

## PENGUJIAN SIFAT FOTOKATALIS LAPISAN TIPIS TiO<sub>2</sub> PADA PRODUK DEGRADASI JELANTAH MENGGUNAKAN ELEKTROOPTIS

*THE TESTING OF PHOTOCATALYTIC PROPERTIES OF TiO<sub>2</sub> THIN FILM ON DEGRADATION PRODUCTS OF USED FRYING OIL USING ELECTROOPTICS*

Ummi Kaltsum<sup>1,a</sup>, Affandi Faisal Kurniawan<sup>1,b</sup>, Priyono<sup>2,c</sup>, dan Iis Nurhasanah<sup>2,d</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur No.24, Semarang 50125, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Fisika, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, Kampus Undip Tembalang, Semarang 50239, Indonesia

e-mail: <sup>a</sup> [ummikaltsum@upgris.ac.id](mailto:ummikaltsum@upgris.ac.id), <sup>b</sup> [affandifaisal@upgris.ac.id](mailto:affandifaisal@upgris.ac.id), <sup>c</sup> [priyonocp@gmail.com](mailto:priyonocp@gmail.com),

dan <sup>d</sup> [iisphysics@gmail.com](mailto:iisphysics@gmail.com)

Diterima: 30 Mei 2017    Diputuskan (Tahap 1): 5 Juli 2017    Direvisi (Tahap 1): 18 Juli 2017

Disetujui (Tahap 2): 24 Agustus 2017    Direvisi (Tahap 2): 2 September 2017

### Abstrak

Mutu jelantah lebih rendah dibandingkan minyak goreng baru, karena mengandung produk-produk degradasi (radikal bebas, molekul lemak jenuh, total polar material, dan polimer). Jumlah produk degradasi dalam jelantah dapat diturunkan menggunakan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang memiliki sifat fotokatalis. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dibuat dengan mencampurkan TTiP dan AcAc dengan perbandingan molar 1:2. Campuran dideposisikan di atas substrat kaca dengan metode spray coating pada suhu 450 °C. Sebagian lapisan tipis yang sudah di-coating kemudian dianil pada suhu 500 °C selama 2 jam. Proses penurunan produk degradasi dalam minyak goreng dilakukan menggunakan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa anil dan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang dianil secara terpisah melalui proses fotokatalis. Proses fotokatalis dilakukan menggunakan matahari selama 5 jam. Keberadaan produk-produk degradasi dalam minyak goreng dikaji berdasarkan perubahan sudut polarisasi cahaya minyak goreng. Besarnya perubahan sudut polarisasi minyak goreng sebanding dengan jumlah produk degradasi. Tidak ada perbedaan yang signifikan pada kedua jenis lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dalam menurunkan produk degradasi. Setelah proses fotokatalis selama 5 jam, kedua jenis lapisan tipis TiO<sub>2</sub> berhasil menurunkan jumlah produk degradasi yang sama yaitu hingga 71,43%. Hasil tersebut menunjukkan kedua jenis lapisan tipis TiO<sub>2</sub> mampu mengurangi produk degradasi dalam jelantah.

**Kata Kunci:** produk degradasi, jelantah, TiO<sub>2</sub>, fotokatalis, elektrooptis

### Abstract

The quality of used frying oil is lower than new frying oil, because it contains degradation products (free radicals, saturated fat molecules, total polar materials, and long polymerized chain molecules). The amount of degradation product in used frying oil can be reduced by using TiO<sub>2</sub> thin film which has

*photocatalytic properties. A TiO<sub>2</sub> thin film was prepared by mixing TTiP and AcAc with a 1: 2 molar ratio. The mixture was deposited on glass substrate by spray coating method at 450 °C. Part of the coated thin film was then annealed at 500 °C for 2 hours. The reduction process of degradation products in the used frying oil was carried out by using a TiO<sub>2</sub> thin film without annealing and TiO<sub>2</sub> thin film annealed separately through photocatalyst process. The photocatalyst process was performed under sun irradiation for 5 hours. The presence of degradation products in the used frying oil was identified based on the change of light polarization angle of the used frying oil. The value of change in the polarization angle of the used frying oil was proportional to the amount of degradation products. There was no significant difference in both TiO<sub>2</sub> thin films in reducing degradation products. After 5 hours photocatalyst, both TiO<sub>2</sub> thin films successfully reduced the same degradation product by 71.43%. These results show that both TiO<sub>2</sub> thin films were able to reduce degradation products in the used frying oil.*

