

EKSTRAK BUNGA TAPAK KUDA (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) SEBAGAI MEDIUM SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS

Aswin Falahudin¹, Salprima Yudha S¹, Irfan Gustian¹, Morina Adfa¹,
Charles Banon¹, Teja Dwi Sutanto¹

¹⁾ Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu
Jalan W.R. Supratman, Kandang Limun, Kota Bengkulu, Indonesia

E-mail: salprima@unib.ac.id, sp.yudha.s@gmail.com

26 Desember 2019; 20 Januari 2020; 19 Maret 2020

ABSTRAK

EKSTRAK BUNGA TAPAK KUDA (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) SEBAGAI MEDIUM SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS. Pada penelitian ini, nanopartikel emas disiapkan melalui pendekatan *green synthesis* menggunakan ekstrak air bunga tapak kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet). Nanopartikel emas yang dihasilkan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis, Mikroskop Leica, *Particle Size Analyzer* (PSA), Spektrofotometer *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *X-ray Diffractometer* (XRD). Hasil pengukuran PSA menunjukkan ukuran partikel terbaik, diperoleh dengan menggunakan perbandingan volume 1 mL larutan HAuCl₄ dengan 9 mL ekstrak yang menghasilkan partikel dengan ukuran rata-rata 16,3 nm. Hasil penampakan dengan mikroskop cahaya, memperlihatkan partikel berbentuk bulat. Pergeseran bilangan gelombang pada spektrum infra-merah menunjukkan adanya interaksi antara metabolit sekunder dari ekstrak dengan material emas. Analisis XRD menunjukkan bahwa nanopartikel emas telah dapat dihasilkan dari kondisi reaksi ini.

Kata kunci : Nanopartikel emas, *Ipomoea pescaprae* (L) Sweet, Sintesis

ABSTRACT

TAPAK KUDA (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) FLOWERS EXTRACT AS A MEDIUM FOR SYNTHESIZING GOLD NANOPARTICLES. In this study, gold nanoparticles were prepared via a green synthesis approach using Tapak Kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) flowers extract. The resulting gold nanoparticles were analyzed using UV-Vis spectrophotometer, optical (?) microscope, particle size analyzer (PSA), Fourier Transform ... (FTIR) and X-ray ... (XRD). PSA measurement results showed that the best particle size was obtained by using a volume ratio of 1 mL HAuCl₄ solution with 9 mL extract, which produced nanoparticles with an average size of 16.3 nm. The results of the optical microscope analysis showed that the obtained particles were in spherical form. The wave numbers shift in the infra-red spectrum indicated an interaction between secondary metabolites from the flowers extract with gold material. XRD analysis shows that the gold nanoparticles were obtained under current condition.

Key words : Gold nanoparticles, *Ipomoea pescaprae* L. Sweet, Synthesis

PENDAHULUAN

Pendekatan sintesis nanopartikel emas (AuNPs) telah banyak berkembang dalam satu dekade ini seperti menggunakan metode kombinasi *Chemical reduction* dan *Photo-irradiation process* (Niidome et al., 2003), *Solvothermal* (Ahmad et al., 2013) dan *Gamma radiation* (Misra et al., 2012). Penggunaan material ramah lingkungan menjadi salah satu alternatif pilihan dalam membuat nanopartikel, selain itu proses yang relatif simpel serta biaya produksi rendah menjadi alasan sehingga metode ini banyak dipilih (Shankar et al., 2004). Beberapa laporan terkini tentang keberhasilan sintesis nanopartikel emas (AuNPs) dengan metode *green synthesis* seperti menggunakan ekstrak alga coklat jenis *Stoechospermum*

marginatum (Rajathi et al. 2012), kulit buah *Lansium domesticum* (Shankar et al., 2014), ekstrak daun *Mentha piperita* (Mubarakali et al., 2011), *Salmalia malabarica* gum (Ganapuram et al., 2015), ekstrak bunga *Plumeria alba* (Mata, Bhaskaran, dan Sadras 2015), dan ekstrak daun *Parkia roxburghii* (Paul et al., 2016). Seperti yang dilaporkan bahwa penggunaan ekstrak tanaman seperti *Mimusops elengi* sebagai bioreduktor dapat mereduksi Au (III) menjadi Au (0), adanya komponen *polyphenolic* dalam ekstrak, diketahui berperan sebagai agen penstabil pada permukaan AuNPs dan akan menghambat agregasi lebih lanjut (Majumdar, Bag, dan Ghosh, 2016). Ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, bahwa adanya senyawa metabolit sekunder

seperti *triterpenoids*, *flavonoids* dan *phenolic* pada ekstrak *Lantana Camara* bertindak sebagai agen pereduksi pada ion *chloroaurate* menjadi AuNPs (Dash, Bag, dan Hota, 2015).

