

## EFEKTIVITAS NANOPARTIKEL PERAK (NPAg) UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA *INDIGOSOL BLUE*

Gusti Ayu Dewi Lestari<sup>1\*</sup>, Iryanti Eka Suprihatin<sup>2</sup>, James Sibarani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi S1 Farmasi Sekolah Tinggi Farmasi Mahaganesha, Jl. Tukad Barito Timur No 57 Denpasar, Indonesia

<sup>2</sup> Program Magister Kimia Terapan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jl. PB.Sudirman, Denpasar, Indonesia

\*[lestaridewi87@gmail.com](mailto:lestaridewi87@gmail.com)

**ABSTRAK:** Biosintesis nanopartikel merupakan alternatif dari metode kimia dan fisika yang hemat biaya dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas nanopartikel perak (NPAg) dalam mendegradasi zat warna *Indigosol Blue*. Nanopartikel perak disintesis menggunakan ekstrak air buah andaliman (*zanthoxylum acanthopodium* DC.). Ekstrak ini mempunyai fungsi sebagai agen pereduksi dan penstabil dari biosintesis nanopartikel perak. Ekstrak air buah andaliman ditambahkan ke larutan  $\text{AgNO}_3$   $1 \times 10^{-3}$  M kemudian pembentukan NPAg diamati menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan puncak pada 442 nm. Ukuran partikel NPAg diamati menggunakan PSA (*Particle size analyzer*) dan diperoleh ukuran NPAg yang sangat kecil yaitu lebih kecil dari 40 nm. Efektivitas fotokatalitik NPAg terhadap *Indigosol Blue* sangat baik dimana NPAg mampu mendegradasi *Indigosol Blue* sampai konsentrasi 700 ppm.

**Kata kunci:** Fotodegradasi, *Indigosol Blue*, Nanopartikel perak, *zanthoxylum acanthopodium* DC.

**ABSTRACT:** Biosynthesis of nanoparticle is an alternative to chemical and physical methods that are cost effective and environmentally friendly. This study aims to determine the effectiveness of NPAg to degrade Indigosol Blue dyes. The biosynthesis of silver nanoparticles has been carried out using andaliman fruit water extract (*zanthoxylum acanthopodium* DC.). This extract has a function as a reducing and stabilizing agent for the biosynthesis of silver nanoparticles. Andaliman fruit water extract was added to  $\text{AgNO}_3$   $1 \times 10^{-3}$  M solution then NPAg formation was observed using a UV-Vis spectrophotometer with absorbance peak at 442 nm. NPAg particle sizes observed using particle size analyzer were less than 40 nm. The effectiveness of photocatalytic NPAg against Indigosol Blue is high where NPAg is able to degrade Indigosol Blue up to concentration of 700 ppm.

**Keywords:** Photodegradation, Indigosol Blue, Silver Nanoparticles, *zanthoxylum acanthopodium* DC.

### 1. PENDAHULUAN

Biosintesis nanopartikel perak merupakan metode alternatif dari metode kimia dan fisika yang hemat biaya dan

ramah lingkungan. Sintesis nanopartikel menggunakan tanaman adalah pendekatan kimia hijau yang menghubungkan nanoteknologi dan bioteknologi tanaman. Nanobioteknologi adalah salah satu bidang

yang paling menjanjikan dalam nanosains dan teknologi modern. Bidang penelitian ini memetakan berbagai disiplin ilmu seperti fisika, kimia, biologi dan ilmu material. Umumnya nanopartikel berukuran  $\leq 100$  nm dan disintesis secara *top-down* dan *bottom-up* [1]. Nanopartikel logam memiliki karakteristik fisika, kimia, elektronik, dielektrik, optik, dan sifat biologis yang berbeda dengan produk ruahannya dikarenakan peningkatan area permukaan spesifik dan efek kuantum *confinement* [2].

