

PENGEMBANGAN KARAKTERISTIK OPTIS PADA LARUTAN PERAK KOLOID MENGGUNAKAN METODE ELEKTRO-OPTIS

Tiwiyaningsih, Aidah Rahmawati, Wahidatun Dewi Nurhasanah, Very Richardina, Ali Khumaeni, Ketut Sofjan Firdausi*, Heri Sugito, Qidir Maulana Binu Soesanto, dan Much Azam

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

Email: k.sofjanfirdausi@yahoo.co.id

Received: 11 Oktober 2019; revised: 12 Januari 2020; accepted: 15 Januari 2020

ABSTRACT

In this paper we present a new development of optical properties on colloidal silver solutions using electro-optics effect. Samples of silver nanoparticles (NPP) were obtained by ablation method and then diluted in water to obtain various concentrations. To obtain optical characteristics of colloidal silver solutions through the electro-optical effect, the changes in the polarization of light was measured as the sample was applied by high external potential difference. The light source used was laser pointer with $\lambda = 650$ nm. The results show that the colloidal silver solution shows non-linear active optical properties with increasing concentration and at a concentration of 4.6 ppm maximum natural polarization occurs. In the case of electro-optics, a voltage increase results in electro-optical contributions which correspond to the effects of non-linear polarization due to high electric fields. However, at 8 kV the maximum polarization appears also at a concentration of 4.6 ppm, which is the same as the natural polarization at that concentration. The study of colloidal silver solutions is very interesting to be further developed by electro-optical methods, because challenges and unanswered phenomena can contribute or alternative perspectives in understanding the interaction of light with matter, especially colloidal silver solutions, and the like.

Keywords: *Light polarization, electrooptical polarization, colloidal silver solution*

ABSTRAK

Dalam tulisan ini dikembangkan sifat optis dari larutan perak koloid dengan metode elektro-optis. Sampel nano partikel perak (NPP) diperoleh dengan metode ablasi laser dan kemudian dilarutkan dalam air untuk memperoleh berbagai variasi konsentrasi. Untuk memperoleh karakteristik optis larutan perak koloid ini, perubahan polarisasi cahaya diukur saat sampel diberi beda potensial tinggi dalam orde kV. Penelitian dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya laser pointer dengan $\lambda = 650$ nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan perak koloid bersifat optis aktif tak linier dengan bertambahnya konsentrasi dan pada konsentrasi 4,6 ppm terjadi polarisasi alami yang maksimum. Pada kasus elektro-optis, kenaikan tegangan menghasilkan kontribusi elektro-optis yang sesuai dengan efek polarisasi tak linier akibat medan listrik tinggi. Namun pada 8 kV dan konsentrasi 4,6 pm muncul puncak polarisasi maksimum yang sama dengan polarisasi alami pada konsentrasi itu. Kajian larutan perak koloid sangat menarik untuk dikembangkan lebih jauh

dengan metode elektro-optis, sebab tantangan dan fenomena yang belum terjawab dapat memberikan kontribusi atau cara pandang alternatif dalam pemahaman interaksi cahaya dengan materi, terutama larutan perak koloid, dan sejenisnya.

Kata kunci: Polarisasi cahaya, polarisasi elektrooptis, larutan perak koloid

PENDAHULUAN

Perkembangan penelitian dan pemanfaatan nano partikel perak (NPP) sudah sangat pesat. Dari segi hamburan cahaya akibat penguatan medan elektromagnetik oleh getaran *plasmon* di sekitar permukaan partikel telah banyak dipelajari dan diimplementasikan di berbagai bidang penelitian [1-4]. Dari segi aplikasi pada biofisika, pengembangan nano partikel perak juga sangat pesat [5]. Dari hasil penelusuran studi literatur, nampaknya sifat optis aktif alami dan efek elektro-optis pada NPP belum pernah dibahas. Dalam tulisan ini, akan dilakukan investigasi efek elektro-optis terhadap NPP menggunakan cahaya terpolarisasi linier.

Sebelumnya, efek elektrooptis telah banyak dikembangkan dan diaplikasikan terutama pada sampel minyak goreng [6-11] serta telah dikaji potensi efek elektrooptis sebagai parameter tunggal mutu minyak, kemampuan deteksi kehalalan akibat tercampurnya dengan lemak babi, pemetaan berbagai jenis minyak, dan juga terobosan baru untuk memperoleh gambaran interaksi dasar molekul trigliserida menggunakan potensial Lennard Jones. Dengan menerapkan efek elektrooptis pada sampel NPP hendak diselidiki sifat optis aktif alami dan kontribusi polarisasi tak liniernya.

