



Sintesis Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor Minyak Atsiri Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*)

Apriza Marfina[✉], Edy Cahyono, Sri Mursiti dan Harjono

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima Juni 2019

Disetujui Juli 2019

Dipublikasikan Agustus
2019

Keywords:

minyak atsiri
sinamaldehida
HAuCl₄
sintesis nanopartikel

Abstrak

Nanoteknologi diaplikasikan secara luas di bidang sains dan teknologi dengan tingkat molekuler dalam skala normalnya 1-100 nm. Penggunaan tumbuhan sebagai bioreduktor dalam green synthesis nanopartikel berhubungan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan. Minyak atsiri merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang mudah menguap (volatil). Komponen utama minyak atsiri kayu manis adalah sinamaldehida merupakan senyawa yang memiliki gugus fungsi aldehida dan alkena terkonjugasi cincin benzena. Penelitian ini bertujuan untuk kemampuan bioreduktor dalam mensintesis nanopartikel emas dan karakteristik nanopartikel emas. Minyak kayu manis diperoleh melalui proses destilasi uap air. Nanopartikel emas disintesis dengan pendekatan green synthesis, dengan cara mereduksi H₂AuCl₄ berbagai konsentrasi dengan bioreduktor. Hasil analisis GC-MS minyak kayu manis diperoleh kadar sinamaldehyd sebanyak 49,61%. Hasil analisis FT-IR pada minyak atsiri kayu manis menunjukkan adanya gugus CHO aldehida pada pita serapan 2820,1 cm⁻¹, 2743,54 cm⁻¹, gugus C=C alkena pada pita serapan 1676,91cm⁻¹, 1577,12 cm⁻¹, hal ini menunjukkan adanya senyawa sinamaldehyd. Nanopartikel emas yang dikarakterisasi menggunakan PSA memiliki ukuran partikel sebesar 140 nm dan ukuran nilai PI sebesar 0,315.

Abstract

Nanotechnology is widely applied in the fields of science and technology with molecular levels in the normal scale of 1-100 nm. The use of plants as bioreducers in green synthesis nanoparticles is related to the content of secondary metabolites which have antioxidant activity. Essential oil is one of the volatile secondary metabolites (volatiles). The main component of cinnamon essential oil is cinnamaldehyde, a compound that has a functional group of aldehydes and a benzene ring conjugated alkene. This study aims at the ability of bioreducers to synthesize gold nanoparticles and the characteristics of gold nanoparticles. Cinnamon oil is obtained through a steam distillation process. Gold nanoparticles are synthesized with the green synthesis approach, by reducing H₂AuCl₄ various concentrations with the bioructor. The results of GC-MS cinnamon oil obtained 49.61% cinnamaldehyde. The results of FT-IR analysis on cinnamon essential oil showed CHO aldehyde group on absorption band 2820.1 cm⁻¹, 2743.54 cm⁻¹, group C = C alkene on absorption band 1676.91cm⁻¹, 1577.12 cm⁻¹, this indicates the presence of cinnamaldehyde compounds. Gold nanoparticles characterized using PSA have a particle size of 140 nm and a PI value of 0.315.

Pendahuluan

Nanoteknologi di aplikasikan secara luas pada bidang sains dan teknologi dengan tingkat molekul dalam skala 1-100 nm. Nanoteknologi dilakukan dengan proses, pemisahan, perubahan bentuk dari material oleh satu atom atau satu molekul (Elumalai *et al.*, 2011). Menurut Abdullah *et al.* (2010), nanopartikel dapat keluar dan masuk dengan mudah ke dalam sel tubuh tanpa mengganggu kerja sel dikarenakan ukuran nanopartikel sangat kecil. Musafiroh *et al.* (2012), mengatakan pada penelitian yang telah dilakukannya menunjukkan bahwa nanopartikel emas memiliki aktivitas peredaman radikal bebas.

