

Natural Polarization and Electrooptics Comparison for Evaluation of Cooking Oil Total Quality

Heri Sugito¹, K. Sofjan Firdausi^{1,*}

¹Physics Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jl. Prof Soedarto SH, Tembalang Semarang, Jawa Tengah

*corresponding author's email: firdausi@undip.ac.id; k.sofjanfirdausi@yahoo.co.id

ABSTRACT

In this study, the phenomena of natural polarization and electrooptics effect have been compared as alternative methods for evaluation of vegetable oil quality. The sample used in the experiment was various vegetable oils. The change of light polarization was measured using a pair of polarizer for natural polarization and in case of electrooptics with addition of induced external electric field through DC high voltage. The result has shown that both methods are able to indicate the level of various oil quality. The natural polarization is very useful for preliminary test of oil quality. In the other hand, the electrooptics has a good prospect as single physical indicator for vegetable oil quality.

Key words: polarization, electrooptics, vegetable oil quality, saturated fatty acids

ABSTRAK

Pada tulisan ini, hendak dibandingkan fenomena polarisasi alami dan efek elektrooptis sebagai metode alternatif untuk evaluasi mutu minyak goreng. Sampel uji yang digunakan adalah berbagai jenis minyak goreng nabati tanpa perlakuan awal. Perubahan sudut polarisasi alami secara sederhana diukur menggunakan dua buah polarisator, sedangkan untuk elektrooptis selain diperlukan dua buah polarisator ditambahkan medan elektrostatis luar pada sampel dalam orde tegangan beberapa kV. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua metode mampu membedakan tingkat-tingkat mutu berbagai jenis minyak nabati. Secara terpisah, polarisasi alami berprospek untuk deteksi dini mutu minyak goreng, sedangkan elektrooptis sangat berprospek sebagai parameter tunggal untuk evaluasi total kualitas minyak goreng nabati.

Kata kunci: Polarisasi, Elektrooptis, mutu minyak goreng, Asam Lemak Jenuh (ALJ)

Pendahuluan

Sifat optis aktif molekul murni trigliserida (TG) telah ditemukan beberapa puluh tahun yang lalu yang diakibatkan oleh keberadaan sifat tak-simetri dari molekul TG [1]. Dalam campuran minyak goreng, sifat optis yang terukur melalui perubahan sudut polarisasi cahaya susah diamati dan relatif sangat kecil bila dibandingkan dengan larutan gula. Namun demikian hasil-hasil penelitian kami menunjukkan bahwa dengan hanya menggunakan dua buah polarisator sifat optis aktif TG dalam minyak goreng masih dapat diukur meskipun kecil, dan secara umum untuk minyak goreng standar yang masih segar

perubahan sudut polarisasinya di bawah 1° . Dari hasil-hasil penelitian kami juga diperoleh bahwa nilai perubahan sudut polarisasi berbeda-beda untuk berbagai jenis minyak nabati [2-5]. Demikian pula bila minyak yang dipanaskan berakibat bertambahnya nilai sudut putarnya [3]. Menilik bahwa Badan Standarisasi Nasional belum memanfaatkan polarisasi sebagai parameter uji mutu minyak [6, 7], maka terbuka peluang di sini untuk mengenalkan polarisasi alami dan elektrooptis sebagai salah satu parameter alternatif untuk evaluasi mutu minyak.

Pada efek elektrooptis, bila sampel diberi tambahan gangguan medan listrik luar, ternyata diperoleh perubahan sudut polarisasi yang lebih besar dibandingkan dengan polarisasi alami. Berbagai minyak goreng yang selama ini tidak begitu nampak sifat optis aktifnya, dengan bantuan elektrooptis dapat dihasilkan perubahan sudut polarisasi yang cukup signifikan, yang sampai saat ini masih belum dapat dijelaskan secara fisis detailnya dan masih perlu penjelasan parameter-parameter apa saja yang terkait sehingga dihasilkan kenaikan perubahan sudut putar yang sangat tinggi [5]. Dalam tulisan ini hendak ditelaah lagi perbedaan antara polarisasi alami dan elektrooptis dan proses-proses apa saja yang terjadi sehingga dapat digunakan untuk evaluasi mutu dari berbagai jenis minyak goreng.