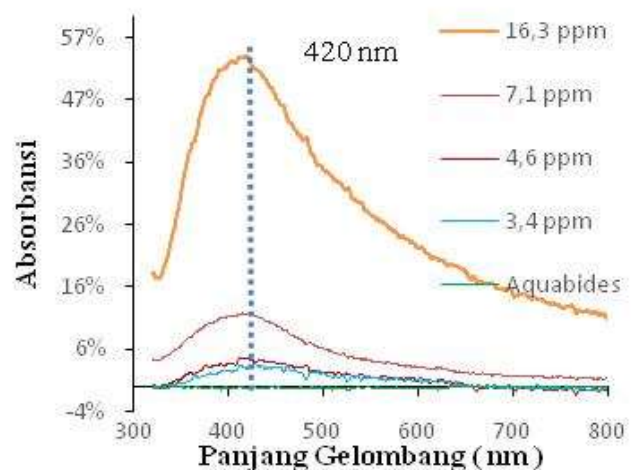
METODE

Sampel NPP diperoleh dari metode ablasi laser sebesar 30 ppm, kemudian diencerkan lagi dalam aquabides untuk memperoleh berbagai konsentrasilarutan perak koloid dari 3,8 ppm sampai 16,3 ppm. Sumber cahaya yang digunakan adalah laser pointer merah

(650 nm). Prosedur standar dari pengambilan data perubahan polarisasi dan elektro-optis mengacu pada penelitian Sugito et al [12] dan Afiefah et al [13]. Karena kendala teknis dengan data yang sangat banyak, pada penelitian ini dibatasi pada cahaya yang terpolarisasi linier dengan seting sudut polarisator pada 0° . Variasi tegangan penghasil medan listrik eksternal pada efek elektrooptis dilakukan dari 0 hingga 9 kV dengan kenaikan setiap 1 kV.

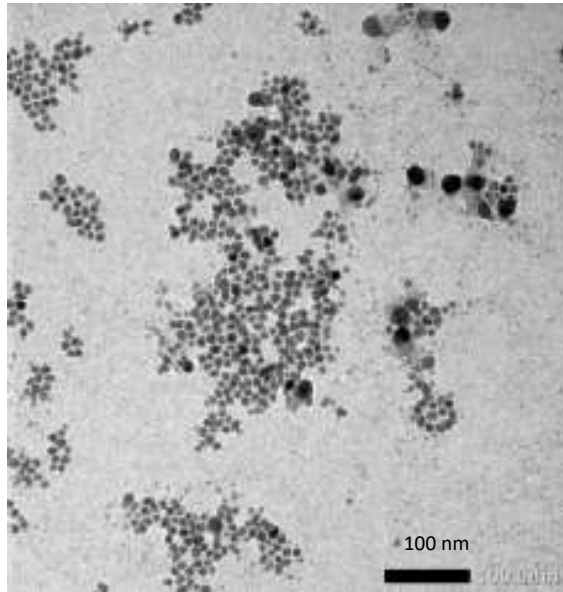
HASIL DAN DISKUSI

Gambar 1 menampilkan spektrum UV-VIS dari beberapa konsentrasi larutan perak koloid dengan puncak serapan pada panjang gelombang 420 nm. Spektrum ini sesuai dengan spektrum khas larutan perak koloid dalam air pada umumnya, dengan ukuran partikel NPP berkisar antara 20 nm sampai 40 nm.



Gambar 1. Absorpsi NPP dalam larutan air sebagai fungsi panjang gelombang cahaya.

Hasil ini diperkuat oleh uji *Transverse Electron Microscopy* (TEM) pada Gambar 2 dari NPP dengan rata-rata ukuran partikel NPP adalah 20 nm. Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa model NPP sesuai dengan karakter umum dari NPP yang biasa digunakan.