Karakteristik nanopartikel emas sangat dipengaruhi oleh metode sintesis (Wang, 2009). Berbagai metode kimia telah dilakukan dalam emas diantaranya reduksi kimia, sonokimia, dan fotokimia. Sintesis nanopartikel dengan metode reduksi kimia merupakan cara yang banyak dilakukan hal ini dikarenakan faktor kemudahan, biaya yang relatif murah dan dapat diproduksi dalam skala besar. Sedangkan metode sonokimia untuk mengubah dari padatan logam menjadi padatan berukuran nano sedangkan metode fotokimia menggunakan radiasi tinggi melalui sinar ultraviolet (Chou & Yu, 2008). Sedangkan sintesis nanopartikel emas dapat juga dilakukan dengan metode biologi, yaitu dengan mikroorganisme, enzim, dan ekstrak tanaman (Song, 2009). Menurut Elumalai *et al.* (2011), faktor yang dapat mempengaruhi proses reduksi ion logam menjadi nanopartikel logam seperti suhu, pH, dan lain-lain.

Sintesis nanopartikel menggunakan emas telah banyak dilakukan dengan metode reduksi menggunakan agen pereduksi natrium sitrat dan natrium borohidrat (NaBH_4). Natrium sitrat dapat menyebabkan iritasi pada kulit (Ansari, 2014). Menurut Kundu *et al.* (2002), NaBH_4 cukup reaktif serta memiliki sedikit dampak buruk terhadap lingkungan, sehingga penggunaan bioreduktor sebagai agen pereduksi nanopartikel yang ramah lingkungan (*green synthesis*) karena bisa mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya. Nanopartikel logam mulia banyak dipelajari adalah nanopartikel emas karena mempunyai sifat yang stabil serta dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti optik nonlinier, elektronik (Burke, 2004), sensor (Kurniawan, 2006), katalis (Chandra, 2010), biologi (Chandra, 2010), dan pengobatan medis (Chandra, 2010). Prinsip biosintesis dapat menggunakan metode reduksi dalam preparasi nanopartikel adalah memanfaatkan tumbuhan dan mikroorganisme seperti jamur, khamir, dan bakteri sebagai sebagai agen pereduksi (Srivastava & Mausumi, 2013).

Tanaman minyak atsiri kayu manis memiliki 3 fungsi antara lain dapat membantu proses penyerbukan dengan cara menarik beberapa jenis serangga, mencegah kerusakan tanaman karena serangga serta sebagai cadangan makanan. Minyak atsiri kayu manis disintesis dalam sel kelenjar pada jaringan tanaman dan ada juga yang terbentuk dalam pembuluh resin (Ketaren, 1985; Guenther, 2006).

Minyak atsiri disebut minyak menguap atau minyak esensial. Minyak atsiri memiliki sifat tidak berwarna, pada penyimpanan yang lain warnanya berubah menjadi lebih gelap (Herbath, 2009). Minyak atsiri mengandung senyawa yang berperan penting sebagai antioksidan seperti sinamaldehida dan eugenol. Minyak atsiri diperoleh dengan cara isolasi. Mutu minyak atsiri kayu manis ditentukan oleh tinggi rendahnya kadar sinamaldehyd, semakin tinggi kadar sinamaldehyd semakin tinggi pula harganya. Menurut Ravidran *et al.* (2004), minyak atsiri kulit kayu manis mengandung sinamaldehyd sebesar (51-76%).

Tanaman kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) merupakan tanaman yang kulit batang, dahan dan rantingnya dapat digunakan untuk bahan minyak dan obat, minyak atsiri dari kayu manis banyak dimanfaatkan dalam industri farmasi, kosmetika, serta makanan (Widiyanti, 2012). Penelitian terhadap minyak atsiri dari *Cinnamomum burmannii* yang berasal dari Guangzhou, China yang dilakukan oleh Wang *et al.* (2009), menyimpulkan bahwa komponen utama yang terdapat dalam minyak atsiri adalah trans sinamaldehyd (60,72%), eugenol (17,62%) dan kumarin (13,39%). Menurut Sathishkumar *et al.* (2009), mengatakan senyawa organik yang terdapat didalam kulit kayu manis mempunyai kemampuan sebagai agen pereduksi sehingga berpotensi dalam sintesis nanopartikel yang ramah lingkungan atau sering disebut dengan *green synthesis*.

Pemanfaatan tumbuhan sebagai bioreduktor dalam *green synthesis* nanopartikel berkaitan dengan senyawa metabolit sekunder yang mempunyai aktivitas antioksidan (Handayani *et al.*, 2010). Antioksidan dapat menjadi salah satu cara untuk memproduksi nanopartikel yang ramah lingkungan (*green synthesis*) karena dapat mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya.

