

**POTENSI EKSTRAK KULIT JERUK KUNCI (*Citrus microcarpa* Bunge) SEBAGAI BIOREDUKTOR DALAM SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK**

**THE POTENCY OF *Citrus microcarpa* Bunge EXTRACT AS A BIOREDUCTOR IN SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES**

Athiah Masykuroh, Nadia Nia Nurulita

Prodi DIII Farmasi, Akademi farmasi YARSI Pontianak  
Jl. Panglima Aim No. 2, Pontianak

Corresponding author :athiah.masykuroh@gmail.com

---

**Abstrak**

Nanopartikel perak (NPP) kini banyak disintesis dengan dengan bantuan ekstrak tanaman sebaagai bioreduktor. Pada penelitianini sintesis NPP dilakukan dengan bantuan ekstrak kulit buah jeruk kunci (*Citrus microcarpa* Bunge) sebagai bioreduktor dengan variasi konsentrasi ekstrak 10, 15 dan 20% dengan konsentrasi larutan  $\text{AgNO}_3$  sebesar 0,15M dan suhu  $70^\circ\text{C}$ . Studi keberhasilan pembentukan NPP didasarkan pada uji warna serta terbentuknya *Surface Plasmon Resonance* (SPR) dengan bantuan Spektrofotometer UV-Visibelsedangkanuntuk mengetahui morfologi dan ukuran nanopartikel dilakukananalisis menggunakan *Scanning Microscope Electron* (SEM). Hasil analisis menunjukkan bahwa NPP terbentuk pada fase koloid berwarna coklat gelap dengan panjang gelombang 457,30 nm, 478,90 nm dan 422,80 nm untuk variasi konsentrasi ekstrak 10, 15 dan 20%, dengan morfologi nanopartikel yaitu memiliki bentuk acak yaitu sedikit bulat (*spherical*), agak memanjang dan bergerigi pada setiap pinggir nanopartikel dengan ukuran yang berbeda. Ukuran rata-rata NPP yang terbentuk yaitu 253,8 nm (10%), 254,2 nm (15%) dan k 253,9 nm (20%).

**Kata kunci** :nano partikel perak , bioreduktor , jeruk kunci, SPR, SEM

**Abstract**

Nowadays silver nitrate nanoparticles (AgNPs) synthesized so often by plant extracts as a reductor. The synthesis of AgNPs was carried out by *Citrus microcarpa* Bungefruit peel extract a reductorin various extract concentrations (10, 15, and 20%), concentration of  $\text{AgNO}_3$  solution of 0.15M and temperature of  $70^\circ\text{C}$ . The presence of AgNPswas determined by color test and the formation of *Surface Plasmon Resonance* (SPR) using UV-Vis Spectrophotometer whileto determine the morphology and size of the nanoparticlesusing *ScanningElectron Microscope* (SEM). The results of the analysis showed that AgNPs was formed at colloidal phase with dark brown color with wavelengths of 457.30 nm, 478.90 nm, and 422.80 nm for variation concentration of 10, 15 and 20% with slightly spherical, slightly elongated and jagged morphology with average size of 253.8 nm (10%), 254.2 nm (15%) and 253.9 nm (20%).

**Keywords**:silver nano particles, bioreduktor, *Citrus microcarpa* Bunge, SPR,SEM

## Pendahuluan

Nanosains dan nanoteknologi telah mengalami perkembangan yang cukup pesat mulai awal tahun 2000. Nanosains ialah ilmu yang mempelajari sifat materi yang berukuran 1 – 100 nm, dan atau berukuran 10 – 1000 nm (Mohanraj dan Chen, 2006). Sementara itu, nanoteknologi ialah teknik untuk mendesain dan menyusun materi pada skala nano yang memungkinkan untuk memanfaatkan dan merekayasa struktur materi atom peratomnya (Thomas, 2006; Yokoyama, 2007).

Salah satu pengembangan nanoteknologi yang menarik minat banyak peneliti adalah pengembangan dalam metode-metode sintesis nanopartikel (Abdullah dkk, 2008). Material nanopartikel memiliki sifat-sifat atau karakteristik yang berbeda dari ukuran besarnya (*bulk*). Karakteristik spesifik dari nanopartikel tersebut bergantung pada ukuran, distribusi dan morfologi partikel (Willems, 2005). Secara garis besar sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan metode *top down* (fisika) dan metode *bottom up* (kimia).