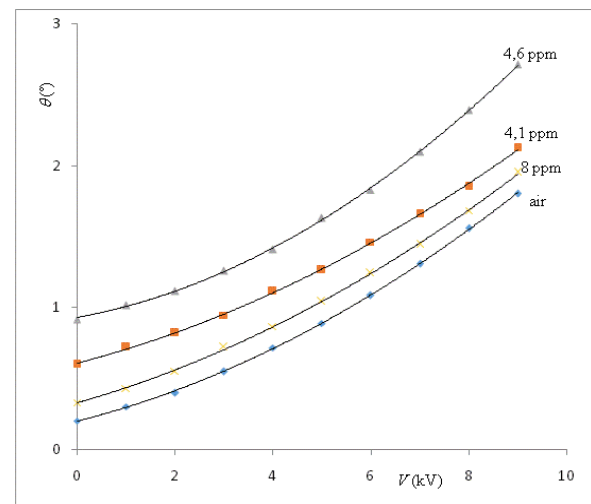
Gambar 2. Hasil TEM dari NPP dalam skala 100 nm. Ukuran rata-rata partikel 20 nm.

Perubahan polarisasi θ ketika sampel diberi beda potensial eksternal V ditunjukkan pada Gambar 3 untuk beberapa sampel. Tren kurva θ versus V cenderung polinomial orde dua, dan hal ini mirip dengan sampel minyak goreng [13-14] ketika diberi beda potensial tinggi menghasilkan θ yang mempunyai fungsi kuadratis terhadap V . Salah satu hasil penelitian pendahulu diperoleh tren linier $\theta = \theta_0 + \theta_1 V$ [7], dan hal tersebut sangat

dimungkinkan bila jarak antar plat cukup besar yakni sekitar 2 cm, sehingga efek optika tak linier tereduksi. Dalam penelitian ini dengan jarak antar plat sekitar 1,5 cm, diperoleh persamaan kuadratis

$$\theta = \theta_0 + \theta_1 V + \theta_2 V^2 = \theta_0 + \theta_{e1} \quad (1)$$

dengan θ_0 adalah kontribusi perubahan polarisasi alami (tanpa adanya tambahan potensial) yang tidak lain adalah berasal dari sifat optis aktif alaminya, sedangkan suku $\theta_1 V + \theta_2 V^2 = \theta_{e1}$ merupakan perubahan polarisasi dari kontribusi elektro-optis ketika diberi beda potensial atau medan listrik. Persamaan (1) tersebut akan digunakan untuk menjelaskan kurva pada Gambar 3.

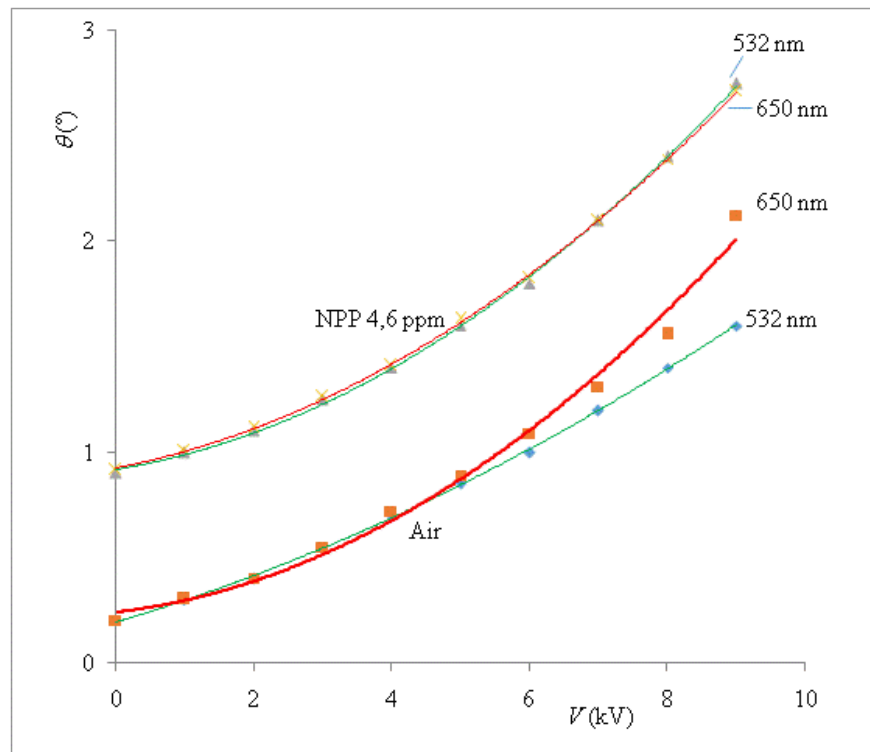


Gambar 3. Kurva perubahan polarisasi sebagai fungsi beda potensial untuk beberapa sampel.

