanasan yang relatif tetap. Grafik pada Gambar 2 merupakan hubungan antara polarisasi alami θ_0 dan polarisasi elektro-optis maksimum θ_E^* terhadap lama pemanasan sampel.

Tabel 2. Nilai polarisasi alami θ_0 dan kontribusi elektro-optis maksimum θ_E^* untuk semua sampel.

Sampel	θ_0 (°)	θ_E (°)*
Z1	0,41±0,02	1,54±0,08
Z2	0,51±0,03	1,78±0,09
Z3	0,66±0,03	1,90±0,10
Z4	0,79±0,04	2,28±0,11

* kontribusi elektro-optis maksimum pada $V = 9$ kV



Gambar 2. Perubahan sudut polarisasi alami dan elektro-optis maksimum terhadap lama pemanasan

Pada bagian ini hendak didiskusikan bagaimana polarisasi alami dan polarisasi elektro-optis berkaitan dengan adanya perubahan komposisi asam lemak setelah minyak dipanasi. Bertambahnya polarisasi alami minyak akibat semakin lamanya pemanasan menunjukkan perubahan komposisi asam lemak pada sampel, dan dalam kasus di atas semakin besar θ_0 semakin berkurang mutu minyak. Demikian pula polarisasi elektro-optis bertambah dengan semakin berkurangnya mutu minyak. Mengacu pada persamaan (2) dan persamaan (3) hendak diperoleh koefisien polarisasi alami a_{0i} dan koefisien elektro-optis a_{Ei} , yang menurut hasil dari studi sebelumnya [8-9], yaitu

semakin besar koefisien menyebabkan semakin kuat ketergantungan asam polarisasi pada asam lemak tersebut. Dari hasil uji GCMS diperoleh bahwa komposisi asam lemak zaitun pada tulisan ini didominasi oleh 4 jenis asam lemak yakni $C_{17}H_{34}O_2$ (asam palmitat), $C_{19}H_{34}O_2$ (lemak tak jenuh ganda = linoleat), $C_{19}H_{36}O_2$ (lemak tak jenuh tunggal = oleat), dan $C_{19}H_{38}O_2$ (lemak jenuh = stearat). Pada Tabel 3 ditampilkan komposisi dari empat asam lemak utama pada minyak zaitun berdasarkan hasil uji GCMS. Jenis asam lemak yang lain diabaikan karena di bawah 1%. Jumlah asam lemak beserta komposisinya (%) ini merupakan komposisi asam lemak yang khas dari minyak zaitun pada umumnya. Jumlah komposisi asam-asam lemak tersebut untuk selanjutnya diberi simbol, berturut-turut, N_1 , N_2 , N_3 dan N_4 . Pada Tabel 4 jumlah komposisi asam lemak dan perubahan polarisasi setelah minyak mengalami pemanasan.

Dari Tabel 4, dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) masing-masing terdapat 4 himpunan persamaan kombinasi linier antara polarisasi alami θ_0 dengan N_i ,

$$0,41 = a_{01}14,32 + a_{02}5,37 + a_{03}78,11 + a_{04}2,19$$

$$0,51 = a_{01}8,94 + a_{02}5,93 + a_{03}81,27 + a_{04}3,86$$

$$0,66 = a_{01}10,83 + a_{02}5,46 + a_{03}79,11 + a_{04}4,60$$

$$0,79 = a_{01}8,32 + a_{02}4,92 + a_{03}83,67 + a_{04}3,17$$

(4)

Tabel 3. Komposisi asam lemak utama pada minyak zaitun berdasarkan uji GCMS

Komposisi	Rumus kimia	Nama	Jenis lemak	Rantai karbon
N_1	$C_{17}H_{34}O_2$	Asam palmitat	Lemak jenuh rantai sedang	C17:0
N_2	$C_{19}H_{34}O_2$	Asam linoleat	Lemak tak jenuh ganda	C19:2
N_3	$C_{19}H_{36}O_2$	Asam oleat	Lemak tak jenuh tunggal	C19:1
N_4	$C_{19}H_{38}O_2$	Asam stearat	Lemak jenuh	C19:0

Tabel 4 Komposisi asam lemak dan perubahan polarisasi setelah mengalami perlakuan

Sampel	Komposisi Asam Lemak (%)				Perubahan polarisasi	
	C17:0	C19:2	C19:1	C19:0	θ_0 (°)	θ_E (°)*
	N_1	N_2	N_3	N_4		
Z0	14,32	5,37	78,11	2,19	0,41±0,02	1,54±0,08
Z1	8,94	5,93	81,27	3,86	0,51±0,03	1,78±0,09
Z2	10,83	5,46	79,11	4,60	0,66±0,03	1,90±0,10
Z4	8,32	4,92	83,67	3,17	0,79±0,04	2,28±0,11

* polarisasi elektro-optis maksimum pada $V = 9$ kV.

