

Penggunaan Nanopartikel Perak Pada Pembelajaran Kinetika Reaksi Secara Kolorimetri

Diah Fahmawati¹⁾, I Nyoman Marsih²⁾

^{1,2} Program Studi Magister Pengajaran Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} diah.fahmawati.kim@gmail.com (corresponding author)

Abstrak

Pembelajaran sains di abad 21 menuntut adanya pembaruan dan mengikuti perkembangan IPTEKS. Teknologi nanopartikel saat ini telah berkembang pesat karena memiliki keunikan sifat dan aplikasi yang luas. Pembelajaran kimia dengan mengintegrasikan nanopartikel belum banyak dikembangkan akibat minimnya alat dan bahan laboratorium. Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel perak (AgNPs) untuk mengaktivasi persulfat dan digunakan untuk mengoksidasi Rhodamin B (Rhd B). Prosedur oksidasi Rhodamin B diadopsi menjadi modul pembelajaran kimia di SMA yang berkaitan dengan pengamatan reaksi secara kolorimetri dengan menggunakan data RGB dan reaksi terkatalisis. Kinerja katalitik AgNPs diukur dengan membandingkan laju diskolorasi Rhd B yang ditambahkan persulfat terhadap laju diskolorasi Rhd B yang ditambah persulfat dan AgNPs. Gambar larutan Rhd B pada kedua sistem saat menit 0 - 80, diukur nilai RGB dengan aplikasi color grab dan digunakan sebagai data uji kinerja katalitik untuk modul praktikum siswa. Hasil pengukuran dengan spektrofotometri UV/Vis, diskolorasi Rhd B oleh persulfat tanpa penambahan AgNPs sebesar 28,3% dan meningkat menjadi 81,3% pada penambahan AgNPs pada oksidasi Rhd B oleh persulfat. Hasil yang sama ditunjukkan pada pengukuran laju diskolorasi Rhd B dengan menggunakan data RGB. Nilai Red (R) foto diskolorasi Rhd B yang dioksidasi persulfat tanpa AgNPs mengalami penurunan 9,46% dan meningkat pada oksidasi Rhd B oleh persulfat dengan penambahan AgNPs sebesar 21,25%.

Kata kunci : pembelajaran kinetika, kolorimetri, AgNPs, katalis, oksidasi Rhodamin B

PENDAHULUAN

Tuntutan akan penguasaan IPTEKS di era abad 21 merupakan keniscayaan. Penguasaan IPTEKS memberi peluang bagi sebuah negara untuk menjadi maju dan menguasai perekonomian dunia. Tantangan ini berimbas pada pembelajaran sains di abad 21 yang menuntut adanya pembaruan dan mengikuti perkembangan IPTEKS. Salah satu dampak pembelajaran yang kurang mengaitkan dengan IPTEKS adalah rendahnya literasi sains siswa. Pembelajaran sains yang menekankan pada literasi sains akan mengarahkan siswa berpikir ilmiah, memiliki keterampilan sains yang dapat membangun metakognisi siswa yang berperan dalam membangun pemahaman dan kemampuan menyelesaikan masalah. Belajar sains sama

dengan belajar mengembangkan kemampuan berpikir untuk memecahkan masalah dan pencapaiannya diukur menggunakan berbagai permasalahan pada level molekuler yang dapat dipecahkan oleh peserta didik [1]. Pembelajaran yang berbasis IPTEKS dapat mendorong rasa ingin tahu siswa karena mengaitkan konsep abstrak dengan aplikasinya dalam dunia nyata.

Teknologi nanopartikel saat ini mengalami perkembangan yang pesat karena aplikasinya yang luas mulai dari katalis, sensor optik, aktivitas anti bakteri dan penyimpanan data [2]. Nanopartikel perak merupakan nanopartikel logam yang murah, mudah namun memiliki sensitivitas mirip seperti nanopartikel emas. Nanopartikel perak memiliki permukaan SPR (*Surface Plasmon Resonance*) yang baik pada absorpsi sinar tampak, memiliki dispersi dengan kestabilan tinggi dan aktivitas katalitik [3]. Fungsi katalitik nanopartikel perak salah satunya digunakan dalam proses oksidasi lanjut polutan organik Rhodamin B. Proses oksidasi Rhodamin B dengan katalis nanopartikel perak dapat menjelaskan konsep kinetika reaksi secara kolorimetri. Kendala penerapan metode ini adalah keterbatasan alat dan bahan laboratorium pada sekolah pada umumnya. Penggunaan data RGB dengan memanfaatkan aplikasi pada telepon genggam dapat menjadi alternatif dalam menerapkan metode ini.