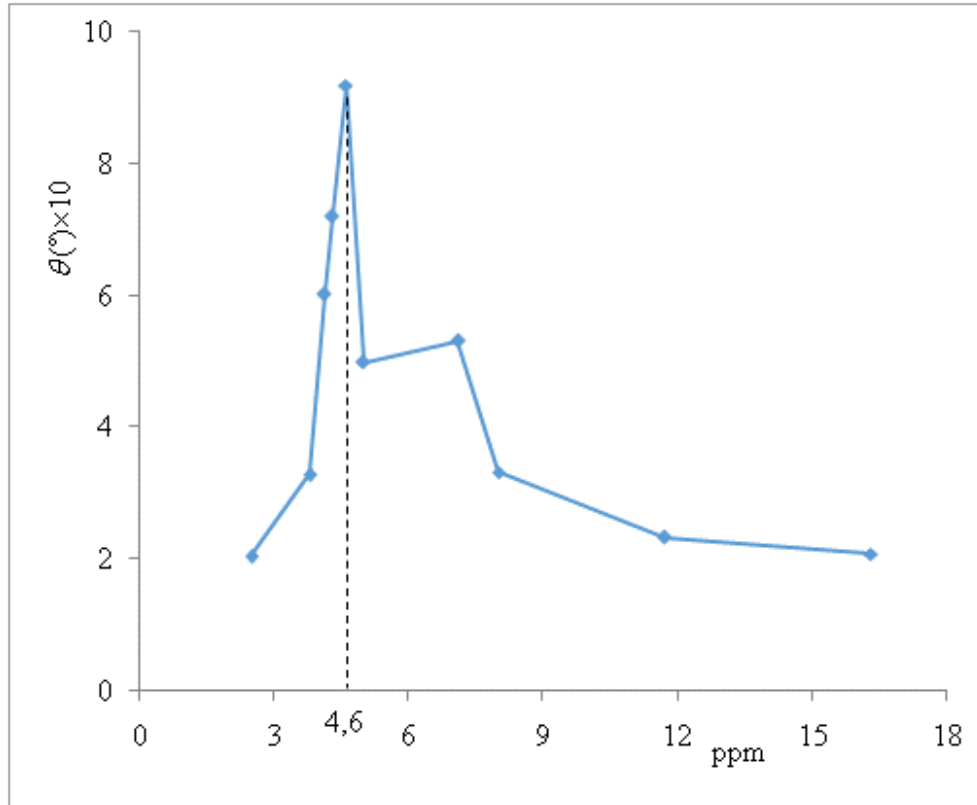
Dengan konsep awal bahwa polarisasi alami adalah sifat alami optis aktif dari sampel akibat sifat tak simetri dari molekul penyusunnya, sedangkan polarisasi elektro-optis adalah kontribusi efek polarisasi tak linier pada sampel, menunjukkan bahwa NPP dalam air mempunyai sifat optis alami dan efek elektro-optis. Kombinasi tersebut menjawab mengapa tren kurva pada sampel NPP juga tak linier. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian kluster NPP dalam air tidak bersifat simetri. Polarisasi bertambah secara kuadratis dengan kenaikan beda potensial, yang menunjukkan bahwa NPP dalam air juga mengalami efek optis tak linier atau elektro-optis. Meskipun demikian, pada

konsentrasi NPP yang semakin tinggi (dari Gambar 3) diperoleh nilai kurva polarisasi yang semakin turun. Kami telah membandingkan bahwa hasil perubahan polarisasi dengan $\lambda=532$ nm [12] hampir sama dengan $\lambda=650$ nm (Gambar 4).

Selanjutnya, perlu dilakukan pengecekan sifat optis aktif alami θ sebagai fungsi konsentrasi NPP. Gambar 5 adalah kurva polarisasi alami sebagai fungsi konsentrasi NPP dalam air, yang menunjukkan bahwa sifat optis aktif alami tidak linier terhadap konsentrasinya. Hasil ini juga sama untuk laser pointer hijau oleh Sugito et al [12].