serta 4 himpunan persamaan kombinasi linier antara polarisasi elektro-optis θ_E^* dengan N_i ,

$$1,54 = a_{E1}14,32 + a_{E2}5,37 + a_{E3}78,11 + a_{E4}2,19$$

$$1,78 = a_{E1}8,94 + a_{E2}5,93 + a_{E3}81,27 + a_{E4}3,86$$

$$1,90 = a_{E1}10,83 + a_{E2}5,46 + a_{E3}79,11 + a_{E4}4,60$$

$$2,28 = a_{E1}8,32 + a_{E2}4,92 + a_{E3}83,67 + a_{E4}3,17$$

(5)

Dari persamaan (4) dan (5) diperoleh, masing-masing, koefisien polarisasi alami dan elektro-optis yang disajikan pada Tabel 5 dan 6.

Dari Tabel 5 dan 6 diperoleh bahwa koefisien a_1 dan a_2 negatif, sedangkan untuk a_3 dan a_4 positif. Nilai negatif menunjukkan polarisasi berkurang dengan bertambahnya jumlah asam lemak, dan sebaliknya nilai positif berakibat polarisasi bertambah dengan bertambahnya jumlah asam lemak tersebut. Pada polarisasi alami, asam lemak tak jenuh ganda paling berperan dalam kontribusi polarisasi, yakni bila jumlah C19:2 berkurang akan menambah polarisasi dan bila C19:2 bertambah akan mengurangi polarisasi. Asam lemak kedua yang cukup berperan adalah asam lemak jenuh C19:0, yakni bila berkurang akan mengurangi polarisasi dan sebaliknya bila bertambah akan menambah polarisasi. Demikian pula untuk polarisasi elektro-optis, masih didominasi oleh C19:2 dan C19:0, hanya saja asam lemak tak jenuh tunggal C19:1 sedikit signifikan berkontribusi pada polarisasi.

Tabel 5. Sifat relatif asam lemak pada polarisasi alami

Koefisien	polarisasi alami	Kontribusi relatif pada polarisasi*
a_1 (C17:0)	- 0,004°/molekul	Mengurangi 1%
a_2 (C19:0)	- 0,287°/molekul	Mengurangi 100%
a_3 (C19:1)	0,023°/molekul	Menambah 8%
a_4 (C19:0)	0,099°/molekul	Menambah 35%

* persentase dihitung relatif terhadap nilai mutlak $|a_2|$

Tabel 6. Sifat relatif asam lemak pada polarisasi elektro-optis

Koefisien	polarisasi elektro-optis	Kontribusi relatif pada polarisasi*
a_1 (C17:0)	- 0,026°/molekul	Mengurangi 6%
a_2 (C19:0)	- 0,433°/molekul	Mengurangi 100%
a_3 (C19:1)	0,051°/molekul	Menambah 11%
a_4 (C19:0)	0,108°/molekul	Menambah 25%

* persentase dihitung relatif terhadap nilai mutlak $|a_2|$

Hasil ini sesuai dengan nilai-nilai yang diperoleh pada penelitian sebelumnya untuk sawit dan canola [8-9]. Yang sedikit agak berbeda adalah koefisien elektro-optis dengan ukuran rantai $N_4 > N_3 > N_2 > N_1$.

Lemak jenuh dengan rantai terpanjang menghasilkan dipol listrik yang terbesar sehingga koefisien positif terbesar dimiliki oleh N_4 , yang merupakan lemak jenuh dengan rantai terpanjang. Kontribusi asam lemak tak jenuh tunggal meningkat 2 kali lipat dari alami ke elektro-optis. Pada hasil penelitian oleh Afiefah [9], diperoleh koefisien yang semuanya positif, yang artinya bahwa semua komponen asam lemak pada kasus elektro-optis menjadi dipol terinduksi yang saling menguatkan pada polarisasi. Nilai negatif pada a_1 dan a_2 dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sifat tak simetri dari molekul trigliserida masih berperan aktif pada zaitun, terutama asam lemak tak jenuh ganda.

Hasil-hasil penelitian ini memperkuat hasil-hasil sebelumnya bahwa asam lemak jenuh rantai panjang dan asam lemak tak jenuh ganda sangat dominan dalam perubahan polarisasi yang sekaligus dapat digunakan sebagai ukuran awal mutu minyak. Sedangkan asam lemak tak jenuh tunggal sangat signifikan untuk perubahan polarisasi elektro-optis dikarenakan jumlahnya yang paling dominan dalam pembentukan dipol listrik dan menyumbang perubahan polarisasi. Pengukuran perubahan polarisasi ini adalah pengukuran perubahan arah medan listrik cahaya yang berinteraksi dengan molekul, karenanya perubahan polarisasi sangat erat dengan orientasi molekul, ukuran dan juga jumlah molekul. Karena jumlah molekul sudah diwakili oleh N_i , maka orientasi dan ukuran molekul boleh jadi secara implisit berpengaruh pada koefisien a_i . Kajian ini sangat menarik bila diterapkan dalam bidang biofisika. Pada hasil diskusi penelitian sebelumnya [11] disebutkan bahwa polarisasi elektro-optis juga menghasilkan fenomena yang sangat menarik, yakni dipol-dipol listrik yang terjadi merupakan gambaran utuh dari tarik menarik antara molekul trigliserida yang paling berdekatan. Fenomena ini bahkan disinyalir mengarah pada ditemukannya parameter tunggal mutu minyak yakni