Meski metode fisika dan kimia menghasilkan partikel yang murni, namun kedua metode ini menggunakan bahan kimia yang berlebihan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, dan membutuhkan biaya yang besar untuk pembuatannya. Sehingga metode biologi dipilih dengan menggunakan reduktor ekstrak tanaman (Vera-Montenegro dkk, 2008 ; Li dkk, 2009). Metode biologi merupakan metode sintesis nanopartikel yang lebih ekonomis dan memiliki resiko pencemaran lingkungan yang rendah, sehingga produk yang dihasilkan lebih aman dan ramah lingkungan karena mampu meminimalisir penggunaan bahan-bahan anorganik yang berbahaya dan sekaligus limbahnya, sehingga lebih dikenal dengan bioreduktor (Schmidt, 2007; Sharma dkk, 2009).

Sintesis nanopartikel dengan memanfaatkan makhluk hidup sebagai agen biologi pada proses sintesisnya dikenal sebagai biosintesis nanopartikel (Mohanpurian dkk, 2008; Kumar dan Yadav, 2009). Penggunaan agen biologi dalam proses sintesis ialah dengan memanfaatkan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam makhluk hidup (Li dkk, 2007; Leela dan Vivekanandan, 2008; Bar dkk, 2009; Kumar dan Yadav, 2009). Penelitian sebelumnya telah menggunakan ekstrak daun manggis (Masakke dkk, 2014), daun gambir (Arief dkk, 2015) dan daun pucuk idat (Fabiani dkk, 2018) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak, sehingga dihasilkan partikel berukuran yang rata-rata dibawah 100 nm dengan struktur sferis (Leela dan Vivekanandan, 2018 ; Zargar, 2011).

Kulit buah jeruk kunci (*Citrus microcarpa* Bunge) adalah salah satu tanaman yang dapat digunakan ekstraknya untuk proses biosintesis nanopartikel perak. Buah jeruk kunci (*Citrus microcarpa* Bunge) mengandung senyawa flavonoid, terpenoid, alkaloid, tanin dan saponin. Sehingga dapat dijadikan bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak. Berdasarkan uraian diatas, maka dilakukan penelitian sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor ekstrak kulit jeruk kunci (*Citrus microcarpa* Bunge).

## Metode Penelitian

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Akademi Farmasi Yarsi Pontianak. Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan pada Desember 2020-April 2021 dengan kegiatan yaitu determinasi tanaman, pembuatan ekstrak kulit buah jeruk kunci, sintesis nanopartikel, pengumpulan padatan nanopartikel, dan analisis serta interpretasi data SPR dan morfologi nanopartikel perak.

## Prosedur Kerja

### Pengambilan Sampel dan Determinasi Tanaman

Sampel diambil di Pontianak Kalimantan Barat. Determinasi tanaman untuk memastikan spesies tanaman dilakukan di FMIPA Biologi Universitas Tanjungpura.

### Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Jeruk Kunci

Kulit buah jeruk kunci segar dibersihkan dari pengotor kemudian dicuci. Ekstraksi dilakukan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Krishna Raj *et al* (2012) yaitu 10 gram kulit jeruk kunci segar dirajang kemudian ditambahkan dengan 90 mL akuadest. Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 65°C selama 10 menit selanjutnya disebut ekstrak segar kulit jeruk kunci.

### Biosintesis Nanopartikel Perak (NPP)

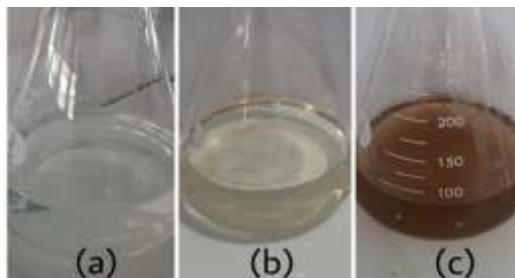
Larutan AgNO<sub>3</sub> 0,15 M ditambahkan pada ekstrak segar kulit jeruk kunci dengan variasi 10, 15, dan 20% v/v sehingga volume totalnya menjadi 100 mL. Campuran dipanaskan pada suhu 70°C selama 10 menit.

