

Studi Efek Elektrooptis Pada Minyak Goreng

Nina Widyastuti, Much. Azam, K. Sofjan Firdausi

Corresponding Author: firdausi@undip.ac.id

Laboratorium Optoelektronika dan Laser, Jurusan Fisika, FMIPA Undip

Abstract

The aim of this research is to study differences between fresh palm oil and heated palm oil in the external static electric field. The external electric field used at this research was resulted from two parallel plates of 5×3 cm, separated by 2.5 cm and applied by high voltage from 0 to 11 kV. Light sources used here were red laser pointer ($\lambda = 650$ nm) and green laser pointer ($\lambda = 532$ nm) to measure change of polarization angle. The heated oil used here was fresh oil that was heated in circa 16 minutes. The results indicate that fresh oil has less average gradient of electro optic polarization (η) than heated oil, both of 650 nm and 532 nm. The η 's value is measured more significant for $\lambda = 532$ nm than $\lambda = 650$ nm, and moreover can be used to measure the quality of oils based on fresh or polluted oil.

Keywords: palm oil, electrooptic, polarization.

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari perbedaan minyak goreng segar dengan minyak yang sudah pernah dipanasi dalam medan listrik statis. Medan listrik di penelitian ini dihasilkan dari dua plat sejajar berukuran 5×3 cm² yang terpisah sejauh 2,5 cm dan diberi tegangan DC 0 samapi 11 kV. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser pointer 650 nm dan 532 nm berfungsi untuk mengukur perubahan sudut polarisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gradien rerata minyak segar lebih rendah dari yang sudah dipanaskan, untuk kedua sumber cahaya. Nilai gradien ini secara signifikan lebih besar pada 532 nm dari pada 650 nm. Lebih jauh, metode ini dapat digunakan untuk menentukan kualitas minyak, minimal, berdasarkan minyak yang belum dan sudah terpakai.

Kata kunci: minyak goreng, elektrooptis, polarisasi

PENDAHULUAN

Konsumsi perkapita minyak goreng di Indonesia mencapai 16,5 kg/tahun. Diperkirakan total konsumsi minyak goreng dalam negeri tahun 2005 mencapai 6 juta ton dengan 83,3% terdiri dari minyak sawit [1].

Besarnya manfaat dan tingginya kebutuhan masyarakat akan minyak goreng mendorong penulis untuk menggunakan minyak goreng sebagai bahan penelitian. Dalam penelitian ini penulis menitik beratkan pada perubahan sudut polarisasi cahaya β akibat pemberian medan listrik statis pada minyak goreng dengan lama pemanasan yang berbeda. Selanjutnya metode ini diharapkan dapat digunakan untuk menguji kualitas minyak goreng berdasarkan lamanya pemanasan.

Sebelumnya, kajian pengamatan perubahan sudut polarisasi cahaya pada medium transparan dalam medan listrik luar dihasilkan bahwa pemberian medan listrik luar yang semakin besar pada suatu larutan dan semakin besarnya konsentrasi larutan akan memperbesar perubahan sudut polarisasi cahaya yang melewati larutan tersebut. Dalam hal ini larutan yang digunakan adalah larutan gula dan larutan garam. Dalam keadaan tanpa medan listrik luarpun, larutan gula sudah dapat mengubah sudut polarisasi cahaya karena larutan gula bersifat optis aktif [2].

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

yang berbeda. Pada minyak goreng terjadi perubahan sudut polarisasi β jika dikenakan medan radio frekuensi \mathcal{E} . Semakin besar \mathcal{E} yang diberikan, β yang terjadi semakin besar. Hal ini karena molekul minyak goreng berbentuk *cis*, strukturnya cenderung melingkar dan renggang karena gaya Van der Waals yang lemah sehingga mudah dipengaruhi oleh medan. Kenaikan β yang terjadi berbentuk persamaan kuadratis. Frekuensi yang digunakan adalah 6,04 MHz – 11 MHz [3].