Metode

Peralatan utama dalam penelitian adalah sepasang polarisator dan analisator, yang berturut-turut, digunakan untuk memilih arah getar sumber cahaya dan mengukur perubahan sudut polarisasi cahaya setelah melewati sampel. Untuk kasus elektrooptis, ditambahkan dua buah plat logam paralel dan dihasilkan medan listrik untuk mengimbas sampel menggunakan sumber catu daya tegangan tinggi DC 0-10 kV. Wadah sampel digunakan sebuah kuvet dengan panjang lintasan optis 1 cm. Sedangkan sebagai sumber cahaya digunakan LED.

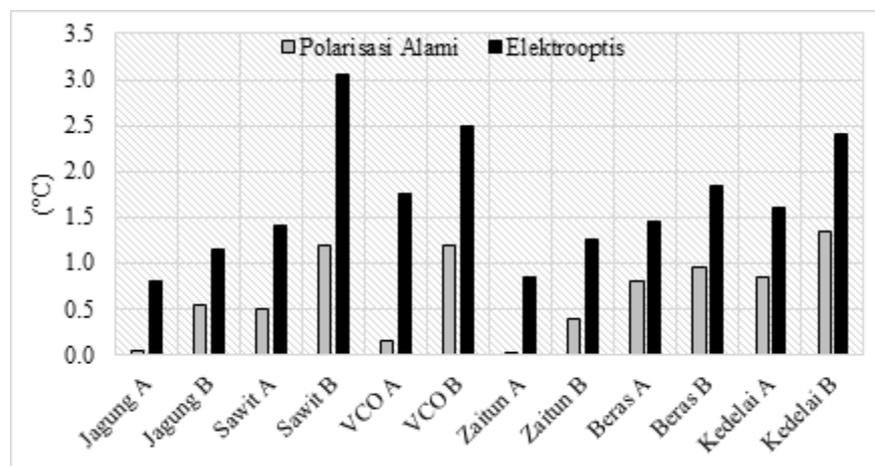
Sampel uji yang digunakan adalah berbagai jenis minyak nabati standar yang diperoleh di toko, dan juga beberapa minyak yang sudah kadaluwarsa. Suhu sampel saat pengukuran adalah berkisar dari 27°C - 28°C. Kenaikan atau penurunan suhu dalam rentang 1 °C dianggap tidak signifikan dalam mempengaruhi perubahan sudut polarisasi. Kondisi sampel saat pengukuran dilakukan pada Juli – September 2013, ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 1. berbagai jenis minyak nabati beserta tanggal kadaluwarsanya.

| Sampel | Kadaluwarsa | Sampel | Kadaluwarsa |
|----------|-------------|-----------|-------------|
| Jagung A | 08/07/2014 | VCO A | 08/10/2015 |
| Jagung B | 09/11/2012 | VCO B | 09/10/2008 |
| Sawit A | 05/01/2014 | Beras A | 13/12/2014 |
| Sawit B | 30/10/2008 | Beras B | 08/12/2012 |
| Zaitun | 07/01/2015 | Kedelai A | 30/08/2014 |
| Zaitun | 02/05/2014 | Kedelai A | 28/06/2011 |

Hasil dan Diskusi

Gambar 1 menampilkan perubahan sudut polarisasi untuk kasus polarisasi alami dan elektrooptis dengan sampel berupa berbagai jenis minyak nabati.