Metode

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat gelas, erlenmeyer bertutup, pipet volume, gelas ukur, cawan porselein, labu ukur, pipet filler, batang pengaduk, neraca analitik, seperangkat alat destilasi uap air dan destilasi fraksinasi pengurangan tekanan, pH-meter, *hotplate*, *magnetic stirrer*, termometer, aluminium-foil, Botol 1 L (6), botol 500 mL (5), kromatografi gas (GC), kromatografi gas-spektrometer massa merk *Shimadzu* QP 2010S, spektrofotometer UV-Vis merk *Spektronic* 1240,

spektrofotometer inframerah merk *Shimadzu* FTIR-8201PC, dan PSA (*Particle Size Analyzer*) merk *Horiba* SZ-100. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 1 g Lempeng Emas Murni, kulit batang kayumanis, HCl 16 N, HNO₃ 12 N, aquades, aquabidest, etanol 96%, dan Na₂SO₄ anhidrat.

Penelitian diawali dengan mengisolasi 5000 g kulit batang kayu manisdiseiapkan dalam keadaan kering, dibersihkan dan dipotong 2 cm lalu dimasukkan kedalam dandang dan ditambah dengan aquades. Didestilasi uap air selama 18 jam pada suhu 80°C hingga menghasilkan minyak atsiri. Minyak atsiri yang diperoleh dikeringkan dengan Na₂SO₄ anhidrat yang telah dioven selama 4 jam pada suhu 80°C. Natrium Sulfat (Na₂SO₄) anhidrat digunakan untuk memisahkan air dengan minyak. Hasil yang didapatkan kemudian dianalisis dengan GC, GC-MS, dan spektrofotometer IR. Selanjutnya pembuatan larutan induk H₂AuCl₄ 5 mM kemudian diencerkan dengan aquabidest dengan variasi konsentrasi 0,5 mM, 1 mM, 1,5 mM, 2 mM, dan 2,5 mM. Proses sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan cara mencampurkan 125 ml larutan H₂AuCl₄ dengan 1 ml bioreduktor. Campuran diaduk dalam *hotplate* dengan *magnetic stirer* kemudian dipanaskan pada suhu 60 °C sampai terjadi perubahan warna menjadi merah anggur . Hasil sintesis nanopartikel emas dengan bioreduktor selanjutnya dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis dan PSA. Variasi konsentrasi larutan H₂AuCl₄ dan waktu pada konsentrasi H₂AuCl₄ 0,5 mM waktu sintesis 60 menit, 1 mM waktu sintesis 65 menit, 1,5 mM waktu sintesis 70 menit, 2 mM waktu sintesis 75 menit, dan 2,5 mM waktu sintesis 80 menit.

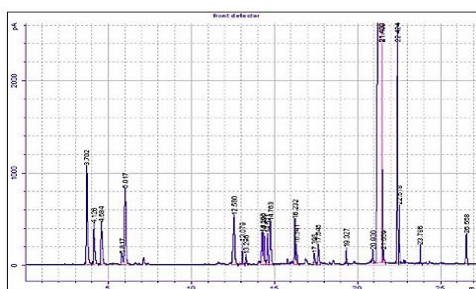
Hasil dan Pembahasan

Isolasi kulit batang kayu manis dilakukan dengan cara dipotong sampai berukuran 2 cm lalu dimasukkan ke dalam dandang dan ditambah dengan aquades. Didestilasi uap air selama 18 jam pada suhu 80°C hingga menghasilkan minyak atsiri. Minyak atsiri yang diperoleh dikeringkan dengan Na₂SO₄ anhidrat yang telah dioven selama 4 jam pada suhu 80°C. Natrium sulfat (Na₂SO₄) anhidrat digunakan untuk memisahkan air dengan minyak. Hasil preparasi kulit batang kayu manis disajikan pada Gambar 1.