Penelitian penggunaan data RGB pada pembelajaran kimia secara kolorimetri telah banyak dilakukan diantaranya pada analisa kuantitatif pengukuran konsentrasi protein menggunakan *smartphone* berdasarkan reaksi perubahan warna uji Bradford dan uji Biuret [4]. Penelitian [5] melaporkan pH larutan dapat diprediksi dengan mengukur nilai RGB citra digital larutan dengan bantuan senyawa indikator. Penentuan konsentrasi larutan berwarna menggunakan data RGB juga telah dilaporkan meningkatkan antusiasme siswa dengan kegiatan eksperimen mudah dan memberikan data konsentrasi yang mendekati dengan data hasil analisa secara *spektrofotometri UV/Vis* [6][7].

EKSPERIMEN

Penelitian ini bertujuan untuk mengadopsi prosedur uji kinerja katalitik nanopartikel perak pada reaksi oksidasi Rhodamin B yang diukur secara *spektrofotometri UV/Vis*. Prosedur reaksi oksidasi Rhodamin B diadopsi menjadi modul pembelajaran kimia di SMA yang berkaitan dengan pengamatan reaksi terkatalisis secara kolorimetri dengan data RGB.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan terdiri dari *ice bath*, labu ukur 10 mL, *beaker glass* 100 mL, tabung reaksi, *micropipette*, *blue tip*, buret 10 mL, termometer, *magnet stirrer*, kuvet quartz, *spektrofotometri UV/Vis JENWAY 7205*. Bahan yang digunakan pada penelitian ini di antaranya natrium borohidrida, perak nitrat, glutathione, Rhodamin B, kalium peroxodisulfat (KPS), dan *aqua bidest*.

Cara Kerja

Preparasi nanopartikel perak dilakukan dengan metode reduksi kimia. Larutan natrium borohidrat 0,01 M didinginkan hingga 5° C kemudian diteteskan perlahan larutan perak nitrat 0,01 M sambil diaduk cepat selama 5 menit dan ditambahkan penstabil kemudian diaduk cepat selama 2 jam.

Tiga sampel larutan A, B dan C. Larutan A terdiri dari 1 mL kalium peroksodisulfat 0,01 M ditambahkan pada 3 mL Rhodamin B 10⁻⁵ M. Larutan B, 1 mL kalium peroksodisulfat 0,01 M

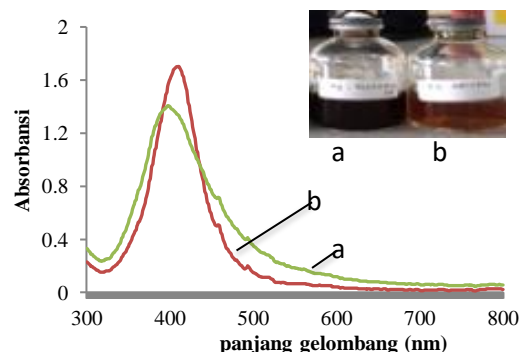
ditambahkan pada 3 mL Rhodamin B 10^{-5} M dan ditambahkan nanopartikel perak dengan volume 700 μL . Larutan C terdiri dari 1 mL kalium peroksodisulfat 0,01 M ditambahkan pada 3 mL Rhodamin B 10^{-5} M dan 1 mL nanopartikel perak. Setelah masing-masing larutan dicampurkan, larutan diinkubasi sampai 20 menit kemudian masing-masing larutan diukur absorbansi Rhodamin B dengan menggunakan spektrofotometri UV/Vis setiap 10 menit dan diambil foto larutannya.

Citra larutan Rhodamin B yang mengalami diskolorasi pada menit 0 - 80 sebagai hasil oksidasi dengan persulfat saja atau persulfat yang ditambahkan nanopartikel perak, diamati dan dianalisis nilai RGB dengan aplikasi digital *color grab*.

HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

Sintesis Nanopartikel Perak

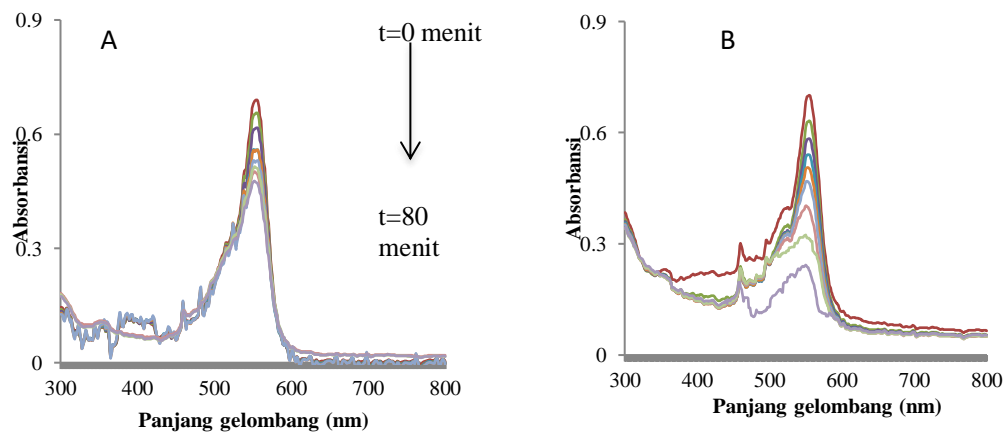
Koloidal nanopartikel perak terbentuk dengan ditandai perubahan warna larutan prekursor dari tidak berwarna menjadi kuning dan kuning kecoklatan. Preparasi nanopartikel perak menggunakan penstabil gelatin dan glutathione. Pengukuran spektrofotometri UV/Vis pada larutan koloidal nanopartikel perak ditunjukkan pada Gambar 1. Absorbansi nanopartikel perak dengan penstabil gelatin lebih tinggi dibandingkan absorbansi nanopartikel perak dengan penstabil glutathione. Ukuran partikel koloid dianalisa dengan alat *Particle Size Analyzer* (PSA) dengan metode *dynamic light scattering*. Hasil analisa didapatkan ukuran rata-rata nanopartikel perak dengan penstabil glutathione sebesar 1,4 nm sedangkan ukuran rata-rata partikel koloid nanopartikel yang dihasilkan dengan penstabil gelatin 8,4 nm. Ukuran partikel koloid dianalisa dengan cara di Senyawa penstabil mempengaruhi sifat fisik dan kimia material nanopartikel, salah satunya mempengaruhi daya katalitik nanopartikel seperti dapat menurunkan aktivitas katalitik dengan menutup permukaan nanopartikel sebagai katalis [8]. Material nanopartikel lebih aktif dalam reaksi karena memiliki luas permukaan atom yang besar dan umumnya memiliki aktivitas kimia yang unik [9]. Semakin kecil ukuran rata-rata nanopartikel perak memungkinkan memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya katalitik semakin besar [10].



Gambar 1. Spektra UV/Vis nanopartikel perak dan warna koloidal nanopartikel perak (a) dengan penstabil glutathione (b) dengan penstabil gelatin

Pengukuran Kinerja Katalitik AgNPs dengan Spektrofotometer UV/Vis

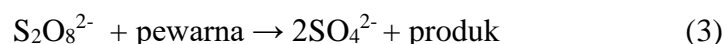
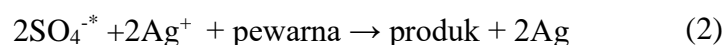
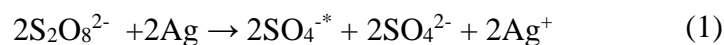
Kinerja katalitik nanopartikel perak diuji dengan mengukur penurunan absorbansi Rhodamin B ketika dioksidasi oleh persulfat, tanpa dan dengan penambahan katalis nanopartikel perak dari menit 0 - 80. Spektrum UV/ Vis Rhodamin B mengalami penurunan dari 0,649 menjadi 0,484 setelah dioksidasi oleh persulfat saja dalam waktu 80 menit seperti ditunjukkan pada Gambar 2A. Absorbansi Rhodamin B menurun drastis dari 0,684 menjadi 0,199 jika ditambahkan nanopartikel perak seperti ditunjukkan pada Gambar 2B. Data ini menunjukkan adanya kinerja katalitik nanopartikel perak terhadap laju diskolorasi Rhodamin B yang teroksidasi oleh persulfat.