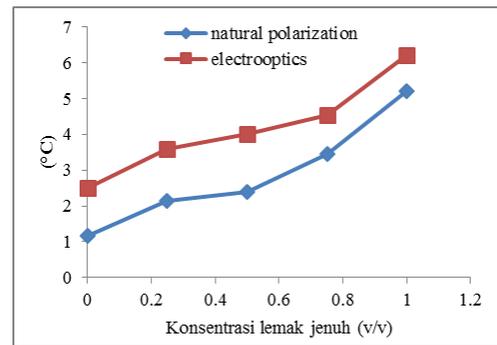
Gambar 1. perubahan sudut polarisasi untuk berbagai jenis minyak nabati untuk polarisasi alami dan elektrooptis menggunakan LED panjang gelombang 615 nm.

Seperti ditunjukkan pada gambar 1, diperoleh sudut polarisasi untuk berbagai jenis minyak nabati yang berbeda-beda. Terlihat bahwa minyak yang sudah kadaluwarsa ditunjukkan dengan adanya peningkatan sudut yang sangat besar. Semakin baik mutu minyak, ditunjukkan dengan semakin kecil perubahan sudut polarisasinya. Dari data tersebut diperoleh gambaran bahwa polarisasi alami dapat digunakan untuk evaluasi mutu minyak tanpa perlakuan awal.

Pada kasus elektrooptis, peningkatan sudut polarisasi dapat mencapai tiga kali sudut polarisasi alami tergantung jenis dan kondisi minyak gorengnya. Perbedaan ini akan dibahas pada bagian selanjutnya.

Peningkatan Perubahan Sudut pada Polarisasi Alami

Perbedaan perubahan sudut polarisasi alami pada minyak layak pakai dan kadaluwarsa sangat menarik untuk dibahas di sini. Asumsi awal menyatakan bahwa kenaikan sudut polarisasi diakibatkan oleh radikal bebas. Namun menurut hemat kami faktor radikal bebas tidak terlalu tepat, sebab minyak yang diuji tidak mengalami perlakuan awal dan dijaga dalam kondisi masih segar, sehingga walaupun dihasilkan radikal bebas jumlahnya masih relatif kecil dan tidak terlalu signifikan mengubah sudut putar. Hipotesa selanjutnya adalah akibat akumulasi asam lemak jenuh (ALJ) yang terkandung dalam minyak yang didasarkan pada argumentasi berikut. Kecenderungan minyak yang semakin kadaluwarsa akan berakibat semakin banyak penggumpalan, mengindikasikan gejala semakin banyaknya ALJ yang lebih dominan dari asam lemak tak jenuh. Untuk menguji apakah pertambahan ALJ menambah perubahan sudut polarisasi, maka kami uji menggunakan pertambahan minyak hewan (minyak ayam) yang diasumsikan kandungan ALJ-nya sangat besar. Dengan demikian 1 bagian lemak hewan setara dengan 1 bagian ALJ. Dengan memvariasi jumlah minyak kambing yang dicampur dalam minyak sawit, dianggap menambah variasi ALJ. Gambar 2 menunjukkan grafik perubahan sudut polarisasi terhadap pertambahan ALJ atau pertambahan minyak ayam dalam perbandingan volume (v/v).

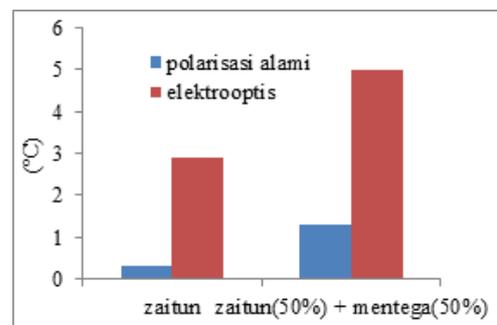


Gambar 2. perubahan sudut polarisasi sebagai fungsi terhadap penambahan ALJ dalam minyak sawit 1, baik untuk polarisasi alami dan elektrooptis (maksimum 7 kV) [8].

Nampak jelas bahwa penambahan lemak hewani (menambah ALJ) ke dalam minyak sawit ternyata juga meningkatkan perubahan sudut polarisasi. Namun demikian, asumsi atau hipotesa di atas masih harus diuji secara eksperimen dengan pengukuran standar ALJ yang lebih akurat, misal pengukuran menggunakan metode GCMS.