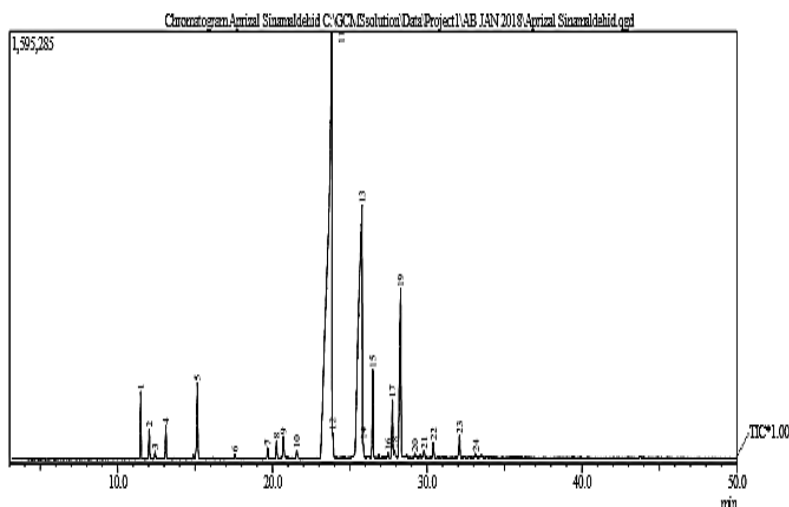
Gambar 1. Kulit batang kayu manis sebelum preparasi (a) dan kulit batang kayu manis sesudah preparasi (b)

Berdasarkan Gambar 1 kulit batang kayu manis yang awalnya seperti batang kayu sesudah preparasi berbentuk seperti minyak. Analisis kadar dan komponen senyawa dilakukan dengan cara mengkarakterisasi sampel menggunakan gas kromatografi, gas kromatografi spektrometer-massa dan spektrofotometer-IR. Gas kromatografi dan gas kromatografi spektrometer-massa bertujuan untuk mengetahui kadar dan komponen senyawa dalam sampel, sedangkan spektrofotometer-IR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dalam sampel. Hasil analisis dengan menggunakan gas kromatografi disajikan pada Gambar 2.



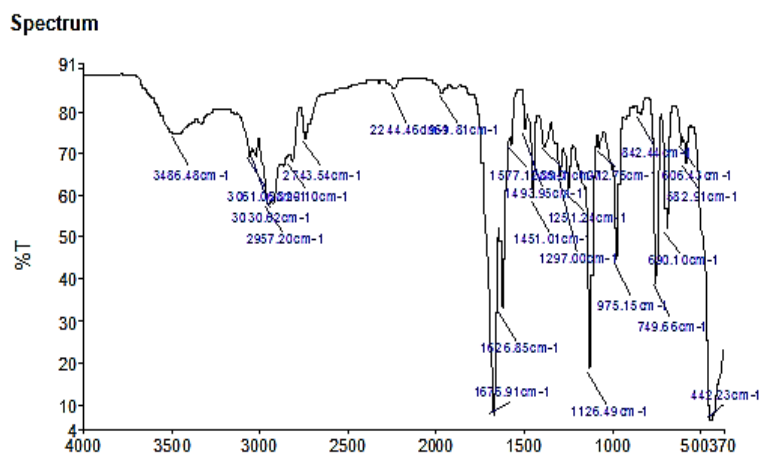
Gambar 2. Kromatogram minyak kulit batang kayu manis

Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui bahwa hasil isolasi senyawa sinamaldehyd pada destilasi uap air minyak kulit batang kayu manis yang dihasilkan dari destilasi uap air sebanyak 71,98%. Untuk memastikan apakah senyawa yang dihasilkan dari destilasi uap air minyak kulit batang kayu manis senyawa utamanya sinamaldehyda maka diuji dengan menggunakan gas kromatografi spektrometri massa. Hasil analisis dengan menggunakan gas kromatografi disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kromatogram GC-MS minyak kulit batang kayu manis

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui bahwa hasil isolasi senyawa sinamaldehyda pada destilasi uap air minyak kulit batang kayu manis yang dihasilkan 24 komponen senyawa. Tiga komponen senyawa utama yang terkandung didalam minyak kulit batang kayu manis tersebut adalah senyawa sinamaldehyda sebanyak 49,61% pada waktu retensi (RT) 21,573 dan 0,34% pada waktu retensi (RT) 23,827; senyawa triasetin sebanyak 25,39% pada waktu retensi (RT) 25,782; dan senyawa sinamil asetat sebanyak 8,21% pada waktu retensi (RT) 28,284. Hasil GC-MS senyawa sinamaldehyda terbaca pada 2 waktu retensi (RT) 21,573 dan waktu retensi (RT) 23,827 menit. Pada waktu retensi (RT) 21,573 senyawa sinamaldehyda yang dihasilkan berisomer cis sedangkan pada waktu retensi (RT) 23,827 senyawa sinamaldehyda yang dihasilkan berisomer trans. Hal ini dibuktikan pada penelitian Fang *et al.* (2015), senyawa sinamaldehyda yang waktu retensinya lebih cepat berisomer cis dan senyawa sinamaldehyda yang waktu retensinya lebih lama trans. Kemudian di analisis menggunakan FT-IR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari minyak atsiri kayu manis. Analisis FT-IR memiliki 3 fungsi yaitu untuk mengidentifikasi material yang belum diketahui, menentukan kualitas atau konsistensi sampel dan menentukan suatu komponen dalam suatu campuran. Spektra IR dari minyak atsiri kayu manis disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Spektra Inframerah Sinamaldehyda