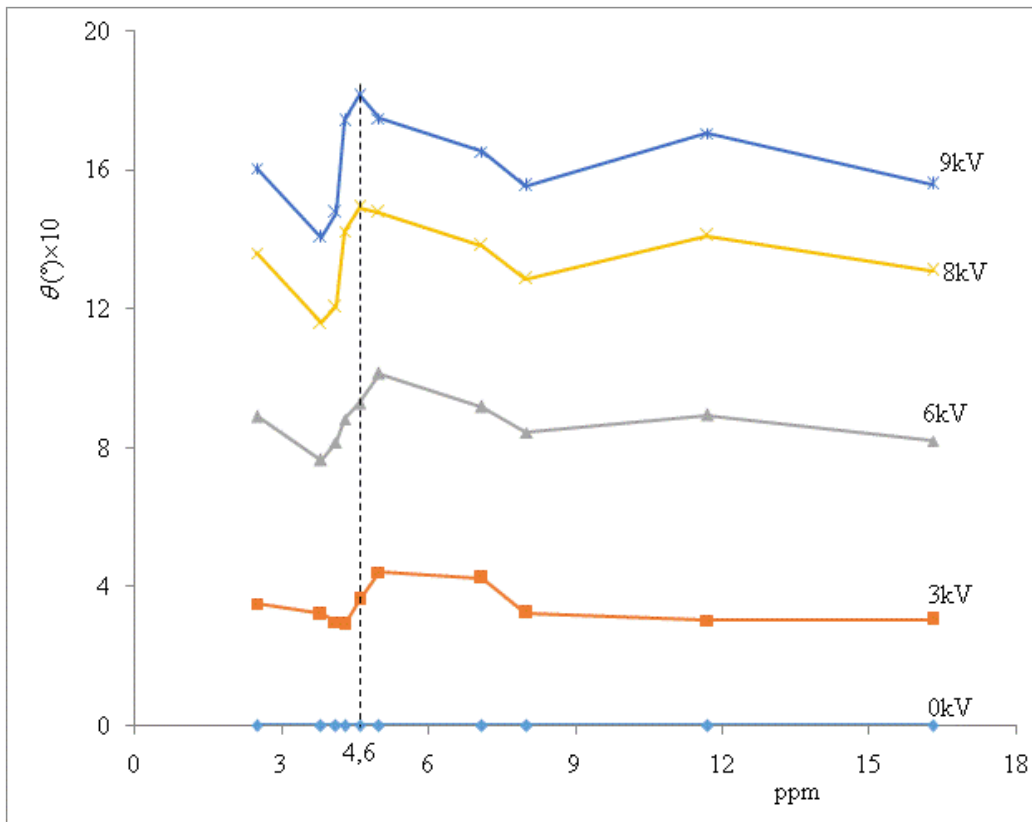
Gambar 4. Kurva perubahan polarisasi sebagai fungsi beda potensial untuk $\lambda=532$ nm dan $\lambda=650$ nm pada konsentrasi sampel 4,6 ppm dan pada larutan air.



Gambar 5. Kurva perubahan polarisasi alami θ sebagai fungsi konsentrasi sampel NPP.

Kurva polarisasi alami sebagai fungsi konsentrasi menghasilkan polarisasi maksimum pada 4,6 ppm. Semakin besar konsentrasi setelah itu, polarisasi turun secara drastis dan semakin landai. Dari Gambar 4 tersebut, NPP dalam air bersifat sangat tak simetri pada konsentrasi 4,6 ppm. Dapat dikatakan bahwa orientasi kluster-kluster NPP sangat terbedakan dengan cahaya yang terpolarisasi linier pada polarisator 0° . Namun semakin besar konsentrasi NPP, sebagian kluster NPP akan saling mengikat sehingga kluster simetri semakin besar disusul sifat optis aktif alami turun, ditunjukkan oleh perubahan polarisasi yang semakin kecil. Sifat ini sangat berbeda dengan larutan gula yang mempunyai sifat optis aktif linier terhadap konsentrasi gula.