Sejalan dengan kajian tersebut, penelitian ini mengkaji tentang pemanfaatan bunga dari tumbuhan tapak kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) sebagai medium sekaligus agen yang dapat mereduksi ion emas menjadi nanopartikel emas di dalam larutan. Dalam aplikasinya, nanopartikel emas (AuNPs) telah diketahui mampu untuk mendegradasi zat warna (Ganapuram *et al.*, 2015). Seperti yang dilaporkan, bahwa nanopartikel emas telah berhasil digunakan dalam mendegradasi pewarna seperti, zat warna *metylene blue* (MB) (Suvith dan Philip, 2014), *Congo red* (Ganapuram *et al.*, 2015), *Rhodamine B* (Paul *et al.*, 2016) dan *Methyl red* (Mata, Bhaskaran, dan Sadras 2015). Pada proses degradasi zat warna, nanopartikel emas bertindak sebagai *electron transfer*, AuNPs akan membantu proses pelepasan elektron dari ion BH_4^- (donor) ke *dyes* (akseptor). Ion BH_4^- yang merupakan *nucleophilic* dan *dyes* merupakan *elektrophilic*, selanjutnya AuNPs akan menerima elektron dari BH_4^- dan akan mengirimkan ke *dyes* (MB) (Cheval *et al.*, 2012)

Tumbuhan tapak kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) merupakan jenis tumbuhan herbal, dengan bentuk batang yang menjalar dengan warna hijau kecoklatan, daun berbentuk bulat telur dan memiliki bunga berwarna ungu kemerahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Berikut merupakan klasifikasi dari tanaman tapak kuda :

Regnum : *Plantae*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Classis : *Magnoliopsida*
 Ordo : *Solanales*
 Familia : *Convolvulaceae*
 Species : *Ipomoea pescaprae* L. Sweet

(Alfaida, Suleman dan Nurdin., 2013).



Gambar 1. Bunga tapak kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet).

Berdasarkan kajian analisis terhadap daun tapak kuda (*Ipomea pescapra* L. Sweet) bahwa daun tapak kuda memiliki kandungan metabolit

sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin dan steroid (Ali, Yamlean, dan Kojong. 2015). Penelitian sebelumnya menunjukkan, metabolit sekunder memiliki peran sebagai bioreduktor. Prosesnya diawali dengan adanya interaksi antara ion logam dan metabolit sekunder, yang akan mereduksi ion logam dan menjadi agen penstabil. Hasil kompleks dari ion logam dan interaksi antara kompleks yang sama akan membentuk nanopartikel logam yang kecil (Makarov *et al.*, 2014). Informasi terkini menunjukkan bahwa pemanfaatan tumbuhan ini baru terbatas pada pemanfaatan ekstrak daun tapak kuda untuk mensintesis nanopartikel perak (AgNPs) (Arulmoorthy *et al.*(2015). Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pemanfaatan bagian lain dari tumbuhan tersebut, yaitu pada penggunaan ekstrak bunganya sebagai medium sintesis nanopartikel emas dan karakterisasinya.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Chloroauric acid (Sigma Aldrich) digunakan sebagai prekursor dalam pembuatan nanopartikel emas. Aqua demineralisasi, bunga tapak kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) yang tumbuh liar di Pantai Panjang Kota Bengkulu, Indonesia. Spektrofotometer UV-Vis Agilent Cary 60 digunakan untuk mengukur absorbansi larutan. FTIR dan XRD digunakan untuk analisis gugus fungsional dan kristalinitas dari nanopartikel emas yang dihasilkan.