Pada referensi [4], telah diteliti kemungkinan pengujian kualitas minyak goreng menggunakan gelombang RF, namun hasilnya masih belum teliti, karena medan yang dihasilkan belum dapat mengimbas sampel. Dari penelitian ini dihasilkan keterkaitan antara β terhadap \mathcal{E} yang tidak linier [4].

Aktivitas Optis

Polarisasi cahaya adalah peristiwa perubahan arah getar gelombang cahaya yang acak menjadi satu arah getar. Jika gelombang elektromagnetik terpolarisasi melewati bahan optis aktif maka bidang polarisasinya terputar dan membentuk sudut β dengan bidang datang. Penjelasan fisis untuk aktivitas optik dapat dilihat pada gambar 1.

Polarisasi linier diasumsikan terdiri dari polarisasi melingkar ke kanan dan ke kiri dengan besar tertentu yang ketika melewati bahan optis aktif kecepatannya akan berbeda v_ℓ (ke kiri) dan v_r (ke kanan). Vektor penjumlahan \mathbf{E} menghasilkan osilasi sepanjang sumbu x sebagai E_ℓ dan E_r , vektor

yang berlawanan dengan arah perputaran jarum jam dan searah dengan perputaran jarum jam [5].

Jika molekul zat 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 [6].

Medium Taklinier

Fenomena non-linier diakibatkan oleh ketidakmampuan dipol dalam medium optik untuk merespon secara linier medan listrik \mathbf{E} luar yang datang. Bila \mathbf{E} yang mengenai cukup besar maka sifat optis bahan menjadi fungsi yang nonlinier terhadap \mathbf{E} .

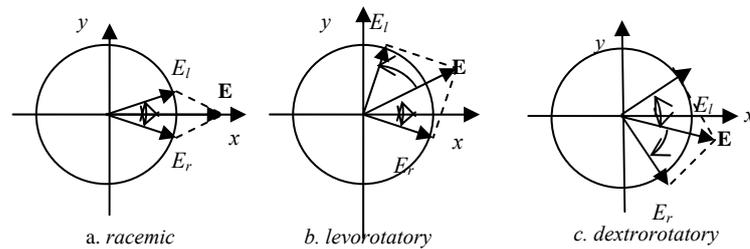
Pada penelitian dengan menggunakan medan radio frekuensi \mathcal{E} untuk mengamati perubahan sudut polarisasi β pada beberapa bahan transparan diperoleh:

$$\beta = \beta_0 + \alpha \mathcal{E} + \gamma \mathcal{E}^2 \quad (1)$$

dengan β_0 merupakan perubahan sudut polarisasi sebelum diberi medan RF, α merupakan koefisien linier medan radio frekuensi \mathcal{E} dan γ merupakan koefisien kuadrat dari \mathcal{E} [7].

Sinar laser yang dilewatkan pada bahan yang non-linier akan terpolarisasi akibat interaksi \mathbf{E} imbas bahan dan \mathbf{E} sinar laser datang. Semakin besar \mathbf{E} luar, semakin besar pula perubahan sudut polarisasi sinar laser β [8].

$$\beta = \beta(\mathbf{E}) \quad (2)$$



Gambar 1 Hasil rotasi optik oleh bahan optis aktif [5].

Minyak Goreng

Minyak goreng adalah lemak yang dimurnikan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan atau hewan yang berwujud cair pada suhu ruang (27°C) [9]. Mutu minyak yang baik mempunyai: kadar air < 0,1%, kadar kotoran < 0,01%, kandungan asam lemak bebas < 2%, bilangan peroksida < 2, bebas dari warna merah, kuning dan hijau (pucat dan jernih) dan kandungan logam berat serendah mungkin [10].