Nanopartikel logam dapat disintesis melalui: (1) metode fisika (*top-down*) yaitu memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer dengan menggunakan beberapa cara, seperti evaporasi/kondensasi dan penyinaran sinar laser; (2) metode kimia (*bottom-up*) yaitu memulai dari atom-atom atau molekul-molekul atau kluster-kluster yang diassembly membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki [3]. Namun metode-metode tersebut menimbulkan berbagai masalah, seperti penggunaan pelarut beracun, mengeluarkan limbah berbahaya dan konsumsi energi yang tinggi, oleh karena itu perlu dikembangkan sebuah metode yang ramah lingkungan, sehingga muncul metode sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tanaman. Metode ini dapat menjadi alternatif dalam sintesis nanopartikel yang ramah lingkungan.

Limbah zat warna dari proses pencelupan industri tekstil menjadi salah satu permasalahan yang harus diperhatikan. Pada saat proses pencelupan berlangsung, setidaknya zat warna menghasilkan sekitar 10-15% limbah. Pengolahan limbah industri tekstil sebelum sampai ke saluran pembuangan akhir sangat penting karena akan berpengaruh dari segi estetika maupun perlindungan lingkungan [4]. Zat warna termasuk senyawa organik dengan struktur aromatik kompleks sehingga sangat stabil dan sulit terdegradasi [5]. Oleh karena itu diperlukan satu cara yang efisien untuk dapat mendegradasi zat warna tersebut.

Baru-baru ini nanopartikel perak (NPAg) dilaporkan sebagai fotokatalis yang efektif untuk mendegradasi struktur kompleks dari zat warna di bawah sinar tampak [6]. NPAg merupakan fotokatalis yang efisien, sangat stabil dan dapat memanfaatkan sinar UV maupun sinar tampak untuk proses fotodegradasi [7]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas NPAg dalam mendegradasi zat warna *Indigosol Blue*.

## 2. PERCOBAAN

### 2.1 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kristal perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) dari PT Brataco, buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) dari Kota Medan dan zat warna *Indigosol Blue* dari Toko Warna Asli. Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya spektrofotometer UV-VIS Shimadzu UV1800, Particle Size Analyzer Malvern, magnetic stirrer, lampu UV B dengan panjang gelombang 280-320 nm, set alat gelas, kotak irradiasi (kotak tertutup rapat yang dilengkapi lampu UV B).

### 2.2 Metode

#### Ekstraksi Buah Andaliman

Ekstrak air buah andaliman diperoleh dengan mengeringkan buah andaliman terlebih dahulu yang ditandai dengan warna hitam lalu dihaluskan menggunakan penggiling mekanik atau blender hingga diperoleh serbuk buah andaliman. Selanjutnya, sebanyak 20 gram serbuk buah andaliman dipanaskan dengan menggunakan 100 mL aquadem dalam gelas beker 250 mL selama 15 menit pada suhu  $60^\circ\text{C}$ . Setelah larutan dingin, dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring *Whatman*. Ekstrak air buah andaliman hasil penyaringan akan digunakan untuk proses sintesis nanopartikel perak.

#### Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan mencampur larutan

$\text{AgNO}_3$   $1 \times 10^{-3}$  M dengan ekstrak air buah andaliman. Perlakuan yang dilakukan adalah dengan memvariasikan suhu pemanasan. Perbandingan ekstrak air buah andaliman dengan larutan  $\text{AgNO}_3$  adalah 1:10. Campuran larutan tersebut dipanaskan pada suhu ruang,  $40^\circ\text{C}$  dan  $60^\circ\text{C}$  (B25, B40, B60). Sebagai indikator telah terbentuknya nanopartikel perak secara visual adalah adanya perubahan warna larutan dari kuning bening menjadi kuning coklat hingga merah coklat.