**Keyword:** degradation product, used frying oil, TiO<sub>2</sub>, photocatalyst, electrooptics

**PACS:** 78.20.Jq

© 2017 Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA) is licensed under [CC BY NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## I. PENDAHULUAN

Sifat fotokatalis lapisan tipis TiO<sub>2</sub> telah dimanfaatkan dalam bidang lingkungan, terutama untuk degradasi polutan dalam air [1,2,3] dan udara [4]. Baru-baru ini, lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dijadikan sebagai metode alternatif untuk memurnikan jelantah [5]. Lapisan ini mampu menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB) sampai 54,98% dan angka peroksida (PV) sampai 78,03% ketika tanpa dianil dan mampu menurunkan kadar asam lemak bebas (ALB) sampai 67,10% dan angka peroksida (PV) sampai 79,15% ketika dianil [5]. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang dianil sedikit lebih baik dari pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa dianil.

ALB dan peroksida merupakan produk degradasi dalam jelantah [6]. Selain ALB dan peroksida, terdapat produk-produk degradasi yang lain yaitu: total polar material (TPM) [7], molekul lemak jenuh, radikal bebas [8], dan polimer [9]. ALB dan PV termasuk dalam kelompok radikal bebas. Molekul radikal bebas yang lain diantaranya ion bebas, atom bebas, dan molekul polar bebas. Produk-produk degradasi ini dihasilkan selama proses penggorengan dan

keberadaannya menurunkan mutu minyak goreng.

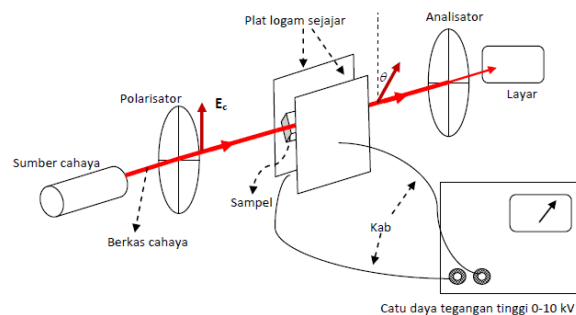
Metode polarisasi, baik polarisasi alami maupun polarisasi terimbas (elektrooptis), merupakan metode alternatif dalam menguji mutu minyak goreng berdasarkan perubahan sudut polarisasinya [10]. Besarnya perubahan sudut polarisasi sebanding dengan jumlah produk degradasi dalam minyak goreng. Perubahan sudut polarisasi alami digunakan untuk kontrol awal mutu berbagai minyak goreng nabati [11]. Elektrooptis mampu menguji mutu berbagai minyak goreng nabati dengan perubahan sudut polarisasi yang lebih besar dibanding polarisasi alami [11], sehingga lebih mudah untuk diamati dan dianalisis. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode elektrooptis sebagai metode alternatif untuk menentukan mutu jelantah dengan menganalisis perubahan sudut polarisasinya. Selain itu, metode elektrooptis ini dapat digunakan untuk meyakinkan sifat fotokatalis lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dan membandingkan fotoaktivitas lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang dianil dan tanpa dianil.

## II. METODE PENELITIAN

Larutan prekursor lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dibuat dengan mencampurkan titanium tetraisopropoxide (TTiP) dan acetylacetone (AcAc) dengan perbandingan konsentrasi 1:2 dan pelarut etanol. Lapisan tipis dibuat dalam dua keadaan yaitu lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa dianil dan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang dianil. Untuk lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa dianil, larutan prekursor dideposisikan di atas substrat pada suhu 450 °C, sedangkan untuk lapisan TiO<sub>2</sub> yang dianil dilakukan pemanasan pada suhu 500 °C selama 2 jam. Sebelum mendeposisikan lapisan tipis, substrat dibersihkan dari pengotor menggunakan sabun, HCl, aseton, dan akuades.