### Karakteristik Nanopartikel Perak (NPP)

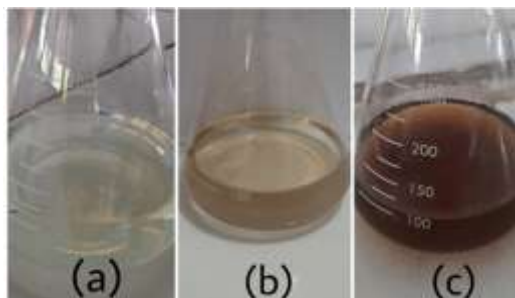
Uji warna dilakukan secara manual dengan mengamati perubahan warna yang terjadi setelah proses biosintesis. Analisis SPR (*Surface Plasmon Resonance*) dilakukan dengan spektrofotometer UV-Visibel. Karakter morfologi dan ukuran partikel dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

## Hasil dan Pembahasan

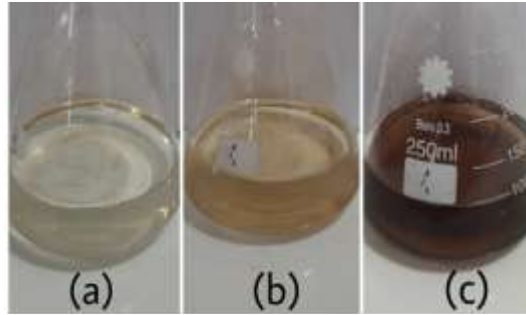
### Hasil



Larutan AgNO<sub>3</sub>(a), Ekstrak kulit jeruk kunci 10% (b) dan nanokoloid perak hasil sintesis (c)



Larutan AgNO<sub>3</sub>(a), Ekstrak kulit jeruk kunci 15% (b) dan nanokoloid perak hasil sintesis (c)



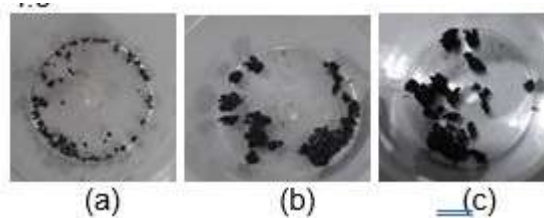
Larutan  $\text{AgNO}_3$ (a), Ekstrak kulit jeruk kunci 20% (b) dan nanokoloid perak hasil sintesis (c)

**Gambar 1.** Proses perubahan warna yang menandai terbentuknya nanopartikel perak



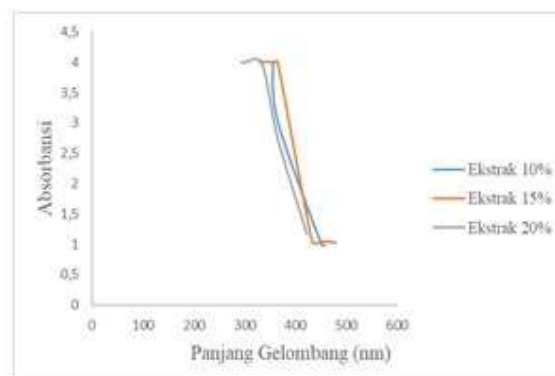
(a) (b) (c)

**Gambar 2.** Nanopartikel perak yang terbentuk setelah sentrifugasi dari variasi konsentrasi ekstrak 10% (a), 15% (b) dan 20% (c)



(a) (b) (c)

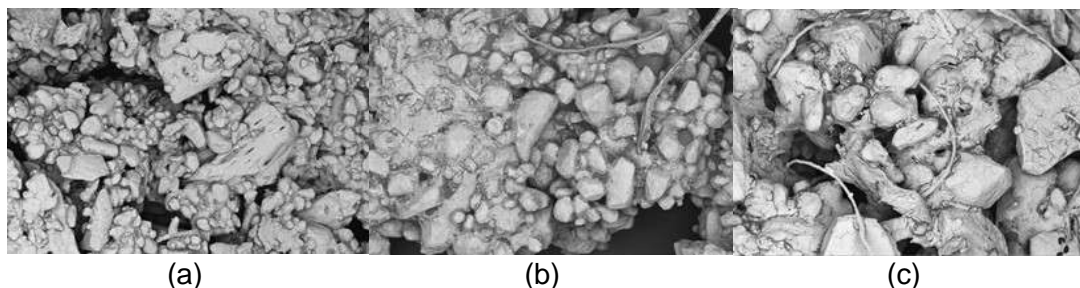
**Gambar 3** Nanopartikel perak yang terbentuk setelah penguapan pelarut dari variasi konsentrasi ekstrak 10% (a), 15% (b) dan 20% (c)