energi disosiasi, yang sangat menguntungkan dibanding metode-metode yang lain. Selain itu, metode ini dapat dikembangkan lebih jauh untuk penyelidikan pada minyak-minyak nabati lain bahkan minyak hewani, evaluasi minyak halal akibat cemaran lemak babi, dan kajian lain seperti bidang biosains.

KESIMPULAN

Bertambahnya polarisasi secara linier terhadap lama pemanasan pada sampel menunjukkan degradasi kualitas minyak zaitun secara bertahap. Dengan asumsi bahwa perubahan polarisasi merupakan kombinasi linier dari asam lemak utama dari minyak zaitun, diperoleh koefisien-koefisien C17:0 dan C19:2 bernilai negatif, dan koefisien-koefisien C19:1 dan C19:0 positif. Untuk polarisasi alami, asam lemak C19:2 dan C19:0 paling dominan berkontribusi pada mutu minyak, yakni berkurangnya mutu minyak ditunjukkan dengan bertambahnya polarisasi disertai dengan bertambahnya C19:0 dan berkurangnya C19:2 secara bersamaan. Sedangkan pada polarisasi elektro-optis, selain asam lemak C19:2 dan C19:0, juga muncul C19:1 yang sedikit menambah polarisasi elektro-optis dengan bertambahnya asam lemak tersebut. Koefisien a_i selain mencerminkan ukuran relatif ketergantungan polarisasi pada asam lemak, juga diprediksi berkaitan erat dengan orientasi dan ukuran molekul. Kajian ini sangat menarik bila diterapkan dalam bidang biofisika. Selain itu, metode polarisasi elektro-optis dimungkinkan adanya terobosan baru yakni diperolehnya parameter mutu tunggal berupa energi disosiasi maksimum. Metode ini dapat dikembangkan untuk penyelidikan minyak-minyak nabati lain, evaluasi minyak halal akibat cemaran lemak babi, dan kajian lain dalam bidang biosains.

REFERENSI

- [1] Sutiah S, Firdausi KS, Budi WS. Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias. *Berkala Fisika*. 2008;11(2):53-58.
- [2] Widyastuti N, Azam M, Firdausi KS. Studi efek elektrooptis pada minyak goreng. *Berkala Fisika*. 2009;12(2):63-68.
- [3] Firdausi KS, Rahmawati H. Review of a simple powerful polarizer for testing of edible oil quality. *Berkala Fisika*. 2015;18(4):137-142.
- [4] Firdausi KS., Triyana K, Susan AI. An improvement of new test method for determination of vegetable oil quality based on electro-optics parameter. *Berkala Fisika*. 2012;15(3):77-86.
- [5] Sugito H, Firdausi KS. Natural polarization and electrooptics comparison for evaluation of cooking oil total quality. *Jurnal Sains dan Matematika*. 2014;22(4):102–106.
- [6] Susan AI, Firdausi KS, Budi WS. Studi uji alternatif kualitas minyak goreng berdasarkan perubahan polarisasi cahaya terimbas. *Berkala Fisika*. 2011;14(4):135–138.
- [7] Eva Y, Indriyani Y, Husna A, Putri NK, Murni, S, Amitasari R, Putranto AB, Sugito H, Firdausi KS. Deteksi dini kualitas minyak goreng dan tingkat kehalalannya menggunakan polarisasi alami. *Berkala Fisika*. 2014;17(3):79–84.
- [8] Firdausi KS, Sugito H, Rahmawati H, Putranto AB. The relationship between electro-optics gradient and fatty acids composition in a new investigation on palm oil quality. *Advanced Science Letters*. 2017;23(7):6579-6581.
- [9] Afiefah I, Azam M, Sugito H, Firdausi KS. *Contribution of electro-optics effect on canola oil as a new alternative method for determination of oil quality using transmission and fluorescence polarization*. Semarang: Proceeding of International Seminar

- on New Paradigm and Innovation on Natural Science and Application; 2018.
- [10] Firdausi KS, Heri S, Ria A, Sri M, Ari B. *Eelectrooptics effect as a new proposed method for determination of vegetable oil quality and a study of most responsible physical processes*. Semarang: Proceeding of International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Science and Application; 2013.
- [11] Firdausi KS, Azam M, Sugito H, Septianti RW, Afiefah I. *Determination of relative dissociation energy from electro-optics as a new single-proposed parameter of vegetable oil quality*. Semarang: Proceeding of International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Science and Application; 2018.