Proses fotokatalis untuk menurunkan produk degradasi dalam jelantah dilakukan dengan memasukkan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa dianil dan lapisan tipis yang dianil dalam jelantah secara terpisah sambil disinari dengan sinar matahari selama 5 jam (pukul 09.30-14.30 WIB) pada keadaan cerah. Setiap satu jam penyinaran, jelantah diuji perubahan sudut polarisasinya menggunakan perangkat peralatan polarisasi yang terdiri dari sumber cahaya (lampu pijar 100 W), polarisator, plat logam sejajar, analisator, dan catu daya tegangan tinggi seperti yang telah dilakukan oleh Firdausi dkk [11] dengan skema rangkaian ditampilkan pada Gambar 1. Metode polarisasi yang digunakan untuk menguji adalah polarisasi terimbas (elektrooptis) dengan memasang catu daya pada 6 kV. Sampel jelantah dimasukkan dalam kuvet yang diletakkan di antara plat logam sejajar. Data yang diperoleh berupa sudut polarisasi jelantah. Selanjutnya, sudut polarisasi jelantah awal sebelum penyinaran dikurangi dengan sudut polarisasi jelantah setelah penyinaran. Selisih sudut ini dinyatakan sebagai perubahan sudut polarisasi. Data perubahan sudut polarisasi

dianalisis untuk menentukan besar penurunan produk degradasi dalam jelantah.

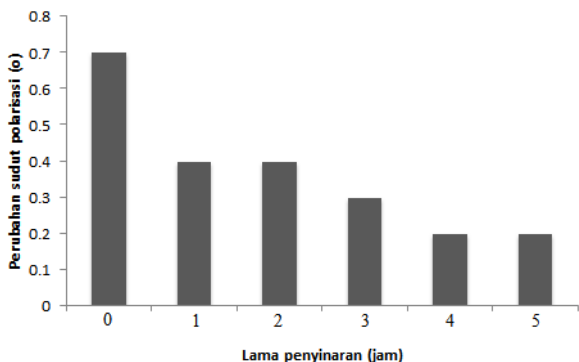


Gambar 1. Rangkaian Peralatan Polarisator [11]

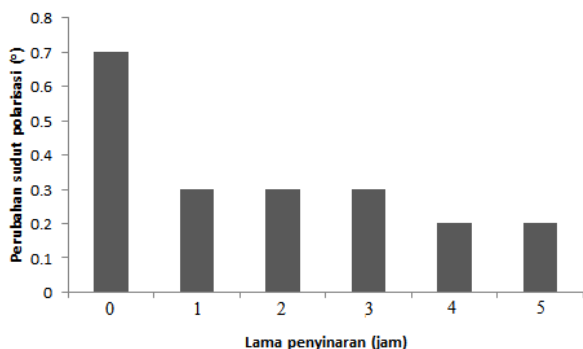
## III. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Hasil penelitian berupa perubahan sudut polarisasi sampel dengan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa dianil seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2 dan dengan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang dianil seperti yang ditampilkan oleh Gambar 3. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan pola yang sama yaitu semakin lama waktu penyinaran, semakin berkurang perubahan sudut polarisasinya. Setelah 1 jam penyinaran, penurunan perubahan sudut polarisasi pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang dianil sedikit lebih besar dari lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa dianil dengan selisih 0,1°. Namun, setelah 5 jam penyinaran, perubahan sudut polarisasi pada kedua lapisan tipis TiO<sub>2</sub> sama yaitu 0,2° atau sebesar 71,43%. Ini menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan pada kedua lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dalam menurunkan perubahan sudut polarisasi pada jelantah. Hasil elektrooptis ini menunjukkan hal yang sama dengan hasil titrasi yakni lapisan tipis TiO<sub>2</sub> yang dianil sedikit lebih baik dari pada lapisan yang tidak dianil dalam menurunkan produk degradasi [5]. Dengan demikian, proses anil dikatakan tidak terlalu mempengaruhi fotokatalis lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dalam jelantah. Selain itu, adanya penurunan sudut polarisasi dalam metode elektrooptis ini memperkuat bukti sifat fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang mampu

menurunkan produk degradasi dalam jelantah.