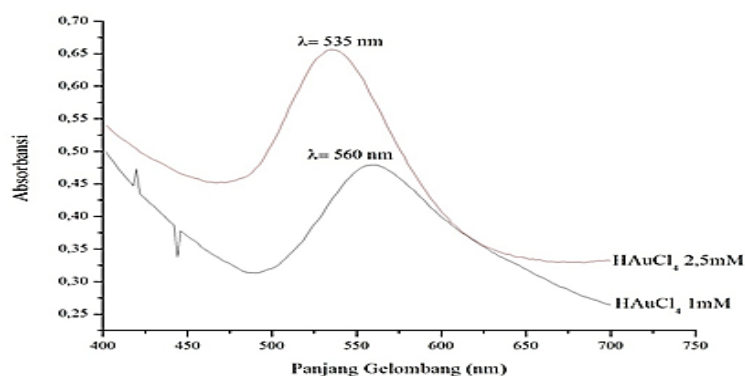
Berdasarkan dari Gambar 4 Spektra IR sinamaldehyda mempunyai pita serapan pada daerah bilangan gelombang 1676,91 cm⁻¹ yang merupakan gugus -C=O karbonil. Menurunnya harga frekuensi vibrasi rentangan harga normal yaitu 1700 cm⁻¹ karena gugus karbonil tersebut terkonjugasi dengan ikatan rangkap

(Basit *et al.*, 2012). Adanya ikatan $\text{C}=\text{C}$ ditunjukkan dengan pita serapan pada $1626,85\text{ cm}^{-1}$ yang diperkuat dengan adanya pita serapan dekat $3030,62\text{ cm}^{-1}$ hasil serapan C-H sp^2 . Adanya cincin aromatis $\text{C}=\text{C}$ ditunjukkan dengan serapan pada $1577,12\text{ cm}^{-1}$ dan $1451,01\text{ cm}^{-1}$. Gugus $\text{O}=\text{C-H}$ aldehida ditunjukkan pita serapan pada daerah $2820,1\text{ cm}^{-1}$ dan $2743,54\text{ cm}^{-1}$. Data hasil analisis spektra IR Sinamaldehida ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis spektra IR sinamaldehida

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})
	Sinamaldehida
$\text{C}=\text{C}$ Aromatis	$1451,01\text{ cm}^{-1}$, $1577,12\text{ cm}^{-1}$, dan $1626,85\text{ cm}^{-1}$
$\text{C}=\text{O}$ Karbonil	$1676,91\text{ cm}^{-1}$
C-H Aldehyd	$2820,1\text{ cm}^{-1}$ dan $2743,54\text{ cm}^{-1}$
C-H sp^2	$3030,62\text{ cm}^{-1}$

Analisis nanopartikel emas menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum dan absorbansi. Pengukuran panjang gelombang maksimum dilakukan pada larutan HAuCl_4 oleh senyawa sinamaldehida dengan perbandingan massa 125:1. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 400-800 nm. Data hasil karakterisasi spektrofotometer UV-Vis disajikan pada Gambar 5.