### Penentuan Efektivitas Fotodegradasi *Indigosol Blue*

Fotokatalis koloid NPAG dengan volume 2 mL disiapkan pada Erlenmeyer 250 mL. Efektivitas fotodegradasi dilakukan dengan menggunakan larutan *Indigosol Blue* sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 400, 500, 600, 700 dan 800 ppm pada pH campuran 3. Untuk masing-masing konsentrasi *Indigosol Blue* dilakukan 3 kali replikasi. Campuran dimasukkan ke dalam kotak irradiasi. Selanjutnya, campuran di irradiasi sinar UV dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 4 jam. Setelah proses radiasi, supernatan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimumnya. Efektivitas fotodegradasi *Indigosol Blue* dengan menggunakan NPAG dapat ditentukan dengan menghitung %D.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak pada penelitian ini menggunakan reduktor ekstrak air buah andaliman dengan larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ )  $1 \times 10^{-3}$  M. Perlakuan yang diuji adalah memvariasikan suhu pembuatan NPAG. Perbandingan larutan  $\text{AgNO}_3$  dengan ekstrak air buah andaliman adalah 10:1. Campuran larutan tersebut dipanaskan dengan variasi suhu 25, 40 dan  $60^\circ\text{C}$  dan didinginkan sampai suhu ruangan. Panjang gelombang ( $\lambda_{\text{maks}}$ ) larutan  $\text{AgNO}_3$  diketahui 258,5 nm dan  $\lambda_{\text{maks}}$  ekstrak air buah andaliman 364,5 nm.

Setelah kedua larutan direaksikan, diperoleh kisaran  $\lambda_{\text{maks}}$  yang berbeda yaitu antara 400 hingga 500 nm. Hal ini menunjukkan terbentuknya komponen baru pada larutan. Pada umumnya NPAG memiliki absorpsi yang kuat pada panjang gelombang antara 400 hingga 500 nm. Adanya serapan baru pada daerah 400 hingga 500 nm membuktikan bahwa proses sintesis menggunakan ekstrak air buah andaliman telah menghasilkan NPAG [8].

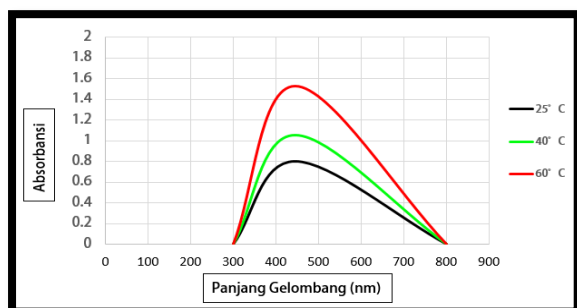
Pertumbuhan NPAG dapat dengan mudah diamati menggunakan serapan UV-Vis. Analisis kualitatif terhadap pertumbuhan NPAG dapat dilakukan berdasarkan karakteristik spesifik *Surface Plasmon Resonance* (SPR) nanopartikel. SPR merupakan kumpulan oskilasi terhadap konduksi elektron yang terjadi pada permukaan material. Adanya medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh gelombang elektromagnetik menyebabkan eksitasi kumpulan oskilasi elektron pada nanopartikel logam, yang disebut dengan *Localized Surface Plasmon Resonance* [9]. Adanya perubahan warna dari kuning menjadi coklat kemerahan mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak sebagai hasil dari fenomena SPR. Perbedaan suhu sintesis dilakukan untuk mengetahui pola pertumbuhan NPAG dalam koloid.

Perbandingan pembentukan NPAG pada berbagai suhu dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa NPAG pada suhu  $60^\circ\text{C}$  lebih tinggi absorbansinya yang menandakan pertumbuhan NPAG lebih banyak dan lebih cepat dibandingkan dengan suhu yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan dimana jika suhu reaksi semakin tinggi pembentukan nanopartikel perak semakin cepat [10]. Lebih lanjut dinyatakan suhu reaksi dapat mempengaruhi laju pembentukan, bentuk, ukuran dan distribusi ukuran nanopartikel yang dihasilkan.

### Karakterisasi NPAg Dengan PSA

Konfirmasi terbentuknya NPAg dipastikan dengan menggunakan *particle size analyzer* (PSA). Instrumen ini digunakan untuk mengetahui ukuran dan keseragaman ukuran partikel. Terbentuknya NPAg dengan suhu reaksi 25, 40 dan 60°C terlihat pada Gambar 2, dimana semakin tinggi suhu reaksi maka ukuran NPAg yang terbentuk semakin kecil. Sintesis nanopartikel pada suhu yang lebih tinggi menghasilkan partikel dengan ukuran rata-rata lebih kecil. Jika diurutkan dari yang terbesar adalah B25 (34,98 nm), B40 (17,50 nm), B60 (9,04 nm).