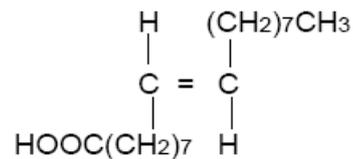
Jumlah asam lemak trans dapat meningkat akibat proses pengolahan yang diterapkan. Akibat polarisasi atom H, asam lemak cis memiliki rantai melengkung (gambar 2). Asam lemak trans karena atom H-nya berseberangan tidak mengalami efek polarisasi yang kuat dan rantainya tetap relatif lurus [11]. Pada suhu tinggi (>180 °C), asam lemak tidak jenuh (berbentuk cis) sangat mudah teroksidasi dan menimbulkan senyawa-senyawa yang berdampak negatif bagi kesehatan (asam lemak trans).

METODE PENELITIAN

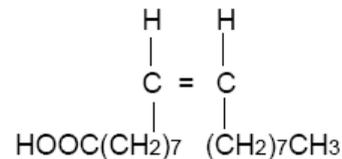
Susunan peralatan untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3. Untuk kalibrasi, digunakan variasi konsentrasi larutan gula dengan mulai dari 5% dengan kenaikan tiap 5% sampai 35% dan larutan garam dengan konsentrasi 5%, 35%, 50%. Sedangkan sampel yang diuji adalah minyak goreng merek A sebelum dipanaskan (label A0), setelah dipanaskan selama 8 menit (A1) dan setelah dipanaskan selama 16 menit

(A2). Koreksi wadah pada pemutaran sudut polarisasi sudah dimasukkan pada hasil perhitungan akhir.

Struktur isomer trans



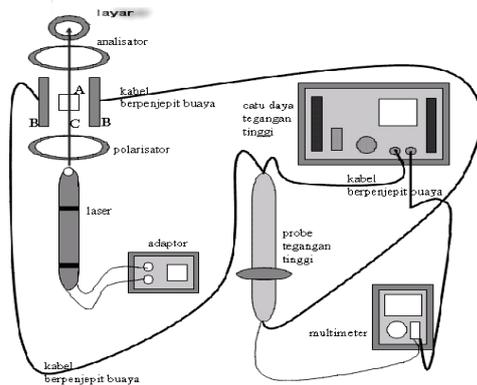
Elaidat Struktur isomer cis



Oleat

Gambar 2. Struktur isomer lemak. Struktur isomer cis dan trans. Pelengkungan tidak terjadi secara nyata pada ikatan rangkap dengan posisi *trans* [11].

Sampel-sampel minyak kemudian dikenakan medan listrik statis **E** dengan variasi tegangan 0-11 kV tiap kenaikan tegangan 1 kV. Pengukuran perubahan sudut polarisasi cahaya β terhadap kenaikan tegangan V digunakan dua buah polarisator. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser pointer ($\lambda = 650 \text{ nm}$) dan laser hijau ($\lambda = 532 \text{ nm}$).

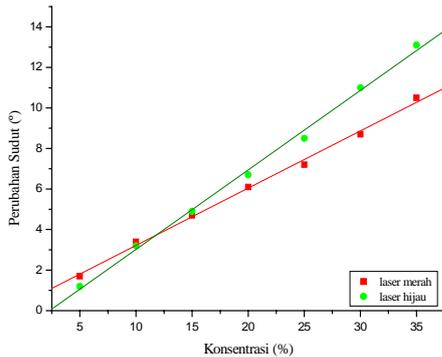


Gambar 3. Diagram alat penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Kalibrasi menggunakan Larutan Gula

Data yang diperoleh menunjukkan kenaikan perubahan sudut polarisasi (β) secara linier terhadap kenaikan konsentrasi C gula. Peristiwa ini akibat adanya atom C *chiral* pada molekul gula sehingga larutan gula bersifat optis aktif yaitu dapat memutar bidang polarisasi tanpa pengaruh medan. Larutan gula menyebabkan perubahan bidang polarisasi ke kanan (arah (+)) atau searah dengan perputaran jarum jam (*dextrorotatory*).