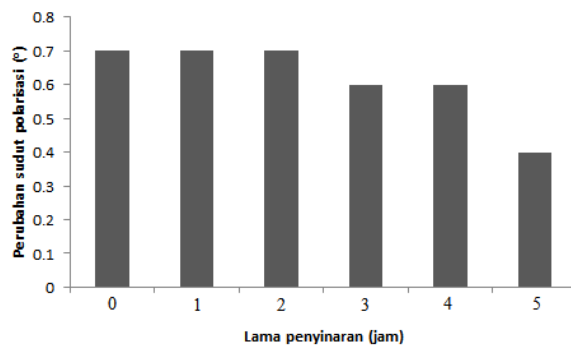
Gambar 2. Perubahan Sudut Polarisasi Jelantah yang Diberi Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> Tanpa Dianil



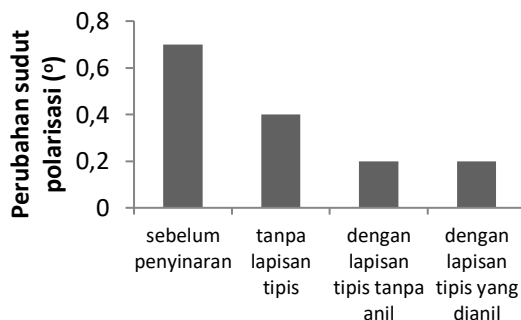
Gambar 3. Perubahan Sudut Polarisasi Jelantah yang Diberi Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub> yang Dianil

Perubahan sudut polarisasi pada jelantah yang tidak diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> juga diteliti dan hasilnya ditampilkan pada Gambar 4. Sebagai perbandingan, hasil perubahan sudut polarisasi sampel sebelum dan setelah penyinaran ditampilkan oleh Gambar 5. Pada Gambar 4 dapat diamati bahwa jelantah yang tidak diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> juga mengalami penurunan sudut polarisasi pada jam ke-3 sampai jam ke 5. Penurunan ini mungkin disebabkan adanya reaksi fotokimia. Dalam reaksi fotokimia, molekul minyak goreng menyerap foton dari sinar UV dan molekul tereksitasi. Molekul minyak goreng yang tereksitasi akan melepaskan energi melalui pemecahan ikatan kimia dan dihasilkan radikal. Radikal ini selanjutnya akan bereaksi dengan produk degradasi dan menghasilkan

molekul tidak berbahaya. Dengan demikian, jumlah produk degradasi dalam minyak goreng berkurang. Pada minyak goreng yang diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, penurunan sudut polarisasinya lebih besar dibanding minyak goreng tanpa lapisan tipis TiO<sub>2</sub>. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub> ini berperan sebagai katalis yang berfungsi mempercepat reaksi, sehingga pengurangan jumlah produk degradasinya lebih besar.



Gambar 4. Perubahan Sudut Polarisasi Jelantah Tanpa Lapisan Tipis TiO<sub>2</sub>

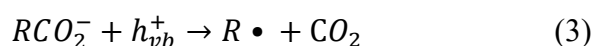
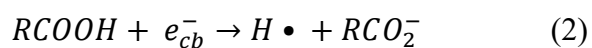
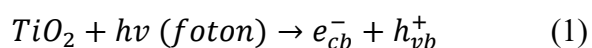


Gambar 5. Perubahan Sudut Polarisasi Jelantah Sebelum dan Setelah Penyinaran selama 5 jam