**Gambar 4** Spektra Uv-Visibel nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak kulit buah jeruk kunci 10%, 15% dan 20% v/v

**Tabel 1** Karakter SPR nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak kulit buah jeruk kunci

Variasi Konsentrasi Ekstrak (%)	Absorbansi	Puncak SPR (nm) pada 395-515 nm
Blanko	-	-
10%	0,2576	457,30
15%	1,0321	478,90
20%	1,1752	422,80



**Gambar 5** Citra SEM nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan ekstrak kulit buah jeruk kunci 10% (a), 15% (b) dan 20% (c) v/v

## Pembahasan

### Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Jeruk Kunci

Pada penelitian ini dilakukan proses ekstraksi untuk mendapatkan ekstrak segar kulit jeruk kunci. Ekstrak yang segar memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder yang masih tinggi (Winardo dkk, 1980). Kulit jeruk kunci sebanyak 10 gr ditambahkan dengan aquadest sebanyak 90mL, kemudian kedua campuran dipanaskan pada suhu 65°C selama 10 menit Krishna Raj dkk (2012). Ekstrak yang didapat disaring untuk memisahkan ekstrak segar dari kulit buah jeruk kunci.

### Sintesis Nanopartikel Perak (NPP)

Ekstrak kulit buah jeruk kunci pada penelitian ini berfungsi sebagai bioreduktor pada sintesis nanopartikel perak (NPP). Prinsip kerja ekstrak tanaman dalam sintesis NPP adalah kemampuan senyawa pada tanaman yang mampu mereduksi Ag yang bermuatan ( $Ag^+$ ) menjadi nanopartikel  $Ag^0$  (Kumar dan Yadav, 2009). Seperti telah diketahui bahwa logam Ag memiliki satu muatan positif, untuk membuat nanopartikel logam perak dan kemudian tereduksi menjadi  $Ag^0$  dengan bantuan ekstrak tanaman sebagai reduktor.

### Karakteristik Nanopartikel Perak Analisis Perubahan Warna

Sintesis nanopartikel perak melibatkan perubahan warna yaitu mulai dari warna kekuningan hingga menjadi kecoklatan (Mano Priya dkk, 2011). Pada proses pencampuran larutan  $AgNO_3$  dengan ekstrak kulit jeruk kunci konsentrasi 10, 15, dan 20% terlihat perubahan warna pada Gambar 4.2 dari a (pencampuran  $AgNO_3$  dan ekstrak kulit jeruk kunci), b (setelah dipanaskan pada suhu 70°C), c (setelah disentrifugasi selama 10 menit) dari kuning muda hingga coklat tua. Perubahan warna tersebut merupakan salah satu indikator terbentuknya nanopartikel perak karena telah terjadinya proses reduksi ion perak.

Terbentuknya nanopartikel perak juga diindikasikan dari berubahnya warna kuning menjadi kecoklatan (nanocomposix.com, 2020). Sintesis nanopartikel perak



dilakukan dengan metode pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Setelah pengadukan, perubahan warna yang terbentuk pada variasi konsentrasi ekstrak kulit jeruk kunci 10, 15, dan 20% larutan yang semula berwarna kuning muda kemudian berubah menjadi warna coklat tua yang disertai adanya endapan atau koloid, semakin besar konsentrasi ekstrak maka warna yang dihasilkan semakin gelap atau berwarna coklat tua, yang menandakan semakin banyak nanokoloid yang terbentuk. Hal ini terlihat pada Gambar 1. Larutan berwarna coklat merupakan tanda bahwa  $Ag^+$  telah tereduksi menjadi  $Ag^0$ . Pengadukan yang kontinu selama proses sintesis dapat memengaruhi kecepatan dan jumlah nanopartikel perak yang dihasilkan. Pengadukan juga mampu mempercepat terjadinya reaksi serta dapat menghomogenkan sistem. Proses tersebut juga mampu mencegah terjadi agregasi antar nanopartikel sehingga terdistribusi merata didalam sistemnya yaitu nano koloid. Nanokoloid yang terbentuk kemudian disentrifus dengan 45.000 rpm selama 25 menit untuk memisahkan cairan dengan nanokoloid atau koloid nanopartikel mengendap seperti terlihat pada Gambar 2. Nanopartikel yang sudah terpisah atau mengendap kemudian dipisahkan dari supernatannya. Hasil pemisahan nanokoloid dicampurkan dengan etanol agar mempercepat proses pengeringan koloid nanopartikel dalam desikator karna sifat etanol yang mudah menguap. Hasil koloid yang sudah kering seperti Gambar 3 yakni padatan berwarna coklat kehitaman.