Metode

Bunga tapak kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet) segar dibersihkan dari pengotor dan dilakukan pencucian menggunakan akuades. Proses ekstraksi senyawa yang larut dalam air mengikuti prosedur yang telah dilaporkan dengan sedikit modifikasi penambahan waktu yang digunakan untuk proses ekstraksi sampel (Mubarakali *et al.* 2011). Sebanyak 10 gram bunga segar, dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 100 mL aqua demineralisasi, dan campuran dipanaskan pada suhu 60 °C selama 15 menit sambil diaduk menggunakan magnetik *stirrer*. Setelah didinginkan pada suhu kamar, campuran disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1 untuk memisahkan filtrat dan residu yang tidak digunakan. Filtrat disimpan di dalam *freezer* untuk digunakan selanjutnya.

Sintesis nanopartikel emas mengacu pada penelitian sebelumnya oleh Suvith dan Philip .(2014), dengan sedikit modifikasi. Masing-masing sebanyak 4 mL dan 9 mL ekstrak dimasukkan ke dalam botol sampel, selanjutnya tambahkan larutan $HAuCl_4$ (0,01 M) secara perlahan pada tiap larutan ekstrak, sambil diaduk menggunakan *stirrer* pada suhu ruang. Proses terbentuknya nanopartikel emas diamati dengan

spektrofotometer UV-Vis (400 nm - 800 nm). Karakterisasi pendukung dilakukan menggunakan Mikroskop Leica, *Particle Size Analyzer* (PSA), Spektroskopi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *X-ray Diffractometry* (XRD).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak bunga tapak kuda

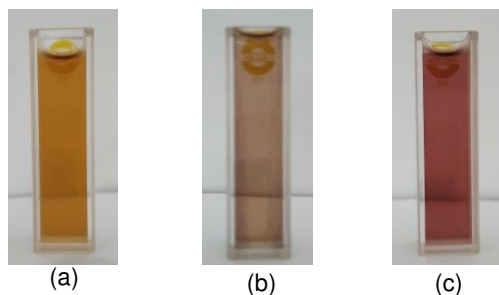
Sintesis nanopartikel emas (AuNPs) dengan menggunakan pendekatan konsep *green synthesis*, telah dilakukan dengan memanfaatkan ekstrak air bunga tapak kuda (*Ipomoea pescaprae* L. Sweet). yang diperoleh dari Pantai Panjang Kota Bengkulu, berwarna coklat kemerahan.

Sintesis nanopartikel emas (AuNPs) dilakukan dengan 2 (dua) variasi perbandingan volume larutan antara ekstrak dan larutan HAuCl₄. Seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan volume larutan sintesis nanopartikel emas

Kode sampel	Ekstrak bunga tapak kuda (mL)	Larutan HAuCl ₄ (mL)
Au-1	4	1
Au-2	9	1

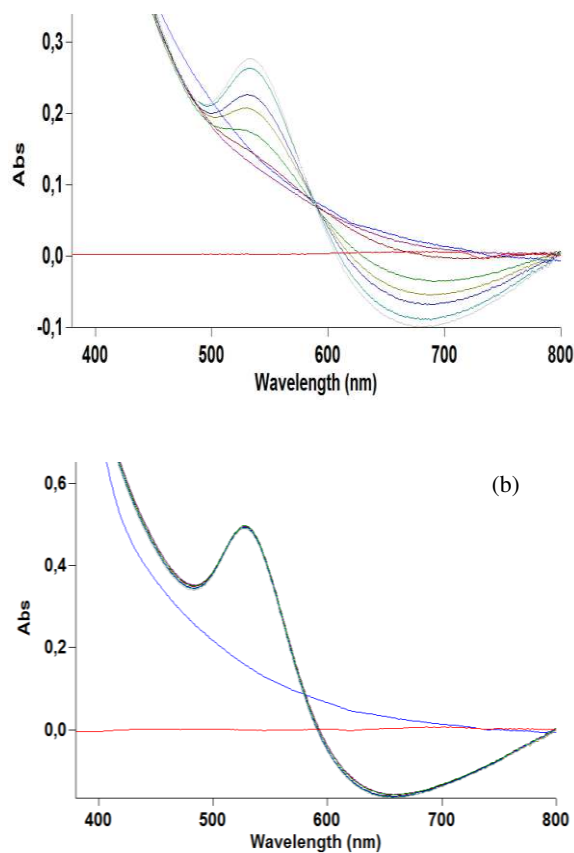
Proses sintesis nanopartikel emas dilakukan pada temperatur ruang. Perubahan warna larutan terjadi secara perlahan ketika ekstrak *Ipomoea pescaprae* L. Sweet (Gambar 2a) yang ditambah larutan HAuCl₄ setelah beberapa saat, dari warna coklat menjadi warna ungu (Gambar 2b dan 2c). Perubahan warna ini menjadi salah satu indikasi awal mulai terbentuknya nanopartikel emas di dalam campuran reaksi (Mubarakali *et al.*, 2011). Perubahan warna pada larutan terjadi karena adanya perubahan sifat osilasi dari interaksi medan elektromagnetik pada nanopartikel logam, yang dikenal dengan *Surface Plasmon Resonance* (SPR) (Noruzi *et al.*, 2011).