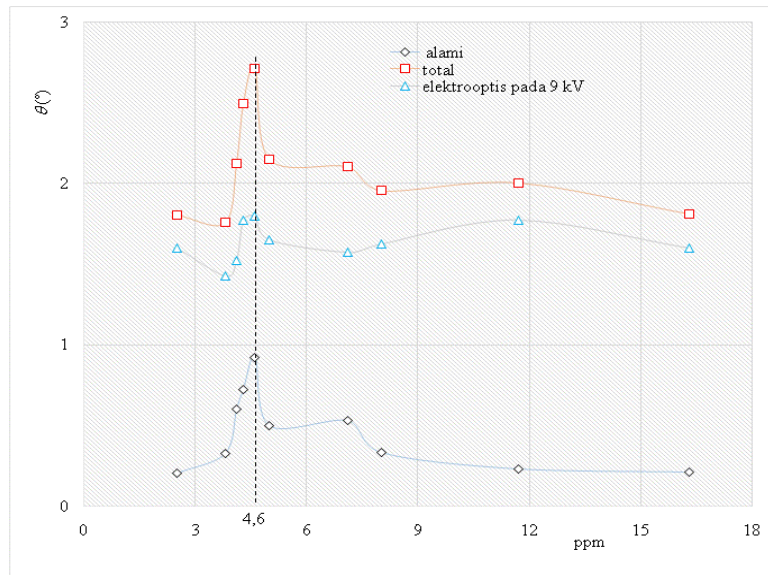
Bagaimana dengan kontribusi elektro-optis pada NPP? Penjelasan secara fisis pada fenomena ini masih menerapkan konsep awal mirip dengan sampel minyak goreng [13-14], bahwa kontribusi elektro-optis pada polarisasi adalah akibat efek optik tak linier. Dengan menerapkan beda potensial pada sampel, terbentuk dipol-dipol listrik atau terjadinya polarisasi kelistrikan. Menilik bahwa beda potensial dalam orde kV, maka hal ini dirasa cukup untuk memperoleh dipol listrik yang lebih kuat sehingga terbentuk polarisasi tak linier. Semakin besar tegangan, semakin besar polarisasi kelistrikan, sehingga semakin besar polarisasi cahayanya. Gambar 6 menunjukkan kurva perubahan polarisasi kontribusi elektro-optis pada beda potensial 3, 6, 8, dan 9 kV.



Gambar 6. Kurva perubahan polarisasi elektro-optis pada 0 , 3, 6, 8 dan 9kV sebagai fungsi konsentrasi sampel NPP.

Pada tegangan 3 kV rata-rata kenaikan polarisasi sebesar $0,35^{\circ}$ untuk semua sampel. Pada tegangan 6 kV rata-rata kenaikan polarisasi sebesar $0,85^{\circ}$, namun pada daerah konsentrasi rendah 4-7 ppm polarisasi mulai menunjukkan fluktuasi yang lebih dinamis dibanding pada daerah konsentrasi tinggi 8-16 ppm. Se jauh ini, efek elektro-optis yang hanya murni dari terbentuknya polarisasi tak linier masih dapat diterima. Namun pada tegangan 8 kV, efek elektro-optis juga menghasilkan puncak pada konsentrasi 4,6 ppm, identik dengan polarisasi alami.

Terbentuknya puncak polarisasi pada konsentrasi ini masih belum dapat dijelaskan dan perlu penelitian lebih seksama dan komprehensif. Apakah pada konsentrasi ini jarak antar kluster sudah optimum sehingga sifat tak simetri bisa muncul sangat dominan pada beda potensial 8 kV? Penjelasan yang masih dipelajari juga adalah penguatan plasmon permukaan di sekitar permukaan NPP, pada konsentrasi 4,6 ppm ini. Gambar 7 adalah kurva perubahan polarisasi untuk polarisasi alami, elektro-optis pada tegangan 9 kV dan polarisasi totalnya.



Gambar 7. Kurva perubahan polarisasi alami, elektro-optis (pada 9 kV), dan total sebagai fungsi konsentrasi sampel NPP. Puncak polarisasi terjadi pada konsentrasi 4,6 ppm.

Konsep awal bahwa polarisasi alami akibat sifat tak simetri, dan elektro-optis akibat efek polarisasi tak linier, ternyata untuk NPP dalam air harus dimodifikasi terutama untuk tegangan tinggi 9kV dan konsentrasi 4,6 ppm. Fenomena elektro-optis dengan puncak polarisasi maksimum belum dapat dieksploitasi untuk tegangan di atas 9 kV karena kecenderungan sistem peralatan yang mudah menimbulkan lucutan saat beda potensial di atas 9kV, sehingga perlu sistem peralatan yang lebih baik lagi terutama lebih stabil saat tegangan di atas 9 kV. Demikian pula faktor simetri dan orientasi kluster, serta orientasi cahaya terpolarisasi linier harus diuji lebih mendalam pada sudut polarisator 0° dan juga 90° .