#### **Analisis Surface Plasmon Resonance (SPR)**

*Surface Plasmon Resonance* (SPR) adalah gelombang elektromagnetik *evanescent* yang dibangkitkan oleh adanya kopling antara medan elektromagnetik (dari laser) dengan elektron-elektron di sekitar permukaan logam (Daniel dkk, 2011). SPR menjadi salah satu metode awal untuk menentukan keberhasilan terbentuknya nanopartikel suatu logam sebelum dilakukan analisis lainnya yang lebih detail. SPR dapat dianalisis dengan bantuan instrumen spektrofotometer UV-Visibel dengan mengamati pola absorbansi versus panjang gelombang tertentu dari suatu larutan atau koloid logam.

Gambar 4 menunjukkan spektrum absorbansi dari koloid nanopartikel hasil biosintesis menggunakan ekstrak kulit buahjeruk kunci sebagai bioreduktor. Hasilnya, masing-masing variasi menunjukkan karakter SPR pada panjang gelombang 457,30 nm untuk ekstrak 10%, 478,90 nm untuk ekstrak 15%, dan 422,80 nm untuk ekstrak 20%. Hal tersebut menunjukkan bahwa dari ketiga variasi, semuanya terbentuk nanopartikel perak. Karena masih dalam rentang kisaran panjang gelombang 395-515 nm (nanocomposix.com, 2020). Nilai absorbansi nanokoloid juga bertambah dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak kulit buah jeruk kunci yang digunakan yaitu sebesar 1,1752 untuk variasi 20%, diikuti 1,0321 untuk variasi 15% dan 0,2576 untuk variasi 10%. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran partikel semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak kulit buah jeruk kunci yang digunakan untuk biosintesis nanopartikel perak. Hal tersebut sesuai dengan Moosa dkk (2015) dimana Bilangan gelombang ke arah yang lebih besar nilainya juga menunjukkan ukuran partikel yang semakin besar.

#### **Analisis Morfologi Nanopartikel Perak**

Nanopartikel perak hasil sintesis di karkaterisasi dengan instrument *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Analisis SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi partikel. Perbesaran gambar nanopartikel perak dilakukan pada skala 100 kali dan akselerasi tegangan sebesar 12.50 kV. Sampel yang dianalisis dengan SEM adalah sampel nanopartikel perak ekstrak kulit buah jeruk kunci dengan variasi konsentrasi 10, 15, dan 20%. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa partikel nanopartikel perak ekstrak kulit jeruk kunci variasi konsentrasi 10, 15, dan 20% memiliki bentuk acak, sedikit bulat

(*spherical*), ada yang berbentuk agak memanjang dan bergerigi pada setiap pinggir nanopartikel dengan ukuran yang bervariasi akibat efek dari agregasi nanopartikel. Hasil analisis ukuran nanopartikel perak dengan nilai distribusi variasi konsentrasi ekstrak 10% dengan ukuran rata-rata yaitu 253,8 nm, konsentrasi ekstrak 15% ukuran rata-rata yaitu 254,2 nm dan konsentrasi ekstrak 20% dengan ukuran rata-rata yaitu 253,9 nm. Berdasarkan hasil pengukuran nanopartikel dihasilkan ukuran yang sudah termasuk ke dalam rentang nano dimana ukuran dikatakan nanometer apabila ukuran kisaran 10-1000 nm (Mohanraj dan Chen, 2006).