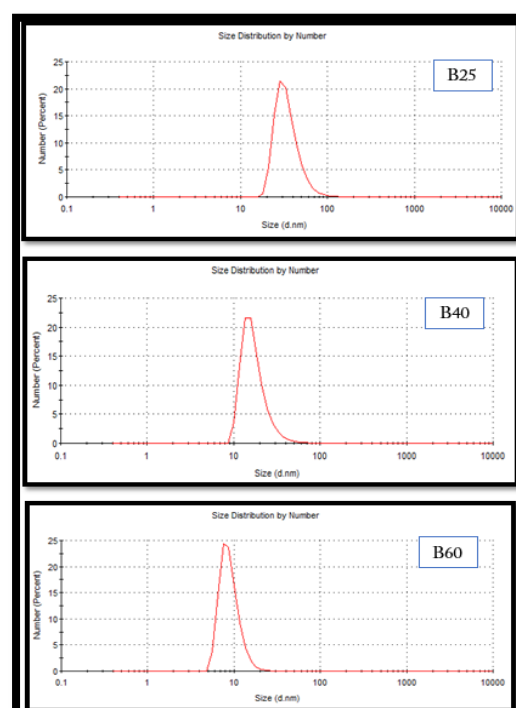
Suhu reaksi yang meningkat mengakibatkan kecepatan reaksi sintesis nanopartikel semakin meningkat, sehingga sebagian besar ion-ion perak yang terbentuk berubah menjadi inti nanopartikel perak (*nuclei*) dan menghambat proses reaksi reduksi lanjutan dipermukaan *nulcei* yang sudah terbentuk sebelumnya [11]. Meningkatnya suhu reaksi menyebabkan ukuran nanopartikel semakin kecil [12].



**Gambar 1.** Perbandingan pembentukan NPAg pada suhu 25, 40 dan 60°C pada jam ke-6.

Nanopartikel perak yang terbentuk memiliki rentang distribusi ukuran yang pendek atau dengan kata lain tingkat keseragaman cukup baik. Nilai indeks polidispersitas lebih besar dari 0,500 menunjukkan heterogenitas yang tinggi, dan sebaliknya jika mendekati nol menunjukkan ukuran partikel yang seragam [13]. Dengan melihat distribusi ukuran dari semua sampel yang dikarakterisasi menggunakan PSA dapat disimpulkan bahwa semua sampel memiliki tingkat keseragaman yang

baik. Nilai PDI dan zeta potensial untuk semua sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai dari zeta potensial menunjukkan kemudahan dari suatu partikel untuk mengalami agregasi. Untuk sampel yang telah diuji memiliki nilai zeta potensial yang cukup baik sehingga kemungkinan partikel untuk beragregasi atau bergabung satu sama lain menjadi partikel yang lebih besar sangat kecil.



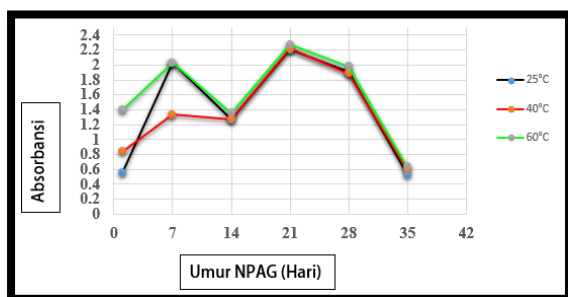
**Gambar 2.** Ukuran nanopartikel perak yang disintesis pada suhu 25°C (B25), 40°C (B40), dan 60°C (B60).

Tabel 1. Indeks Polidispersitas dan Zeta Potensial beberapa sampel NPAg pada berbagai suhu sintesis

Sampel	PdI	Potensial Zeta (mV)
B25	0,246	-24,1
B40	0,393	-25,5
B60	0,400	-26,4

### Kestabilan NPAg Terhadap Waktu Penyimpanan

Pengujian kestabilan NPAg dilakukan dengan mengukur absorbansi NPAg secara periodik hingga umur 35 hari. Gambar 3. menunjukkan bahwa NPAg hasil sintesis menggunakan ekstrak air buah andaliman masih pada rentang panjang gelombang maksimum antara 400-500 nm hingga pengukuran pada hari ke-35, bahkan absorbansinya semakin meningkat yang menunjukkan jumlah NPAg semakin meningkat dari hari ke hari. Hal ini membuktikan NPAg relatif stabil selama penyimpanan 35 hari walaupun pada hari ke-35 absorbansi menurun drastis mungkin karena terjadinya agregasi dalam larutan koloid tersebut.