Gambar 2. Perubahan absorbansi RhB yang dioksidasi

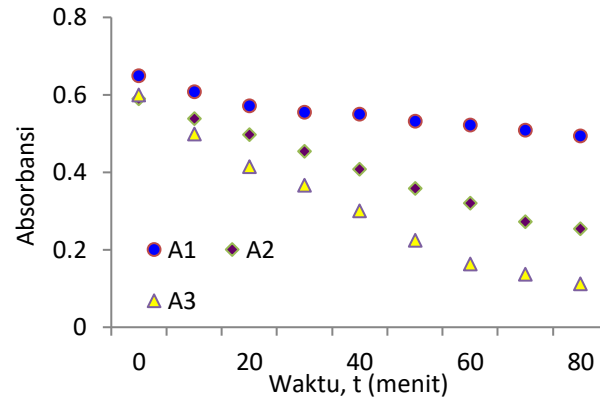
(A) tanpa nanopartikel perak (B) dengan nanopartikel perak

Nanopartikel perak dapat berfungsi sebagai katalis pada reaksi oksidasi Rhodamin B oleh persulfat karena dapat mengaktifkan persulfat dan menghasilkan radikal bebas sulfat yang memiliki potensial reduksi yang tinggi. Proses katalisis nanopartikel logam terjadi karena mensupport penghantaran elektron dari donor ke akseptor dan bertindak sebagai substrat untuk reaksi transfer elektron [11]. Selama proses reaksi transfer elektron, reaktan diabsorpsi pada permukaan logam sehingga mengalami reduksi. Proses pengaktifan persulfat oleh nanopartikel perak dijelaskan dengan persamaan reaksi yang diadaptasi dari penelitian [12] seperti ditunjukkan di bawah ini,



Pengaruh banyaknya nanopartikel perak yang ditambahkan terhadap kinerja katalitiknya diuji dengan memvariasi volume nanopartikel perak yang ditambahkan. Hasil yang didapatkan semakin banyak jumlah nanopartikel yang ditambahkan semakin cepat laju diskolorasi

Rhodamin B seperti ditunjukkan oleh Gambar 3. Penambahan nanopartikel perak sebanyak 1 mL (A3) menunjukkan laju diskolorasi paling cepat dibanding dengan pada penambahan 700 µL (A2) nanopartikel perak dan jika tidak ditambahkan nanopartikel perak (A1).



Gambar 3. Laju diskolorasi Rhodamin B diukur dengan spektrofotometri UV/Vis

(A1) tanpa AgNPs, (A2) penambahan 700 µL AgNPs, A3) penambahan 1mL AgNPs

Pada Gambar 3 ditunjukkan data adanya pengaruh banyaknya nanopartikel perak yang ditambahkan. Penurunan absorbansi Rhodamin B yang tanpa ditambahkan nanopartikel perak sebesar 23,88 % . Pada penambahan 700 µL nanopartikel perak sebesar 57,6 % dan meningkat sebesar 81,3% untuk penambahan 1mL nanopartikel perak. Laju diskolorasi Rhodamin B semakin cepat seiring dengan semakin besar konsentrasi nanopartikel perak yang ditambahkan. Data rangkuman hasil pengukuran kinerja katalitik nanopartikel perak pada oksidasi Rhodamin B secara spektrofotometri UV/Vis ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data % diskolorasi Rhodamin B diukur secara spektrofotometri UV/Vis

[Rhd B] M	[KPS] M	Volume nanopartikel perak	% diskolorasi
10 ⁻⁵	10 ⁻²	0	23,88
		700 µL	57,6
		1 mL	81,3

Pengukuran Kinerja Katalitik AgNPs dengan data RGB

Citra larutan Rhodamin B yang mengalami diskolorasi pada menit 0 - 80 di tunjukkan pada Gambar 4. Citra larutan Rhodamin B tersebut kemudian diolah untuk diukur nilai RGB menggunakan aplikasi *color grab* pada *smartphone* sebagai alternatif penggunaan spektrofotometri UV/Vis. Data nilai RGB masing-masing citra diskolorasi Rhd B di tunjukkan pada tabel 2.

Hasil analisis nilai RGB dengan menggunakan aplikasi *color grab* seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 tidak menunjukkan keteraturan data seperti pada pengukuran dengan

spektrofotometri UV/Vis. Beberapa faktor yang menyebabkan ketidakteraturan data RGB berasal dari kualitas citra larutan Rhodamin B yang berkaitan dengan kualitas kamera, pencahayaan pada saat pengukuran RGB yang tidak stabil, prinsip olah data pada aplikasi yang digunakan. Persen diskolorasi Rhodamin B dihitung dari nilai Red karena memiliki keteraturan data menurun. Data *Red* yang didapatkan dari pengukuran RGB citra larutan Rhodamin B yang mengalami diskolorasi menunjukkan perbedaan laju diskolorasi pada kedua sistem oksidasi seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Aspek Kinetik Oksidasi Rhodamin B oleh Persulfat dengan katalis AgNPs