KESIMPULAN

Larutan perak koloid dalam air ketika diberi beda potensial tinggi menunjukkan tren polarisasi tak linier (cenderung kuadratis) identik dengan minyak goreng. Larutan perak koloid juga menunjukkan sifat optis aktif alami namun tidak bertambah secara linier

dengan bertambahnya konsentrasi. Pada konsentrasi 4,6 ppm terjadi puncak polarisasi alami dan semakin besar konsentrasi semakin kecil polarisasi. Diduga kuat pada konsentrasi optimum ini orientasi kluster tak simetri sangat besar, dan dugaan ini perlu dibuktikan pada studi yang lebih komprehensif ke depannya. Semakin besar konsentrasi semakin kecil polarisasi yang menunjukkan sebagian kluster berikatan menjadi jenuh sehingga cenderung simetri. Pada kasus elektro-optis, kenaikan tegangan menghasilkan kontribusi elektro-optis yang sesuai dengan efek polarisasi tak linier akibat medan listrik tinggi. Namun dimulai pada tegangan 8 kV kenaikan polarisasi nampaknya tidak hanya karena polarisasi tak linier, namun juga pemecahan kluster menjadi sifat tak simetri pada konsentrasi 4,6 ppm sehingga muncul puncak polarisasi maksimum yang sama dengan polarisasi alami pada konsentrasi itu. Kombinasi beda potensial ambang 9 kV dan konsentrasi 4,6 ppm perlu dikaji lebih mendalam lagi. Studi NPP dalam air sangat menarik untuk dikembangkan lebih jauh dengan metode elektro-optis, sebab tantangan

dan fenomena dapat memberikan kontribusi atau cara pandang alternatif dalam pemahaman interaksi cahaya dengan materi, terutama larutan perak koloid, dan sejenisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kolwas K, Derkachova A. Plasmonic abilities of gold and silver spherical nanoantennas in term of dependent multipolar resonance frequencies and plasmon damping rates. *Opto-Electr Rev.* 2010;18(4):421.
- [2] Aldosari FM, Azzeer AM, Hassib AM. Optical and photoacoustic properties of colloidal silver nanoparticles solutions. *Journal of Materials Science Research.* 2018;7(4):1-15.
- [3] Dmitruk IM, Malynych SZ, Grabovskyi ES, Kravets VK, Pinchuk AO. *Proceeding on International Conference Nanomaterials: Applications and Properties.* 2014;3(2).
- [4] Zhang YX, Wang YH. Non linear optical properties of metal nanoparticles: a review. *RSC Adv.* 2017;7:45129.
- [5] Laroo H. Colloidal nano silver-its production method, properties, standards and its bio-efficacy as an inorganic antibiotic. *Journal of Physics Chemistry and Biophysics.* 2013;3:1000130.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Firdausi KS, Afiefah I, Sugito H, Septianti RW, Richardina V, Soesanto QMB, Azam M. Determination of relative dissociation energy from electro-optics as a new single-proposed parameter of vegetable oil quality. *Journal of Physics and Its Applications.* 2019;2(1):61-66.
- [9] Sugito H, Firdausi KS, Putri NK. Design of integrated polarizer for detection of lard impurities in cooking oil. *Journal of Physics: Conference Series.* 2018;1025:012008.
- [10] Azam M, Afiefah I, Septianti RW, Putri NK, Sugito H, Firdausi KS. Method of fluorescence polarization for a new alternative tool for investigation of cooking oil and lard. *Journal of Physics: Conference Series.* 2019;1217:012027.
- [11] Firdausi KS, Afiefah I, Sugito H, Azam M. Mapping various cooking oil using fluorescence polarization. *Journal of Physics and Its Applications.* 2018;1(1):18-23.
- [12] Sugito H, Khumaeni A, Firdausi KS, Azam M. Development of electro-optics devices by strengthening electromagnetic fields using colloidal silver solutions. *Proceeding of International Seminar, ISNPINSA.* 2019; Semarang, Indonesia.
- [13] 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. *Journal of Physics: Conference Series.* 2019;1217:012030.
- [14] Nurhasanah WD, Sugito H, Richardina V, Azam M, Firdausi KS. Korelasi polarisasi elektro-optis dengan komposisi asam lemak pada minyak zaitun sebagai metode uji alternatif mutu minyak goreng. *Berkala Fisika.* 2019;22(1):24-31.