

BIOSINTESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR BUAH ANDALIMAN (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.)

Gusti Ayu Dewi Lestari*, Kadek Duwi Cahyadi, Ni Ketut Esati

Program Studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Farmasi Mahaganesha, Jalan Tukad Barito No 57 Denpasar Bali, Indonesia

*lestaridewi87@gmail.com

ABSTRAK: Sintesis hijau nanopartikel emas (NPAu) yang dimediasi ekstrak tumbuhan saat ini mendapatkan minat besar di bidang nanoteknologi. Dalam penelitian ini, NPAu disintesis menggunakan ekstrak air buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). Pembentukan NPAu dikonfirmasi dengan mengamati perubahan warna larutan dari bening menjadi *cherry red*. Parameter yang dioptimasi pada penelitian ini adalah konsentrasi ekstrak air buah andaliman dan rasio campuran ekstrak air buah andaliman dengan larutan HAuCl₄. Nanopartikel emas dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDS dan PSA. Dari hasil karakterisasi, NPAu memiliki panjang gelombang maksimum 540-559 nm, morfologi NPAu berbentuk kristal bulat dimana komposisi tertinggi NPAu adalah emas sebesar 36,01% dan ukuran NPAu tersebut rata-rata di bawah 100 nm.

Kata kunci: Nanopartikel Emas; Andaliman; Sintesis Hijau; SEM-EDS

ABSTRACT: Plant extract-mediated green synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) is currently gaining great interest in the field of nanotechnology. In this study, AuNPs were synthesized using an aqueous extract of andaliman fruit (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). The formation of AuNPs was confirmed by observing the color change of the solution from clear to cherry red. The reaction parameters such as the concentration of andaliman fruit water extract and the ratio of the mixture of andaliman fruit water extract with HAuCl₄ solution were optimized for AuNPs biosynthesis. Gold nanoparticles were characterized using UV-Vis spectroscopy, SEM-EDS and particle size analyzer. From the characterization results, AuNPs have a maximum wavelength of 540-559 nm, the morphology of AuNPs is spherical crystals where the highest composition of these AuNPs is gold at 36.01% and the size of these AuNPs is below 100 nm on average.

Keywords: Gold Nanoparticles; Andaliman; Antioxidant; Green Synthesis, SEM-EDS

1. PENDAHULUAN

Nanopartikel logam, seperti nanopartikel emas (NPAu) dan nanopartikel perak (NPAg), telah mendapat banyak perhatian karena sifat katalitik, listrik, magnetik, dan optik yang ditunjukkan jika dibandingkan dengan bentuk ruahannya asing-masing [1]. Nanopartikel adalah partikel dispersi dengan ukuran 1-100 nm [2]. Saat ini banyak peneliti berlomba-lomba

mensintesis nanopartikel emas menggunakan metode ramah lingkungan seperti *green synthesis*. Nanopartikel emas memiliki potensi sebagai katalis, antikanker, antibakteri, biosensor dan antioksidan. Nanopartikel emas merupakan salah satu produk nanosains yang sedang dikembangkan dan memiliki banyak manfaat. Karakter *Surface Plasmon Resonance* (SPR) NPAu menjadi alasan mengapa nanomaterial penting dipelajari

dan direkayasa karena sangat bermanfaat dalam bidang kesehatan [3].