Gambar 3. Hasil Spektrofotometri UV-Vis NPAg pada berbagai variasi suhu selama 35 hari.

Tabel 2. Hasil PSA Sampel pada Umur 35 Hari

Sampel	Ukuran NPAg (nm)
B25	39,18
B40	22,20
B60	18,42

Hasil pengukuran partikel menggunakan PSA untuk sampel yang berumur 35 hari disajikan pada Tabel 2. Ketiga sampel mengalami peningkatan ukuran walaupun masih dalam rentang ukuran nanopartikel yaitu dibawah 100 nm. Dengan hasil dari PSA ini, dapat dikatakan sampel stabil selama penyimpanan 35 hari dan dapat dikatakan ekstrak air buah

andaliman mampu berperan sebagai bioreduktor dan *stabilizer* dalam proses pembentukan nanopartikel perak.

### Efektivitas Fotodegradasi *Indigosol Blue*

Penentuan efektivitas NPAg dilakukan untuk melihat konsentrasi terbesar dari *Indigosol Blue* yang dapat didegradasi pada kondisi optimum. Fotokatalis yang digunakan sebanyak 2 mL dengan pH campuran 3, dan waktu kontak 4 jam. Konsentrasi larutan *Indigosol Blue* divariasikan, yaitu 400, 500, 600, 700 dan 800 ppm. Data efektivitas fotodegradasi larutan *Indigosol Blue* pada kondisi optimum dengan katalis NPAg ditunjukkan pada Tabel 3. Peningkatan fotodegradasi terjadi sampai konsentrasi 700 ppm dimana jumlah *Indigosol Blue* yang terdegradasi sebanyak 476 ppm namun ketika konsentrasi larutan zat warna bertambah lebih besar, maka kemampuan degradasi menurun. *Indigosol Blue* pada konsentrasi lebih tinggi memiliki jumlah molekul yang lebih banyak, sehingga kemungkinan dibutuhkan lebih banyak katalis serta waktu irradiasi yang lebih panjang untuk dapat mendegradasi zat warna tersebut.

Tabel 3. Efektivitas fotodegradasi larutan *Indigosol Blue* dengan fotokatalis NPAg.

Konsentrasi <i>Indigosol Blue</i> (ppm)	Persentase Degradasi (%)	Jumlah <i>Indigosol Blue</i> Yang Terdegradasi (ppm)
300	94,75 ± 0,30	282
400	88,82 ± 0,23	352
500	80,00 ± 0,43	400
600	73,55 ± 0,35	438
700	68,29 ± 0,09	476
800	45,91 ± 0,04	360

Pada pH asam, zat warna anionik seperti *Indigosol Blue* akan mencapai

efisiensi fotodegradasi yang paling maksimal karena ketersediaan *hole* ( $h^+$ ) yang cukup untuk bereaksi dengan  $H_2O$  untuk menghasilkan  $OH^\cdot$ . Ion hidroksil ini akan bereaksi dengan *hole* membentuk radikal hidroksil ( $OH^\cdot$ ) yang akan mendegradasi zat warna *Indigosol Blue*. Zat warna yang bermuatan negatif akan banyak berinteraksi dengan katalis dikarenakan permukaan katalis menjadi bermuatan positif. Selain itu muatan positif dari katalis membantu perpindahan elektron yang diinduksi oleh foton ( $h\nu$ ) dimana elektron ini dapat bereaksi dengan  $O_2$  menghasilkan  $O_2^{\cdot-}$ . Bersamaan dengan itu, proses ini juga menghambat rekombinasi elektron *hole* dan menghasilkan lebih banyak  $OH^\cdot$  melalui reaksi *hole* ( $h^+$ ) dengan air. Seperti yang diketahui reaksi *hole* ( $h^+$ ) dengan  $OH^-$  akan menghasilkan radikal hidroksil ( $OH^\cdot$ ). Ion-ion radikal ( $OH^\cdot$  dan  $O_2^{\cdot-}$ ) yang terbentuk nantinya akan meningkatkan efisiensi fotodegradasi [14].