Gambar 2. Perubahan warna pada proses sintesis nanopartikel emas (a) ekstrak, (b) Au-1 dan (c) Au-2.

Analisis *Surface Plasmon Resonance* (SPR) nanopartikel emas menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

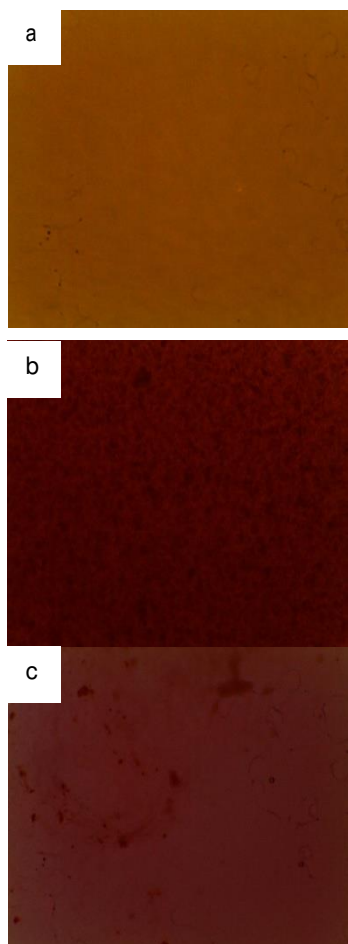
Proses reduksi ion emas menjadi nanopartikel emas (AuNPs) oleh ekstrak bunga tapak kuda dapat diamati menggunakan spektrofotometer UV-Vis seperti ditunjukkan di dalam Gambar 3. Hasil analisis spektrofotometri UV-Vis terhadap larutan AuNPs pada Gambar 3 menunjukkan adanya puncak maksimum pada panjang gelombang 534 nm untuk Au-1 (Gambar 3a). Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Singh *et al.*, 2015) dan 528 nm untuk Au-2 (Gambar 3b) yang sejalan dengan penelitian sebelumnya menggunakan ekstrak *Trichoderma* sp. (Mishra *et al.*, 2014). Berdasarkan spektrum tersebut juga tampak terjadi peningkatan absorbansi larutan seiring dengan lamanya proses sintesis koloid emas nanopartikel. Selain itu, terlihat adanya pengaruh volume ekstrak bunga tapak kuda terhadap puncak gelombang maksimum dari nanopartikel emas yang dihasilkan. Terlihat adanya pergeseran panjang gelombang yang ke arah lebih pendek seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak bunga tapak kuda yang digunakan (Mata, Bhaskaran, dan Sadras, 2015).



Gambar 3. (a) Au-1 waktu sintesis 30 menit hingga 60 menit, dan (b) Au-2 waktu sintesis 30 menit hingga 60 menit.

Analisis morfologi dan ukuran nanopartikel emas (AuNPs).

Hasil pembacaan morfologi nanopartikel emas (AuNPs) menggunakan mikroskop optik Leica dengan perbesaran 35x ditampilkan pada Gambar 4. Gambar 4(a), merupakan pencitraan yang ditangkap oleh mikroskop Leica, terlihat warna larutan ekstrak berwarna coklat dan tidak terlihat adanya partikel. Larutan nanopartikel emas Au-1 dan Au-2 memperlihatkan warna yang berbeda dengan ekstrak, yakni berwarna ungu yang masing-masing ditunjukkan oleh Gambar 4(b) dan 4(c). Pada Gambar 4b menunjukkan banyak butiran *spherical* dari larutan Au-1, sedangkan Gambar 4(c) terlihat hanya sedikit butiran AuNPs yang dapat teramati pada perbesaran 35x tersebut. Hal ini dapat digunakan sebagai penanda awal bahwa ukuran nanopartikel emas yang dihasilkan dari larutan Au-2 lebih kecil dibanding dengan larutan Au-1, karena partikel-partikel tersebut tidak dapat diamati oleh mikroskop cahaya tersebut, sehingga membutuhkan analisis menggunakan mikroskop elektron.