Peningkatan Perubahan Sudut pada Elektrooptis

Seperti terlihat pada gambar 2, dengan elektrooptis, perubahan sudut polarisasi meningkat drastis melampaui polarisasi alami. Untuk menguji lagi bagaimana elektrooptis dan ALJ berperan pada sudut polarisasi, kami uji dan dipilih minyak zaitun yang polarisasinya sangat kecil dan menambahkan ke dalamnya ALJ dari bahan mentega, seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. perubahan sudut polarisasi untuk kasus polarisasi alami dan elektrooptis pada minyak zaitun murni dan minyak zaitun tercampur mentega.

Seperti terlihat pada gambar 3, penambahan ALJ (mentega) menambah perubahan sudut polarisasi. Nampak bahwa peran ALJ cukup dominan sedemikian hingga minyak sampai kadaluwarsa dengan indikasi terbentuknya gumpalan lemak padat. Berbeda dengan argumentasi kenaikan sudut polarisasi pada fenomena polarisasi alami, pada elektrooptis, kenaikan sudut polarisasi tidak hanya oleh komposisi ALJ, namun juga akibat keberadaan molekul bebas lain, yang dalam hal ini sedikit mengoreksi usulan atau hipotesa pada referensi [8].

Mengacu pada teori klasik, kontribusi ALJ dan molekul lain secara elektrooptis akan menghasilkan polarisasi internal dalam sampel. Medan internal tersebut berinteraksi dengan medan listrik dari sumber cahaya sehingga menghasilkan resultan medan listrik yang lebih besar dari polarisasi alami. Pergeseran sudut tersebut bertambah besar bila dibandingkan dengan kasus polarisasi alami. Namun demikian penjelasan tersebut belum menjawab secara dasar bagaimana proses fisis yang sesungguhnya terjadi, dan bagaimana proses fisis dasar tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan satu-satunya parameter uji mutu minyak goreng. Selain itu perubahan sudut polarisasi pada kasus elektrooptis yang sangat signifikan, masih belum terjawab secara signifikan bila digunakan argumentasi penambahan vektor medan listrik internal sampel dan cahaya yang digunakan. Untuk itu diusulkan sebuah konsep baru, interaksi yang paling mungkin yang bertanggung jawab secara fisis dalam kenaikan sudut polarisasi.

Energi Disosiasi Rata-Rata Maksimum

Di sini akan diulas dan sedikit merevisi apa yang sudah diusulkan di dalam referensi [8]. Untuk penjelasan kenaikan sudut polarisasi minyak goreng pada kasus elektrooptis, digunakan dua konsep yakni interaksi Van Der Waals dan Polarisabilitas. Molekul TG dalam minyak goreng dianggap non-polar dan interaksi yang bertanggung jawab dalam minyak goreng paling dominan adalah gaya Van Dar Waals, gaya tarik menarik antar molekul TG yang satu dengan yang lain di dalam minyak. Dengan memberikan medan listrik eksternal, polarisasi molekul bertambah. Perubahan dari non-polar ke molekul Polar berakibat pada meningkatnya gaya ikat Van Dar Waals sehingga menambah polarisabilitas

molekul. Molekul dalam minyak yang mempunyai polarisabilitas besar akan memberikan polarisasi besar pula. Energi ikat Van Dar Waals yang berkorespondensi dengan energi disosiasinya semakin lama akan bertambah sampai pada batas medan listrik eksternal tertentu, yang setelah itu dapat dikatakan gaya Van Dar Waals mulai berkurang, saat masing-masing molekul TG cukup jauh atau sama lain. Nilai ekstrim dari energi disosiasi ini yang disebut sebagai parameter baru berupa *energi disosiasi rata-rata maksimum*, ε , dari interaksi Van Dar Waals antar molekul TG dalam minyak goreng, yang sangat. Minyak yang baik kualitasnya bila mempunyai nilai ε yang relatif kecil dibandingkan dengan minyak yang lain. Bila sudut putar polarisasi adalah θ , maka masih perlu dicari kaitan antara θ dengan ε .