### Kesimpulan

Nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode biologi (biosintesis) menggunakan ekstrak kulit jeruk kunci (*Citrus microcarpa* Bunge). Perubahan warnamenjadicoklatmenunjukkan terbentuknyananopartikelperakdiperkuatden ganalisis *Surface Plasmon Resonance* (SPR) yang menunjukkan serapan nanopartikel perak pada panjang gelombang 457 nm, 478 nm, dan 422 nm untuk variasi konsentrasi ekstrak 10, 15, dan 20%. Morfologi nanopartikel perak hasil sintesis memiliki bentuk yang acak yaitu sedikit bulat (*spherical*), agak memanjang dan bergerigi dengan ukuran rata-rata partikel untuk variasi konsentrasi 10, 15, dan 20% ekstrak pada proses sintesis yaitu 253,8 nm, 254,2 nm dan 253,9 nm.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh UPPM AKFAR YARSI Pontianak sehingga tim peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas hasil penelitian yang didapat

### Daftar Pustaka

- Ahmad , A., S. Senapati, M.I. Khan, R. Kumar & M. Sastry. 2003. Extracellular biosynthesis of monodisperse gold nanoparticles by a novel extremophilic Actinomycetes. *Thermomonospora* sp. *Langmuir*. 19: 3550-3553
- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin dan Khairurrijal. 2008. Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 1 (2): 33-57.
- Amiruddin, M.A. dan Titik Taufikurrohmah. 2013. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas menggunakan Matriks Bentonit sebagai Material Peredam Radikal Bebas dalam Kosmetik. *Journal of Chemistry*. 2(1): 68- 75
- Arief, S. Rahma, W. Wellia, D.V. Zulhadjri., Green Synthesis Nanopartikel Ag dengan Menggunakan Ekstrak Gambir Sebagai Bioreduktor. Prosiding Semirata 2015 Bidang Mipa Bks- Ptn Barat. Universitas Tanjungpura, Pontianak. 233 – 238
- Ariyanta, H. A., S. Wahyuni, dan S. Priatmoko. 2014. Preparasi Nanopartikel Perak Dengan Metode Reduksi Dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri Penyebab Infeksi. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3 (1): 1-6
- Bar, H., D. Kr Bhui, G.P. Sahoo, P. Sarkar, S. P. De & A. Misra. 2009. Green synthesis of silver nanoparticles using latex of *Jatropha curcas*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 339: 134-139

- Barkir. (2011). Pengembangan Biosintesis Nanopartikel Menggunakan Air Rebusan Daun Bisbul (*Diospyros Blanco*) untuk Deteksi Ion Tembaga (II) dengan Metode Kolorimetetri. Skripsi. Jakarta : FMIPA UI.
- Fabiani, V.A., Sutanti, F., Silvi, D. dan Putri, M.A. 2018. Green Synthesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Pucuk Idat (*Cratoxylum glaucum*) Sebagai Bioreduktor. *Indo.J.Pure.App.Chem.* 1(2) : 68-76
- Fatimah, Is., Nur Afisa Lintang Mutiara. 2016. Biosynthesis of silver nanoparticles using putri malu (*Mimosa pudica*) leaves extract and microwave irradiation method. *Jurnal Molekul.* 11 (2): 288-298
- Fernandez, Benny. 2011. Makalah sintesis Nanopartikel Perak. Padang: FMIPA Universitas Andalas
- Guzman, M.G., Jean D., dan Stephan G. 2009. Synthesis of silver nanoparticles by chemical reduction method and their antibacterial activity. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering.* 2:3
- Handayani, A., Mardiana, N. R. dan Syambarkah, A., 2009, Imobilisasi Nanopartikel Perak sebagai Senyawa Anti Mikroba pada Kemasan Produk Pangan, Karya Tulis diterbitkan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Haryono.A, 2008. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri.* 2(3): 155-63
- Ilma Nafia. 2012. Nanopartikel Perak Termodifikasi L-Sisteian sebagai Indikator Warna Untuk Logam Pencemar Pada Sampel Ikan Tongkol, Skripsi. Depok :FMIPA UI.
- Krishnaraj, C., Ramachandran, R., Mohan, K., & Kalaichelvan, P. T. 2012. Optimization for rapid synthesis of silver nanoparticles and its effect on phytopathogenic fungi. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy.* 93: 95-99.
- Kumar, V. & S. K. Yadav. 2009. Plant-mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and their applications. *Journal Chemical Technology and Biotechnology.*84: 151-157
- Lalena, J.N., D.A. Cleary, E.E. Carpenter dan N.F. Dean. 2008. *Inorganic Materials Synthesis and Fabrication.* Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. 211-230
- Leela A, Vivekanandan M.. 2008. Tapping the Unexploited Plant Resources for the Synthesis of Silver Nanoparticles. *African Journal of Biotechnology.* 7(17):3162-3165.
- Lengke, M.F., M.E. Fleet & G. Southam. 2007. Biosynthesis of silver nanoparticles by filamentous cyanobacteria from a silver(I) nitrate complex. *Langmuir.*23: 2694-2699
- Li, L., C. Liu, Z. Liu, R. Tsao and S. Liu.2009. Identification of phenylethanoid glycosides in plant extract of *Plantago asiatica* L. by liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry, *Chinese J. Chem.* 27 : 541-545
- Li, S., Yuhua Shen, Anjian Xie, Xuerong Yu, Lingguang Qiu, Li Zhang & Qingfeng Zhang. 2007. Green synthesis of silver nanoparticles using *Capsicum annum* L. extract. *Green Chemisty* 9: 852- 858