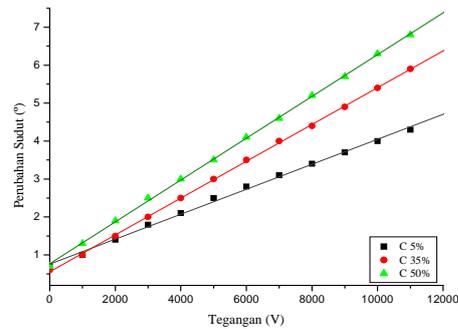
Gambar 4. Grafik perubahan sudut polarisasi laser merah dan laser hijau terhadap perubahan konsentrasi larutan gula.

Hasil Kalibrasi dengan Larutan Garam

Dari grafik β terhadap V pada larutan garam, dapat dilihat bahwa semakin besar E luar yang dikenakan pada sampel larutan garam, kenaikan β

semakin besar. Hal ini karena momen dipol yang ditimbulkan oleh E luar semakin besar. Hasil tersebut identik, pada saat polaritas plat dibalik.

Kenaikan β juga disebabkan oleh kenaikan konsentrasi larutan garam C (NaCl). Semakin besar C , semakin banyak jumlah zat terlarut dalam larutan sehingga semakin banyak molekul NaCl yang terpolarisasi sesuai dipolnya masing-masing. Akibatnya, arah medan listrik sinar laser lebih mudah terpolarisasi bidang oleh molekul-molekul larutan garam. Larutan garam memutar bidang polarisasi searah dengan perputaran jarum jam (arah (+)) atau bersifat *dextrorotatory*.

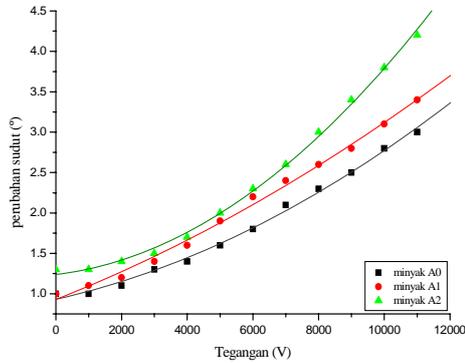


Gambar 5. Grafik perubahan sudut polarisasi ($\lambda=650$ nm) terhadap kenaikan tegangan pada larutan garam.

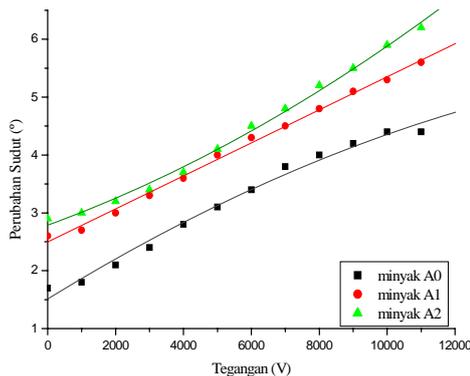
Perubahan Sudut Polarisasi (β) pada Minyak Goreng

Hasil pengamatan terhadap minyak goreng sebelum dipanaskan, setelah dipanaskan 8 menit, dan setelah dipanaskan 16 menit, menghasilkan kenaikan β yang semakin besar dengan semakin besarnya V . Efek dari pemberian medan ini akan membuat jarak antar molekul minyak semakin renggang sehingga gaya Van der Waals yang mengikat molekul-molekul minyak tersebut berkurang. Berkurangnya gaya Van der Waals menyebabkan molekul minyak lebih mudah terpengaruh oleh medan listrik luar dan lebih mudah terpolarisasi. Akibatnya, perubahan sudut polarisasi yang dihasilkan akan semakin besar. Nilai β juga rata-rata

relatif lebih besar untuk panjang gelombang 532 nm dibandingkan 650 nm, sesuai dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya.



Gambar 6. Perubahan sudut polarisasi ($\lambda=650$ nm) terhadap kenaikan tegangan pada minyak goreng.