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh simpulan sebagai berikut :

1. Nanopartikel perak (NPAg) dari ekstrak air buah andaliman stabil selama penyimpanan 35 hari.
2. Nanopartikel perak mampu mendegradasi zat warna *Indigosol Blue* sampai konsentrasi 700 ppm.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Narayanan, K.B. and Sakthivel, N., 2011. Green Synthesis of Biogenic Metal Nanoparticles by Terrestrial and Aquatic Phototrophic and Heterotrophic Eukaryotes and Biocompatible Agents. *Adv. Colloid. Interface Sci.*, 169(2): 59– 79
- [2] Daniel, M.C. and Astruc, D., 2004. Gold Nanoparticles: Assembly, Supramolecular Chemistry, Quantum-Size-Related Properties, and Applications Toward Biology, Catalysis, and Nanotechnology. *Chem. Rev.*, 104(1): 293 – 346
- [3] Ankamwar, B., Chaudhary, M. and Mural, S., 2005. Gold Nanotriangles Biologically Synthesized Using Tamarind Leaf Extract and Potential Application in Vapour Sensing. *Synth. React. Inorg. Met. Org. Chem.*, 35: 19 – 26
- [4] Jyoti, K., & Singh, A. 2016. Green Synthesis of Nanostructured Silver Particles and Their Catalytic Application in Dye Degradation. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 14(2): 311–317 <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2016.09.005>
- [5] Daneshvar, N., Ayazloo, M., Khataee, A.R., and Pourhassan, M., 2007. Biological Decolourisation of Dye Solution Containing Malachite Green by Microalgae *Cosmarium sp.* *Bioresource Technology*, 98(6): 1176 – 1182.
- [6] Mohamed, R.M., Mkhaliid, I.A., Baeissa, E.S., and Al-Rayyani, M.A., 2012. Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Fe/ZnO/SiO<sub>2</sub> Nanoparticles Under Visible Light. *J. of Nanotech.*, 2012, Article ID 329082, 5 pages. Doi:10.1155/2012/329082
- [7] Wang, P., Huang, B., Qin, X., Zhang, X., Dai, Y., Wei, J., and Whangbo, M.H., 2008. Efficient and Stable Photocatalyst Under Visible Light. *Chem. Eur. J.*, 14: 10543–10546
- [8] Yousefzadi, M., Rahimi, Z. dan Ghafari, V., 2014. The Green Synthesis, Characterization and Antimicrobial Activities of Silver Nanoparticles Synthesized from Green Alga *Enteromorpha flexuosa* (wulfen) J.Agardh. *Mater. Lett.* 137: 1 – 4
- [9] Willets, K.A., Hall, W.P., Sherry, L.J., Zhang, X., Zhao, J. dan Duyne, R.P.V., 2007. Nanoscale Localized Surface Plasmon Resonance Biosensors. *Nanobiotech. II*: 159-173

- [10] Jiang X.C, Chen, W.M., Chen, C.Y., Xiong, S.X., Yu, A.B., 2011. Role of Temperature in The Growth of Silver Nanoparticles Through a Synergetic Reduction Approach. *Nanoscale Research Letters*, 6(1): 32–40
- [11] Yong JS, Beom SK. 2009. Rapid Biological Synthesis of Silver Nanoparticles Using Plant Leaf Extracts. *Bioprocess Biosyst Engineering*, 32(1): 79–84
- [12] Iravani S. 2011. Green Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants. *Green Chemistry. Critical Review.*,13: 2638–2650.
- [13] Huang, J., Li, Q., Sun, D., Lu, Y., Su, Y., Yang, X., Wang, H., Wang, Y., Shao, W., Ning, H., Hong, J., Chen, C., 2007. Biosynthesis Of Silver And Gold Nanoparticles By Novel Sundried Cinnamomum camphora Leaf, *Nanotech.* 18(10): 105104 – 105115
- [14] Adam R, Pozina G, Willander M, Nur O., 2018. Synthesis of ZnO Nanoparticles by Co-precipitation Method for Solar Driven Photodegradation of Congo Red Dye at Different pH. *Photonics and Nanostructures-Fundamental and Applications*, 32(2018): 11–18  
<http://doi.org/10.1016/j.photonics.2018.08.005>