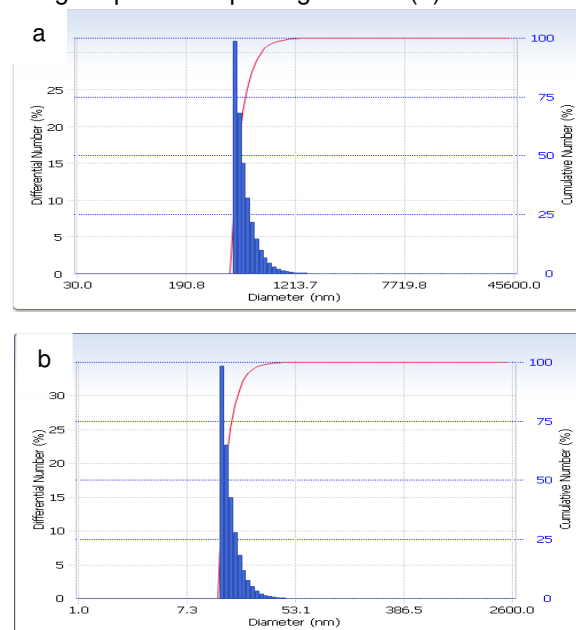
Gambar 4. Morfologi permukaan dari (a) ekstrak bunga tapak kuda, (b) Au-1, dan (c) Au-2.

Indikasi awal ini didukung oleh analisis ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer*

(PSA) terhadap larutan Au-1 dan Au-2 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Gambar 5(a) menunjukkan hasil analisis PSA untuk larutan Au-1, dari data tersebut distribusi rata-rata ukuran partikel yakni 513,6 nm. Sedangkan distribusi rata-rata ukuran partikel untuk larutan Au-2 yakni 16,3 nm (Gambar 5(b)).

Analisis gugus fungsi berbasis Spektrofotometri FTIR

Analisis gugus fungsi yang terdapat di dalam ekstrak bunga tapak kuda, didahului dengan penguapan pelarut air dari ekstrak dengan cara pemanasan pada suhu 60 °C dan padatan yang diperoleh dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR. Hal yang sama dilakukan terhadap larutan Au-1 dan Au-2. Hasil analisis ditunjukkan pada dalam Gambar 6. Hasil analisis dari Au-1 dan Au-2 seperti pada Gambar 6(b) dibandingkan dengan padatan ekstrak murni bunga tapak kuda pada gambar 6(a).

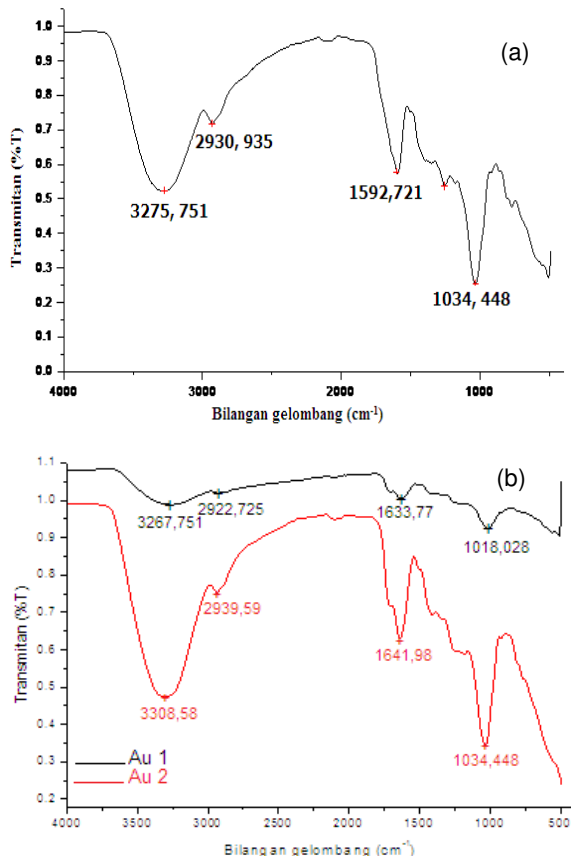


Gambar 5. Ukuran rata-rata distribusi partikel dari larutan (a) Au-1 dan (b) Au-2.