- Nanocomposix.com. 2020. Silver Nano particles: *Physical Properties.nano.composix.com/kbs/silver/physicalproperties*. Diakses tanggal 8 Agustus 2020
- Mallikarjuna, K., Narasimha, G., Dillip, G. R., Praveen, B., Shreedhar, B., Lakshmi, C. S., Reddy, B. V. S. dan Raju, B. D. P. 2011. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Ocimum Leaf Extract and Their Characterization. *Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 6 (1): 181-186.
- Masakke, Y., Sulfikar, Muhaedah, R..2014. Biosintesis Partikel-nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana* L.), *Jurnal sainsmart*. 4: 28- 41
- Mano Priya M., Karunai Selvi B. 2011.Green synthesis of silver nanoparticles from the leaf extracts of euphorbia hirta and nerium indicum. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 6: 869 – 877
- Mohanpuria, P., N.K. Rana, & S. K. Yadav. 2008. Biosynthesis of nanoparticles: technology concept and future application. *Journal Nanoparticles Research*.10: 507-517
- Mohanraj, V.J., dan Chen Y. 2006. Nanoparticles. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 5(1): 561-573.
- Emerging Nanotechnology. Woodrow Wilson International Center for Scholars. 8. 1–36.
- Shankar, S.S., Rai, A., Ahmad, A., Sastry, M. 2004. Rapid Synthesis of Au, Ag, and Bimetallic Au core–Ag Shell Nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) Leaf Broth. *J. Coll. Inter. Sci*. 275 (4): 496-502.
- Sharma, V. K., Yngard, R. A., Lin, Y. 2009. Silver Nanoparticles: Green Synthesis and their Antimicrobial Activities, *Adv. Colloid and Interface Sci*.145(1–2): 83–96.
- Sileikaite, A., Igoris P., Judita P., Algimantas J., Asta G. 2006. Analysis of silver nanoparticles produced by chemical reduction of silver salt solution. *Materials Science*, 12: 4
- Solomon, S.D,M.Bahadary, A.V,Jeyaraja Singam,S.A.Rutkowsky,C. Boritz & L.Mulfinger. 2007. Synthesis and Study of Silver nanoparticles. *Journal of Chemical Education*. 84 (2): 322- 325.
- Thomas, J. 2006. An introduction to nanotechnology: The next small big thing. *Development* 49(4): 39-4
- Willems and Wildenberg, V. D. 2005. *Roadmap Report on Nanoparticles*. W&W Espana s.l. Barcelona. Spain.
- Wulandari, M., Nora, I., dan Gusrizal., 2013., Aktivitas Antioksidan Ekstrak nHeksana, Etil Asetat dan Metanol Kulit Buah Jeruk Sambal (*Citrus microcarpa* Bunge), Volume 2., No 2. Universitas Tanjungpura. Pontianak
- Yokoyama, T. 2007. Basic Properties and measuring method of nanoparticles: 1.1. Size effect and properties of nanoparticles. *Dalam*: Hosokawa, M., K. Nogi, M. Naito & Yokozama (Eds.). *Nanoparticles technology handbook*. 1:1