Nilai perubahan sudut polarisasi jelantah sebelum disinari sebesar 0,7<sup>0</sup>. Setelah disinari, perubahan sudut polarisasi mengalami penurunan, baik pada jelantah yang diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> atau tanpa diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>. Semakin lama penyinaran, semakin kecil perubahan sudut polarisasi. Setelah 5 jam penyinaran, perubahan sudut polarisasi minyak goreng tanpa lapisan tipis sebesar 0,4<sup>0</sup>, dengan lapisan tipis tanpa dianil

0,2°, dan dengan lapisan tipis yang dianil 0,2°. Penurunan perubahan sudut polarisasi jelantah yang diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> lebih besar dari pada jelantah yang tidak diberi lapisan tipis, karena aktivitas fotokatalis dalam lapisan tipis TiO<sub>2</sub> menurunkan jumlah produk degradasi.

Proses fotokatalis yang terjadi pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub> dalam jelantah ada 3 langkah. Pertama, ketika lapisan tipis disinari dengan sinar matahari (foton) akan dihasilkan elektron valensi dan *hole* (Pers. 1) [12]. Selanjutnya, elektron valensi dan *hole* akan berinteraksi dengan asam karboksilat sebagai komponen utama minyak goreng menghasilkan radikal hidrogen (Pers. 2) dan radikal hidrokarbon (Pers. 3) [13]. Terakhir, kedua radikal tersebut akan berinteraksi dengan produk degradasi menghasilkan senyawa tidak berbahaya [5]. Dengan demikian, proses fotokatalis ini akan mengurangi produk degradasi dalam jelantah. Besar kecilnya produk degradasi sebanding dengan besar kecilnya perubahan sudut polarisasi [10]. Keberadaan produk degradasi menurunkan mutu minyak goreng. Semakin besar jumlah produk degradasi dalam minyak goreng, semakin turun mutu minyak goreng tersebut. Dalam penelitian ini, produk degradasi diwakili oleh perubahan sudut polarisasi. Dengan demikian, semakin besar perubahan sudut polarisasi minyak goreng, semakin besar jumlah produk degradasi yang terkandung dan semakin buruk mutu minyak goreng tersebut. Perubahan sudut polarisasi minyak goreng menurun setelah penyinaran, sehingga jumlah produk degradasinya semakin kecil dan mutu minyak goreng meningkat.



Produk-produk degradasi dalam minyak goreng menurunkan mutu minyak goreng dan keberadaanya secara akumulatif dapat diukur melalui perubahan sudut polarisasi [14]. Proses yang terjadi pada peristiwa elektrooptis yaitu medan listrik dalam elektrooptis menginduksi produk-produk degradasi membentuk dipol listrik. Selanjutnya, dipol listrik berinteraksi dengan medan listrik cahaya dan memutar medan listrik cahaya yang terukur sebagai perubahan sudut polarisasi [14]. Semakin besar jumlah produk degradasi, semakin besar perubahan sudut polarisasi. Jelantah mengandung jumlah produk degradasi dalam jumlah besar dibanding minyak goreng baru, sehingga perubahan sudut polarisasi dalam jelantah lebih besar dibanding minyak goreng baru.

#### **IV. KESIMPULAN**

Penurunan jumlah produk degradasi dalam jelantah yang diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub> lebih besar dibanding jelantah tanpa diberi lapisan tipis TiO<sub>2</sub>. Kedua lapisan tipis TiO<sub>2</sub>, baik tanpa anil maupun yang dianil, berhasil menurunkan produk degradasi dalam jelantah hingga 71,43%. Jumlah produk degradasi sebanding dengan perubahan sudut polarisasi dalam metode elektrooptis.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat Kemenristekdikti dalam skema penelitian hibah PEKERTI tahun 2015 dengan nomor kontrak

51/SP/LPPM/UPGRIS/PENELITIAN\_BAT CH-2/IV/2015.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Sobczynski A dan Dobosz A. Water Purification by Photocatalysis on Semiconductors. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2001; **10**(4): 195-205. Terdapat pada:

- <http://www.pjoes.com/abstracts/2001/Vol10/No04/01.html>.
- [2] Cathy M, Jeanette MCR, Detlef WB, dan Peter KJR. The Application of TiO<sub>2</sub> Photocatalysis for Disinfection of Water Contaminated with Pathogenic Micro Organisms: A Review. *Research on Chemical Intermediates*. 2007; **33**(3): 359-375. DOI: <http://dx.doi.org/10.1163/156856707779238775>.
- [3] Mukhlis MZB, Najnin F, Rahman MM, dan Uddin MJ. Photocatalytic Degradation of Different Dyes Using TiO<sub>2</sub> with High Surface Area: A Kinetic Study. *Journal of Scientific Research*. 2013; **5**(2), 301-314. DOI: <http://dx.doi.org/10.3329/jsr.v5i1.11641>.
- [4] Ioana CG dan Moldovan Z. Photodegradation of the Indoor Organic Pollutants by UV Irradiation using TiO<sub>2</sub> Catalysts. *Journal of Physics: Conference Series*. 2009; **182**(1): 012039. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/182/1/012039>.
- [5] Kaltsum U, Kurniawan AF, Nurhasanah I, dan Priyono P. Reduction of Peroxide Value and Free Fatty Acid Value of Used Frying Oil using TiO<sub>2</sub> Thin Film Photocatalyst. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 2016; **11**(3): 369-375. DOI: <https://doi.org/10.9767/bcrec.11.3.577.369-375>.
- [6] Soh KH, Soo MC, dan Yuen MC. Oxidative Stability and Storage Behavior of Fatty Acid Methyl Esters Derived from Used Palm Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2006; **83**: 947-952. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11746-006-5051-9>.
- [7] Bhattacharya AB, Sajilata MG, Tiwari SR, dan Singhal R. Regeneration of Thermally Polymerized Frying Oils with Adsorbents. *Food Chemistry*. 2008; **110**: 562-570. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.033>.
- [8] Mba OI, Dumont MJ, dan Ngadi M. Palm oil: Processing, Characterization and Utilization in the Food Industry. *Food Bioscience*. 2015; **10**: 26-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>.
- [9] Yoon J, Han BS, Kang YC, Kim KH, Jung MY, dan Kwon YA. Purification of Used Frying Oil by Supercritical Carbon Dioxide Extraction. *Food Chemistry*. 2000; **71**(2): 275-279. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00133-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00133-3).
- [10] Firdausi KS, Sugito H, Amatasari R, dan Murni S. Electrooptics Method for Free Radicals Detection and a Prospect for Total Oil Quality Evaluation. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 2013; **3**(1): 72-78. Terdapat pada: <https://jurnal.uns.ac.id/ijap/article/view/1218>
- [11] Firdausi KS, Triyana K, dan Susan AI. An Improvement of New Test Method for Determination of Vegetable Oil Quality based on Electrooptics Parameter. *Berkala Fisika*. 2012; **15**(3): 77-86. Terdapat pada: [http://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala\\_fisika/article/view/4988](http://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/4988).
- [12] Luan X dan Wang Y. Preparation and Photocatalytic Activity of Ag/Bamboo-Type TiO<sub>2</sub> Nanotube Composite Electrodes for Methylene Blue Degradation. *Materials Science in Semiconductor Processing*. 2014; **25**: 43-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mssp.2013.10.023>.
- [13] Kraeutler B dan Bard AJ. Heterogeneous Photocatalytic Synthesis of Methane from Acetic Acid - New Kolbe Reaction Pathway. *Journal of the American Chemical Society*. 1978; **100**(7): 2239-2240. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/ja00475a049>.

[14] Firdausi KS, Sugito H, Amitsari R, Murni S, dan Bawono A. Electrooptics Effect as a New Proposed Method for Determination of Vegetable Oil Quality and A Study of Most Responsible Physical Processes. *Proceeding on International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Sciences and Its*

*Application*. Semarang: Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University; 2013. Terdapat pada:

<http://eprints.undip.ac.id/48605/1>.