Oksidasi Rhodamin B oleh persulfat merupakan tipe reaksi orde satu semu. Berdasarkan teknik *flooding*, konsentrasi persulfat sebesar 10^{-2} M jauh lebih besar dibanding konsentrasi Rhodamin B sebesar 10^{-5} M maka laju reaksi dianggap hanya dipengaruhi konsentrasi Rhodamin B saja [13]. Persamaan umum laju reaksi oksidasi Rhodamin B seperti ditunjukkan di bawah ini,

$$\frac{-d[RhdB]}{dt} = k. [SO_4^{*-}]^x [Rhd B]^y [Ag]^z \tag{4}$$

dimana $[SO_4^{*-}]_0$ dan $[Ag]_0 \gg [Rhd B]_0$

maka $k_{ps} = k. [SO_4^{*-}]^x [Ag]^z$ (5)

dan $\frac{-d[RhdB]}{dt} = k_{ps} [Rhd B]^y$ (6)

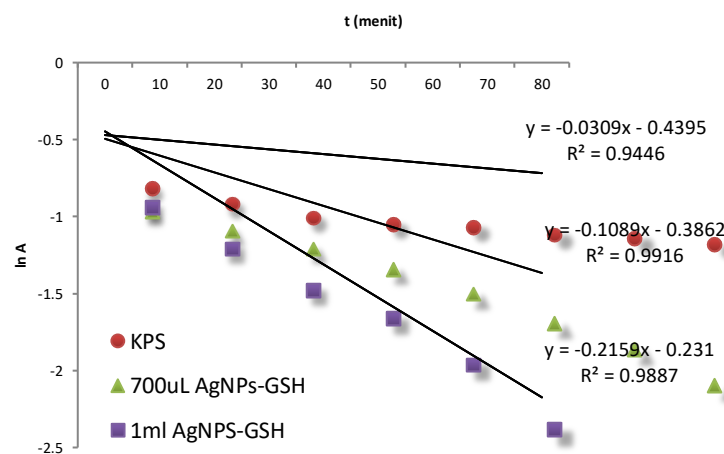
Integral persamaan 6 didapatkan persamaan,

$$\ln C_t = \ln C_0 - k_{ps} t \tag{7}$$

Berdasarkan hukum Lambert – Beer $[Rhd B] = \text{Absorbansi}$ maka,

$$\ln A_t = \ln A_0 - k_{ps} t \tag{8}$$

Data absorbansi pada Gambar 3 diolah dengan persamaan (8) untuk mendapat plot $\ln A_t$ terhadap waktu seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Plot $\ln A_t$ vs t

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan tiga persamaan linier yang merupakan data $\ln A_t$ terhadap waktu pada oksidasi Rhodamin B oleh persulfat saja, dengan penambahan 700 μL dan 1 mL nanopartikel perak. Data ini mengkonfirmasi bahwa reaksi oksidasi Rhodamin B oleh persulfat dan terkatalisis nanopartikel perak merupakan reaksi orde satu semu. Nilai k_{ps} didapatkan dari nilai *slope* persamaan linier pada Gambar 6. Oksidasi Rhodamin B tanpa nanopartikel perak didapatkan nilai k_{ps} 0,0309. Nilai k_{ps} untuk oksidasi Rhodamin B dengan penambahan nanopartikel perak sebanyak 700 μL dan 1 mL berturut-turut sebesar 0,1089 dan 0,2159. Data ini menunjukkan adanya perubahan nilai k meskipun tidak ada perubahan suhu. Hal ini terjadi karena nilai k yang ditunjukkan pada Gambar 6 merupakan nilai k_{ps} sesuai persamaan 5 yang hanya ditentukan oleh konsentrasi Rhodamin B saja sedangkan konsentrasi persulfat dan nanopartikel perak dianggap tetap. Perubahan nilai k_{ps} dengan adanya perubahan volume nanopartikel perak yang ditambahkan, mengindikasikan adanya perubahan konsentrasi nanopartikel perak pada masing-masing campuran larutan. Perubahan konsentrasi ini terjadi karena volume total larutan berubah.