Pada Gambar 6(a), terlihat adanya vibrasi ulur melebar menunjukkan gugus hidroksil pada 3275 cm^{-1} (Arulmoorthy *et al.*, 2015), vibrasi ulur dari C-H pada 2930 cm^{-1} (Daisy dan Saipriya 2012). Puncak vibrasi pada daerah 1592 cm^{-1} dan 1034 cm^{-1} masing-masing vibrasi dari C=C aromatis (Noruzi *et al.*, 2011) dan C-O dari hidroksil grup (C-OH) (Maity, Sen, dan Islam, 2012).

Pada gambar 6(b), menunjukkan adanya pergeseran kecil pada bilangan gelombang untuk sampel Au-1 yakni 3267 cm^{-1} , 2922 cm^{-1} , 1633 cm^{-1} , dan 1018 cm^{-1} . Sedangkan pada sampel Au-2 yakni 3308 cm^{-1} , 2939 cm^{-1} , 1641 cm^{-1} , dan 1034 cm^{-1} . Adanya puncak serapan cukup kuat

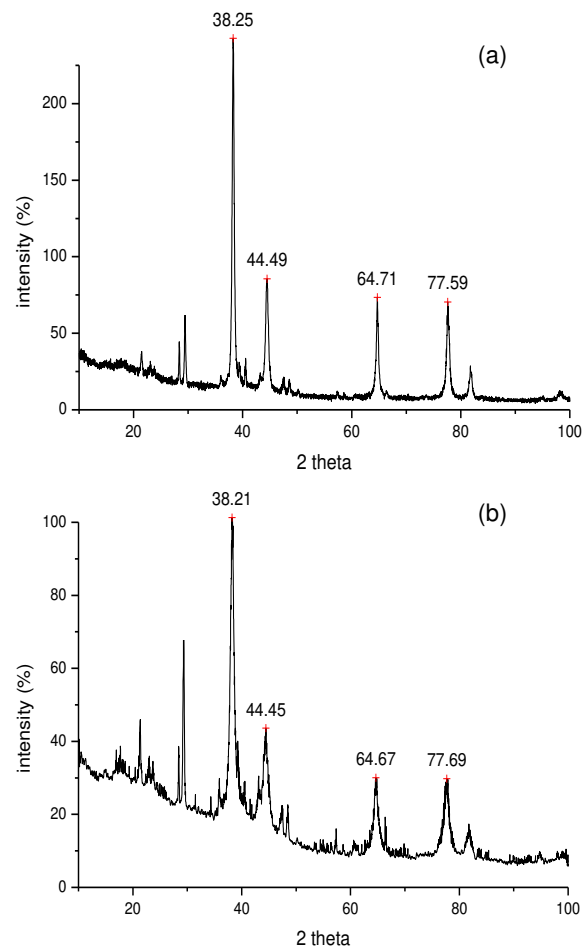
pada 3267 cm^{-1} , 1633 cm^{-1} pada Au-1 dan 3308 cm^{-1} dan 1641 cm^{-1} pada Au-2 diindikasikan sebagai serapan dari air yang masih ada pada ekstrak sampel. Terjadinya pergeseran kecil bilangan gelombang serapan vibrasi ini diprediksi karena adanya ikatan koordinasi antara metabolit sekunder dengan permukaan nanopartikel emas (Shankar *et al.*, 2004).



Gambar 6. Spektrum FTIR (a) Ekstrak bunga tapak kuda dan (b) nanopartikel emas Au-1, dan Au-2

Analisis fasa kristalin nanopartikel emas.

Analisis XRD dilakukan untuk mengidentifikasi fasa dari serbuk nanopartikel hasil sintesis yang telah diperoleh melalui pengeringan larutan reaksi Au-1 dan Au-2 pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hasil analisis ditunjukkan di dalam Gambar 7. Gambar 7(a) adalah difraktogram Au-1 terdapat puncak difraksi pada 2θ yakni pada sudut $38,25^{\circ}$; $44,49^{\circ}$; $64,71^{\circ}$ dan $77,59^{\circ}$. Tidak jauh berbeda dengan Au-1, untuk Au-2 seperti yang tampak pada Gambar 7(b) menunjukkan pola difraksi yang hampir sama yang ditunjukkan hasil pola difraksi pada 2θ $38,21^{\circ}$; $44,45^{\circ}$; $64,67^{\circ}$ dan $77,69^{\circ}$. Hasil ini mengindikasikan kesesuaian dengan laporan penelitian yang telah mensintesis nanopartikel menggunakan ekstrak bunga *Plumeria alba* (Mata, Bhaskaran, dan Sadras, 2015).