Parameter standar mutu minyak goreng yang diacu oleh SNI terlalu banyak dan sangat kompleks untuk dapat dilakukan secara serentak. Dengan usulan hipotesa parameter tunggal ε , yang dapat mewakili semua interaksi parameter-parameter standar (menurut SNI), menjadikan elektrooptis akan lebih mudah diterapkan dalam pengujian minyak goreng yang lebih praktis, sederhana, dan relatif cepat.

Kesimpulan

Polarisasi alami dan elektrooptis jelas menunjukkan kehandalannya dalam membedakan berbagai jenis minyak goreng, termasuk yang layak pakai maupun yang kadaluwarsa. Metode polarisasi alami yang dapat menunjukkan berbagai level mutu minyak tanpa perlakuan awal tersebut berprospek sebagai alat uji dini mutu minyak sebagai alternatif yang lebih baik dari metode standar SNI.

Sedangkan elektrooptis dengan hipotesa parameter tunggal energi disosiasi rata-rata maksimum berprospek menggantikan semua parameter standar SNI menjadi satu parameter tunggal yang lebih praktis dan cepat. Selain itu, kedua metode dapat dikembangkan ke arah uji tingkat kehalalan minyak atau bahan makanan lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh Dikti melalui hibah kompetitif Strategis Nasional tahun 2013. Peneliti

sangat berterima kasih pada Ria Amitasari, Sri Murni dan Ari Bawono Putranto atas bantuan akuisisi data, dan persiapan eksperimen.

Innovation on Natural Sciences and its Application (3rd ISNPINSA), 36-41

Referensi

- [1] Arnis Kuksis, (2012), *Fatty acids and glycerides*, Springer Science & Business Media,
- [2] Y. Asy Syifa, Fathia Nisa, Irvani D. Prasanti, Sri Murni, K. Sofjan Firdausi, (2013), *Pemanfaatan Sifat Optis Aktif Alami Untuk Kendali Awal Mutu Minyak Goreng Nabati*, Berkala Fisika, 16 (2), 33-40
- [3] K. Sofjan Firdausi, Suryono, Priyono, Ria Amitasari, Sri Murni, (2013), *The Study of Frying Oil Quality Degradation Based on Light Polarization with Sample Temperature Variation (Evaluasi Degradasi Mutu Minyak Goreng Kemasan Berdasarkan Polarisasi Cahaya dengan Variasi Suhu Sampel)*, Seminar Nasional Fisika, 56–59
- [4] K. Sofjan Firdausi, Kuwat Triyana, Ade Ika Susan, (2012), *An Improvement of New Test Method for Determination of Vegetable Oil Quality Based on Electrooptics Parameter*, Berkala Fisika, 15 (3), 77-86
- [5] K. Sofjan Firdausi, Heri Sugito, Ria Amitasari, Sri Murni, (2013), *Electrooptics Method for Free Radicals Detection and a Prospect for Total Oil Quality Evaluation (Metode Elektrooptis sebagai Pendeteksi Radikal Bebas dan Prospek untuk Evaluasi Total Mutu Minyak Goreng)*, Indonesian Journal of Applied Physics, 3 (1), 72-78
- [6] Badan Standardisasi Nasional, (2012), *Minyak Goreng Sawit*, SNI 7709:2012 61/KEP/BSN/4/2012 Jakarta
- [7] Badan Standardisasi Nasional, (2013), *Minyak Goreng*, SNI 3741:2013 38/KEP/BSN/2/2013 Jakarta
- [8] K. Sofjan Firdausi, Heri Sugito, Ria Amitasari, Sri Murni, Ari B. Putranto, (2013), *Electrooptics Effect as a New Proposed Method for Determination of Vegetable Oil Quality and a Study of Most Responsible Processes.*, 3rd International Seminar on New Paradigm and