Gambar 7. Perubahan sudut polarisasi ($\lambda=532$ nm) terhadap kenaikan tegangan pada minyak goreng.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebelum dipanaskan minyak mengalami perubahan sudut polarisasi lebih kecil daripada setelah dipanaskan. Pada laser pointer hijau, perubahan tersebut relatif rata-rata lebih besar dari pada laser pointer merah. Dengan $\lambda=650$ nm diperoleh nilai rerata gradien sudut putar elektrooptis $\eta = (1,93 \pm 0,04) \times 10^{-4}$ $^{\circ}/V$. Nilai tersebut meningkat 43% setelah mengalami pemanasan 16 menit. Nilai gradien ini pada minyak yang masih segar adalah $\eta = (2,76 \pm 0,11) \times 10^{-4}$ $^{\circ}/V$, lebih besar 43% bila digunakan laser merah. Bila dipanaskan selama 16

menit (pada laser pointer hijau) ternyata nilainya meningkat menjadi $\eta = (3,18 \pm 0,08) \times 10^{-4}$ $^{\circ}/V$. Nilai-nilai tersebut berguna untuk keperluan uji kualitas minyak goreng, dengan η terkecil dijadikan parameter sebagai kualitas minyak goreng yang baik.

KESIMPULAN

Nilai gradien rata-rata sudut putar elektrooptis pada minyak segar (belum dipakai) lebih kecil dari pada minyak yang sudah dipanasi, dengan perbedaan sekitar 43%. Demikian pula penggunaan panjang gelombang yang kecil, cenderung memberikan perbedaan gradien η yang cukup signifikan Hasil ini memungkinkan untuk penelitian lebih jauh, yakni pengujian kualitas minyak berdasarkan nilai η gradien sudut putar elektrooptis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Perindustrian, 2007, "Gambaran Sekilas Minyak Kelapa Sawit", www.depperin.go.id.
- [2] Hari Wibowo dkk., 2006, "Pengaruh Polaritas Medan Listrik Eksternal dan Sudut Polarisasi Laser Dioda untuk Pengamatan Efek Kerr", Berkala Fisika, ISSN: 1410-9662, vol. 9, no. 1, hal. 31-36, Januari.
- [3] K. Sofjan Firdausi, Istianah, Indras MARhaendrajaya, 2008, "Studi Pengaruh Medan Radio Frekuensi (RF) pada Minyak Goreng", Berkala Fisika, ISSN: 1410-9662, vol. 11, no. 1, hal 1-4, Januari.
- [4] Nailatussaadah, 2008, "Pengamatan Perubahan Sudut Polarisasi Cahaya pada Medium Transparan dalam Medan Radio Frekuensi untuk Menguji Kualitas Minyak Goreng", Skripsi jurusan Fisika FMIPA Undip, Semarang.

- [5] Pedrotti, F. L. dan Pedrotti, L. S., 1993, "*Introduction to Optics Second Edition*", New Jersey, Prentice-Hall Inc.
- [6] Tilley, R., 2000, "*Colour and Optical Properties of Materials*", England, John Willey & Sons Ltd.
- [7] Ahmad Kamil, M. Azam, K. Sofjan Firdausi, 2007 "Pembentukan Sifat Optis Aktif menggunakan Medan *Radio Frequency* (RF) pada Larutan Garam", Berkala Fisika, ISSN: 1410-9662, vol. 10, no. 2, hal. 93-97, April.
- [8] Darfus, J., 1997, "*The Faraday Effect*", Ohio, Physics Departement, the College of Wooster.
- [9] Lehninger, A.L., 1993, "Dasar-Dasar Biokimia Jilid 2" diterjemahkan oleh Thenawijaya M., Jakarta, Erlangga.
- [10] Ketaren, 1986, "Pengantar Minyak dan Lemak Pangan", Jakarta, UI Press.
- [11] Muchtadi, T., 2000, "Asam Lemak Omega dan Manfaatnya bagi Kesehatan", <http://www.media-indonesia.com/minyak.htm>.