Gambar 7. Pola XRD nanopartikel emas (a) Au-1, dan (b) Au-2

KESIMPULAN

Nanopartikel emas telah berhasil disintesis dengan menggunakan media ekstrak bunga tapak kuda, sebagai bioreduktor sekaligus sebagai *capping agent*. Nanopartikel emas yang dihasilkan dari kondisi reaksi ini memiliki rata-rata ukuran partikel sebesar $16,3\text{ nm}$ dan serapan maksimum pada analisis spektrofotometri UV-Vis pada 528 nm . Hasil analisis menggunakan FTIR menunjukkan pergeseran bilangan gelombang pada sampel yang mengandung nanopartikel emas, mengindikasikan adanya interaksi antara metabolit sekunder dengan dalam ukuran nano. Ukuran nanopartikel emas yang dihasilkan dengan kondisi terbaik adalah $16,3\text{ nm}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM), Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia (KEMENRISTEKDIKT) atas pendanaan penelitian ini pada Program Hibah Tim Pascasarjana 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, T., I.A. Wani, I.H. Lone, A.Ganguly, N. Manzoor, A. Ahmad, J. Ahmed, dan A.S. Al-shihri. 2013. "Antifungal activity of gold nanoparticles prepared by solvothermal method." *Materials Research Bulletin*, 48: 12–20. doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.materresbull.2012.09.069>
- Alfaida., S.M. Suleman, dan H.M. Nurdin. 2013. "Jenis-Jenis Tumbuhan Pantai di Desa Pelawa Baru Kecamatan Parigi Tengah Kabupaten Parigi Moutong dan Pemanfaatannya sebagai Buku Saku." *e-Jipbiol*, 1: 19–32.
- Ali, N.W., P.V.Y. Yamelean, dan N.S. Kojong. 2015. "Pengaruh perbedaan tipe basis terhadap sifat fisik sediaan salep ekstrak etanol daun tapak kuda (*Ipomoea pes-caprae* (L) Sweet)." *Pharmakon Jurnal Ilmiah Farmasi*, 4 : 110–16.
- Arulmoorthy, M.P., S. Vasudevan, R. Vignesh, A.C. Rathiesh, dan M. Srinivasan. 2015. "Green synthesis of silver nanoparticle using Medicinal sand dune plant *Ipomoea pes-caprae* leaf extract." *International Journal of Science Inventions Today*, 4 : 384–92.
- Cheval, N., N. Gindy, C. Flowkes, dan A. Fahmi. 2012. "Polyamide 66 microspheres metallised with in situ synthesised gold nanoparticles for a catalytic application." *Nanoscale Research Letters*, 7 : 1–9.
- Daisy, P., dan K. Saipriya. 2012. "Biochemical analysis of *Cassia fistula* aqueous extract and phytochemically synthesized gold nanoparticles as hypoglycemic treatment for diabetes mellitus." *International Journal of Nanomedicine*, 7: 1189–1202.
- Dash, S.S., B.G. Bag, dan P. Hota. 2015. "*Lantana camara* Linn leaf extract mediated green synthesis of gold nanoparticles and study of its catalytic activity." *Applied Nanoscience*, 5: 343–50. doi:10.1007/s13204-014-0323-4.
- Ganapuram, B.R., M. Alle, R. Dadigala, A. Dasari, V. Maragoni, dan V. Guttena. 2015. "Catalytic reduction of methylene blue and Congo red dyes using green synthesized gold nanoparticles capped by salmalia malabarica gum." *International Nano Letter*, 5 : 215-222. doi:10.1007/s40089-015-0158-3.
- Maity, S., I.P. Sen, dan S.S. Islam. 2012. "Green synthesis of gold nanoparticles using gum polysaccharide of *Cochlospermum religiosum* (katira gum) and study of catalytic activity." *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 4 : 130–34. doi:10.1016/j.physe.2012.07.020.
- Majumdar, R., B.G. Bag, dan P. Gosh. 2016. "*Mimusops elengi* bark extract mediated green synthesis of gold nanoparticles and study of its catalytic activity." *Applied Nanoscience*, 6 : 521–528. doi:10.1007/s13204-015-0454-2.
- Makarov, V.V., A.J. Love, O.V. Sinityna, S.S. Makarova, I.V. Yaminsky, M.E. Tiliansky, dan N.O. Kalinina. 2014. "Green Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants." *Acta nature*, 6 : 35–44.
- Mata, R., A. Bhaskaran, dan S.R. Sadras. 2015. "Green-synthesized gold nanoparticles from *Plumeria alba* flower extract to augment catalytic degradation of organic dyes and inhibit bacterial growth." *Particuology*. Chinese Society of Particuology, 1–9. doi:10.1016/j.partic.2014.12.014.
- Mishra, A., M. Kumari, S. Pandey, V. Chaudry, K.C. Gupta, dan C.S. Nautiyal. 2014. "Biocatalytic and antimicrobial activities of gold nanoparticles synthesized by *Trichoderma* sp ." *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 1–26. doi:10.1016/j.biortech.2014.04.085.
- Misra, N., J. Biswal, A. Gupta, J.K. Sainis dan S. Sabharwal. 2012. "Gamma radiation induced synthesis of gold nanoparticles in aqueous polyvinyl pyrrolidone solution and its application for hydrogen peroxide estimation." *Radiation Physics and Chemistry*, 81 : 195–200. doi:10.1016/j.radphyschem.2011.10.014.
- Mubarakali, D., N. Thajuddin, K. Jeganathan, dan M. Gunasekaran. 2011. "Plant extract mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and its antibacterial activity against clinically isolated pathogens." *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 85 : 360–65. doi:10.1016/j.colsurfb.2011.03.009.
- Niidome, Y., K. Nishioka, H. Kawasaki, dan S. Yamada. 2003. "Rapid synthesis of gold nanorods by the combination of chemical reduction and photoirradiation processes; morphological changes depending on the growing processes." *Chem. Commun*, 2376–2377.
- Noruzi, M., D. Zare, K. Khoshnevisan, dan D. Davoodi. 2011. "Rapid green synthesis of gold nanoparticles using *Rosa hybrida* petal extract at room temperature." *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 79 : 1461–65. doi:10.1016/j.saa.2011.05.001.
- Paul, B., B. Bhuyan, D.D Purkayastha, dan S.S. Dhar. 2016. "Photocatalytic and antibacterial activities of gold and silver nanoparticles synthesized using biomass of