KESIMPULAN

Nanopartikel perak telah berhasil disintesis dengan ukuran rata-rata partikel paling kecil sebesar 1,4 nm dengan penstabil glutathione. Pada uji kinerja katalitik nanopartikel perak pada reaksi oksidasi Rhodamin B ditunjukkan oleh laju diskolorasi Rhodamin B lebih cepat dari laju diskolorasi Rhodamin B oleh persulfat saja. Pengukuran kinerja katalitik nanopartikel perak secara spektrofotometri UV/Vis didapatkan laju diskolorasi Rhodamin B yang dioksidasi dengan persulfat saja sebesar 28,33% dan meningkat menjadi 57,6% dan 81,3% pada penambahan nanopartikel perak berturut-turut sebanyak 700 μL dan 1 mL. Aspek kinetik oksidasi Rhodamin B oleh persulfat merupakan reaksi orde satu semu.

Pengukuran kinerja katalis nanopartikel perak dengan menggunakan data RGB didapatkan nilai *Red* (R) citra larutan Rhodamin B yang mengalami penurunan dan menunjukkan persen diskolorasi naik dari 9,46% untuk oksidasi tanpa nanopartikel menjadi 21,25% untuk oksidasi dengan nanopartikel perak. Penentuan laju diskolorasi Rhodamin B secara kolorimetri dengan data RGB dapat diterapkan pada pembelajaran kimia tingkat SMA pada pengamatan kinetika reaksi dan reaksi terkatalisis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih beasiswa LPDP atas dukungannya finansialnya pada penelitian ini dan dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini. Penulis juga berterima kasih kepada Bapak I Nyoman Marsih S.Si, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing atas saran dan ilmu yang diberikan selama proses penelitian.

REFERENSI

1. Sunyono, *Model Pembelajaran Multiple Representasi*, Yogyakarta: Media Akademi (2015)
2. Rajamanikandan, R., dan Ilanchelian, M, *Sensors and Actuators B: Chemical Simple and visual approach for highly selective biosensing of vitamin B1 based on glutathione coated silver nanoparticles as a colorimetric probe*. *Sensors & Actuators: B. Chemical*, **244**, 380–386 (2017)
3. Oktaviani, D. T., F., D. C., dan Amrullah, A, *Sintesis Nano Ag Dengan Metode Reduksi Kimia*, *Saintekno*, **1**, 101–114 (2009)

4. Gee, C. T., Kehoe, E., Pomerantz, W. C. K., & Penn, R. L., *Quantifying Protein Concentrations Using Smartphone Colorimetry: A New Method for an Established Test*. Journal of Chemical Education, **94**(7), 941–945 (2017)
5. Beycioğlu, A., Çomak, B., & Akçaabat, D. *Evaluation of pH Value by Using Image Processing*, J. Chem Edu, **132**(3), 1142–1144 (2017)
6. Kuntzleman, T. S., & Jacobson, E. C., *Teaching Beer 's Law and Absorption Spectrophotometry with a Smart Phone: A Substantially Simplified Protocol*. J. Chem. Educ. **93** (7) 1249-1252 (2016)
7. Kehoe, E., & Penn, R. L. *Introducing colorimetric analysis with camera phones and digital cameras: An activity for high school or general chemistry*. Journal of Chemical Education, **90** (9), 1191–1195 (2013)
8. Janani, S., Stevenson, P., dan Veerappan, A, *Colloids and Surfaces B : Biointerfaces Activity of catalytic silver nanoparticles modulated by capping agent hydrophobicity*, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, **117**, 528–533 (2014).
9. Köhler, J. M., Abahmane, L., Wagner, J., Albert, J., dan Mayer, G, *Preparation of metal nanoparticles with varied composition for catalytical applications in microreactors*. Chemical Engineering Science, **63**, 5048–5055 (2008)
10. Ajitha, B., Reddy, Y. A. K., Reddy, P. S., Jeon, H., dan Ahn, C. W, *Role of capping agents in controlling silver nanoparticles size, antibacterial activity and potential application as optical hydrogen peroxide sensor*, RSC Advances, **6**, 36171–36179 (2016).
11. Bhakya S, Muthukrishnan S, Sukumaran M, Muthukumar M, Senthil Kumar T, Rao MV, *Catalytic Degradation of Organic Dyes using Synthesized Silver Nanoparticles: A Green Approach*. J Bioremed Biodeg, **6**: 313-319 (2015)
12. Nagar, N., & Devra, V, *Textile Dyes Degradation from Activated Peroxomonosulphate by Green synthesize Silver Nanoparticles: A Kinetic Study*. Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. **29**, 1421-1434 (2019)
13. Corsaro, Gerald. *A Colorimetric Chemical Kinetics Experiment*. J.Chem.Educ. **41**, 48-50 (1964).