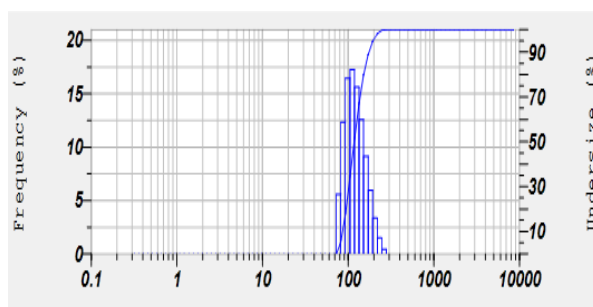


Gambar 5. Spektrum UV-Vis nanopartikel emas dengan konsentrasi HAuCl_4 1 mM dan 2,5 mM

Dari hasil Gambar 5 menunjukkan nilai λ_{maks} terkecil pada konsentrasi HAuCl_4 2,5 mM memiliki panjang gelombang 535 nm sedangkan nilai λ_{maks} terbesar pada konsentrasi HAuCl_4 1 mM λ_{maks} yang memiliki panjang gelombang 560 nm. Terbentuknya nanopartikel emas tidak hanya dilihat dari perubahan warna larutan tetapi hasil dari serapan maksimum pada spektrofotometer UV-Vis.

Menurut Taufikurrohman *et al.* (2012), terbentuknya nanopartikel emas tidak hanya ditandai dengan perubahan warna larutan, namun juga dengan munculnya panjang gelombang maksimum pada kisaran 500-600 nm. Penambahan volume bioreduktor yang semakin besar menyebabkan semakin banyak pula ion Au^{3+} yang tereduksi menjadi Au^0 . Hal tersebut disebabkan oleh tumbukan partikel antara bioreduktor dan ion Au^{3+} yang semakin sering terjadi. Nilai absorbansi paling tinggi yaitu 0,579. Menurut Solomon *et al.* (2007), nilai absorbansi memiliki korelasi dengan jumlah nanopartikel yang terbentuk dalam larutan dimana semakin besar nilai absorbansi maka jumlah partikel yang terbentuk lebih banyak hal ini dikarenakan jumlah sinar yang diabsorpsi oleh nanopartikel lebih banyak daripada yang ditransmisikan.

Analisis nanopartikel emas menggunakan PSA dilakukan untuk mengetahui untuk mengetahui distribusi ukuran dan keseragaman partikel. Pengukuran distribusi ukuran dan keseragaman partikel dilakukan pada larutan HAuCl_4 oleh senyawa sinamaldehida dengan konsentrasi HAuCl_4 1 mM. Data hasil karakterisasi PSA disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Analisis PSA Nanopartikel Emas dengan Bioreduktor

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan instrumen PSA dihasilkan ukuran yang jauh dari rentang nano dimana ukuran dikatakan nanometer apabila ukuran kisaran 0-100 nm. Hasil pengukuran dengan PSA memperlihatkan bahwa ukuran nanopartikel hasil sintesis dengan konsentrasi HAuCl_4 1 mM adalah 140,5 nm. Menurut Silekaite *et al.* (2005), ukuran nanopartikel yang cenderung lebih besar pada penelitian ini kemungkinan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain temperatur larutan, agen pereduksi, konsentrasi garam serta waktu reaksi.

Hasil pengukuran menggunakan instrumen PSA, pada konsentrasi HAuCl_4 1 mM adapun ukuran nilai PI (*Polydispersity Index*) sebesar 0,315 yang mengindikasikan keheterogenan ukuran partikel. Menurut (Matutu, 2015) semakin kecil nilai PI maka distribusi ukuran partikel semakin baik hal ini dikarenakan nilai PI memperlihatkan distribusi ukuran nanopartikel yang terdispersi pada nanopartikel emas.

Simpulan

Kadar senyawa sinamaldehida dari hasil isolasi minyak atsiri kayu manis dengan destilasi uap air sebesar 49,61%. Hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis, menunjukkan bahwa λ_{maks} yang didapatkan dari nanopartikel hasil sintesis menggunakan bioreduktor senyawa sinamaldehyd dari isolasi minyak atsiri kayu manis adalah 560 nm. Koloid nanopartikel emas yang didapatkan 140 nm adapun ukuran nilai PI (*Polydispersity Index*) sebesar 0,315 yang mengindikasikan keheterogenan ukuran partikel. Hasil analisis menggunakan PSA (*Particle Size Analyze*) menunjukkan ukuran nanopartikel emas lebih dari ukuran nanopartikel pada umumnya yakni 10-100 nm.