- Parkia roxburghii* leaf." *Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology*, 154 : 1–7. doi:10.1016/j.jphotobiol.2015.11.004.
- Rajathi, F.A.A., C. Parthiban, V.G. Kumar, dan P. Anantharaman. 2012. "Biosynthesis of antibacterial gold nanoparticles using brown alga, *Stoechospermum marginatum* (Kützinger)." *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 99 : 166–73. doi:10.1016/j.saa.2012.08.081.
- Shankar, S., L. Jaiswal, R.S.L. Aparna, dan R.G.S.V. Prasad. 2014. "Synthesis, characterization, in vitro biocompatibility, and antimicrobial activity of gold, silver and gold silver alloy nanoparticles prepared from *Lansium domesticum* fruit peel extract." *Materials Letters*, 137: 75–78. doi:10.1016/j.matlet.2014.08.122.
- Shankar, S.S., A. Rai, A. Ahmad, dan M. Sastry. 2004. "Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core – Ag shell nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) leaf broth." *Journal of Colloids and Interface Science*, 275 : 496–502. doi:10.1016/j.jcis.2004.03.003.
- Singh, P., Y.J. Kim, C. Wang, R. Mathiyalagan, dan D.C. Yang. 2015. "The development of a green approach for the biosynthesis of silver and gold nanoparticles by using *Panax ginseng* root extract, and their biological applications." *Nanomedicine, and Biotechnology*, 1–8. doi:10.3109/21691401.2015.1011809.
- Suvith, V.S., dan D. Philip. 2014. "Catalytic degradation of methylene blue using biosynthesized gold and silver nanoparticles." *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 118 : 526–32. doi:10.1016/j.saa.2013.09.016.