Daftar Pustaka

- Abdullah, M. & Khaerurrijal. 2010. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, 2(1): 1-9
- Ansari. 2014. Natrium Sitrat: Fungsinya tak sekadar pengatur keasaman pada makanan (<http://wawasanilmukimia.wordpress.com/2014/03/14/natrium-sitrat-fungsinya-tak-sekadar-pengatur-keasaman-pada-makanan/> diakses pada 18 Desember 2016)
- Burke, J.P. 2004. Self-Assembled Gold Nanowires from Nanoparticles: An Electronic Route Towards DNA Nanosensors. Department of Electrical Engineering and Computer Science University of California. *Proceedings of SPIE*, 5515: 117-124
- Chandra, P. 2010. Gold Nanoparticles In Molecular Diagnostics and Therapeutics Digest. *Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 5(2): 363–367
- Chou, K.S. & L. Yu. 2008. *High-Concentration Nanoscale Silver Colloidal Solution and Preparing Process Thereof*. US: Patent Application Publication
- Elumalai, E.K., T.N.K.V. Prasad, P.C. Nagajyothi & E. David. 2011. A Bird's eye view on Biogenic Silver nanoparticles and Their Application. *Pelagia Research Library*, 2(2): 88-97
- Guenther, E. 2006. *Minyak Atsiri*. Jilid 1. Jakarta: UI Press
- Handayani, W., C.B. Imawan., & Purbaningsih, S. 2010. *Potensi Ekstrak Beberapa Jenis Tumbuhan sebagai Agen Pereduksi untuk Biosintesis Nanopartikel Perak*. Seminar Nasional Biologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Hariana, A. 2007. *Tumbuhan Obat dan Khasiat Seri 2*. Cetakan 5. Jakarta: Penebar Swadaya
- Kundu, S., Sujit, K., Madhuri, M., & Tarasankar. 2002. Silver and Gold Nanocluster Catalyzed Reduction and Methylene Blue by Arsine in a Micellar Medium. *Langmuir*, 18: 8756-8760

- Kurniawan, F. 2006. Gold Nanoparticles in Nonenzymatic Electrochemical Detection of Sugars. *Electroanalysis*, 18(19-20): 1937–1942
- Musafiroh, E. & Sri, H. 2012. Uji Aktivitas Peredaman Radikal Bebas Nanopartikel Emas dengan Berbagai Konsentrasi sebagai Material Antiaging dalam Kosmetik. *Journal of Chemistry*, 2(2)
- Prasad, S.B. 2013. Current Understanding of Synthesis and Pharmacological Aspects of Silver Nanoparticles. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 1(7): 536-547
- Ravindran, P.N., Nirmal, B.K. & M. Shylaja. 2004. *Cinnamon and Cassia the Genus Cinnamomum: Medicinal and Aromatic Plants—Industrial Profiles*. CRC Press: Washington DC USA
- Sathishkumar, M., Sneha, K., Won, S., Cho, C.W., Kim, S., Yun, Y.S. 2009. Cinnamon zeyanicum Bark Extract and Powder Mediated Green Synthesis of Nanoparticles and Its Bactericidal Activity. *Journal of Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 73: 332-338
- Silekaite, A.P, Igoris, P., Judita, J., Agimantas, G.A. 2006. Analysis of Silver Nanoparticles Produced by Chemical Reduction of Silver Salt Solution. *Journal Material Science*, 12(4): 1320-1392
- Solomon, S.D., M. Bahadory, A.V. Jeyarajasingam, S.A. Rutkowsky, C. Boritz. 2007. Synthesis and Study of Silver Nanoparticles. *Journal of Chemical Education*, 84(2):322-325
- Song, J.Y., Jang, H.K., Kim, B.S. 2009. Biological Synthesis of Gold Nanoparticle Composites using *Magnolia kobus* and Diopyros kaki Leaf Extract. *Process Biochemistry*, 44: 1133-1138
- Srivastava, N. dan M. Mukhopadhyay. 2013. *Biosynthesis and and Characterization of Gold Nanoparticles Using Zooglea ramigera and Assessment of Its Antibacterial Property*. New York: Springer Science Media
- Taufikurohmah, T., I.G.M. Sanjaya, Afaf, B., & Achmad, S. 2012. Activity Test of Nanogold for Reduction of Free Radicals a Pre-Assement Utilization Nanogold in Pharmaceutical as Medicines and Cosmetics. *Journal of Materials Science and Engineering*, 2(12): 611-617
- Wang, Y. 2009. Barbated Skullcup Herb Extract-Mediated Biosynthesis of Gold Nanoparticles and Its Primary Application in Electrochemistry. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 73: 75–79