Nanopartikel emas dapat disintesis dengan metode fisika dan kimia [4]. Namun metode fisika maupun kimia memiliki kekurangan yaitu membutuhkan banyak waktu, tenaga, biaya dan tidak ramah lingkungan sehingga diperlukan metode baru untuk mengatasi kekurangan dari metode fisika dan kimia tersebut. Metode baru yang digunakan untuk mensintesis suatu logam menjadi ukuran nanopartikel adalah dengan menggunakan ekstrak tanaman (fitosintesis) [5]. Tumbuhan mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin yang mampu mereduksi ion logam menjadi atom logam kemudian menstabilkan atom logam menjadi nanopartikel logam [6]. Keuntungan menggunakan tanaman untuk mensintesis nanopartikel emas adalah metode yang sangat sederhana, hemat biaya, memanfaatkan sumber daya alam sekitar, tidak beracun sehingga cocok untuk aplikasi di bidang farmasi dan biomedis [7]. Penelusuran literatur yang telah dilakukan, belum ada laporan penggunaan ekstrak air buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) untuk mensintesis nanopartikel emas. Buah ini sangat khas di Sumatera Indonesia, khususnya di daerah Tapanuli. Buah andaliman mengandung senyawa terpenoid, polifenol, kuinon, minyak atsiri, flavonoid, alkaloid, alkaloid piranoguinolin, alkaloid isokuinolin kuartener, dan alkaloid aporfirin. Dalam beberapa penelitian, senyawa-senyawa tersebut mampu menghasilkan atau membentuk nanopartikel logam [8].

Tujuan dari penelitian ini adalah sintesis nanopartikel emas dengan menggunakan metode yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai bioreduktor. Pada penelitian ini NPAu disintesis secara bioreduksi menggunakan ekstrak air buah andaliman. Karakterisasi nanopartikel emas dilakukan dengan menggunakan beberapa instrumen, yaitu: spektrofotometer UV-Vis, *scanning*

electron microscopy energy dispersive X-Ray spectroscopy (SEM-EDS), dan *particle size analyzer* (PSA). Spektrofotometer UV-Vis dapat memantau pembentukan awal nanopartikel emas yaitu pembentukan nanopartikel emas pada panjang gelombang 500-600 nm. Resonansi plasmon permukaan atau SPR, adalah eksitasi kolektif elektron dalam pita konduksi di sekitar permukaan nanopartikel. Elektron bergetar menyesuaikan bentuk dan ukuran nanopartikel. Oleh karena itu nanopartikel logam menampilkan spektrum serapan optik yang khas pada daerah UV-Vis [9]. *Scanning electron microscopy energy dispersive X-Ray spectroscopy* (SEM-EDS) digunakan untuk melihat topografi, morfologi dan unsur penyusun nanopartikel emas sedangkan *particle size analyzer* (PSA) digunakan untuk mengetahui ukuran dan zeta potensial nanopartikel emas.

2. PERCOBAAN

2.1 Bahan dan Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, timbangan analitik, *magnetic stirrer*, spektrofotometer UV Vis (Genesys 10S UV-Vis), PSA (Malvern), SEM-EDS (JSM-6510LA) dan alat gelas lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah emas murni 99,9% (PT.Antam), HNO₃ 69%, HCl 37%, akuades, aqua demineralisata (PT. Brataco), buah andaliman.

2.2 Metode

Preparasi Ekstrak Air Buah Andaliman

Buah andaliman dikeringkan dan dihaluskan sampai diperoleh serbuk buah andaliman. Dua puluh gram serbuk dipanaskan dengan 100 mL aqua demineralisasi dalam gelas kimia 250 mL selama 15 menit pada suhu 60°C. Setelah dingin, disaring menggunakan kertas saring. Kemudian ekstrak air buah andaliman dibuat dalam 2 konsentrasi, 3% dan 5% dimana kedua konsentrasi ini

digunakan untuk sintesis nanopartikel emas.

Preparasi Larutan H_{AuCl}₄

Dibuat larutan H_{AuCl}₄ 1 mM dengan cara melarutkan 0,09848 gram emas dengan aquaregia (HCl: HNO₃ (3:1)) sebanyak 4 mL dengan pemanasan, kemudian ditambahkan aqua demineralisata hingga volume 500 mL dan homogenkan. Larutan H_{AuCl}₄ ini kemudian dibuat dalam konsentrasi 0,5 mM. Langkah selanjutnya, larutan H_{AuCl}₄ dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm.

Sintesis dan Karakterisasi NPAu

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampurkan larutan H_{AuCl}₄ 0,5 mM dengan ekstrak air buah andaliman dengan perbandingan 1:1 dan 2:1 (v/v). Perlakuan yang digunakan adalah memvariasikan konsentrasi ekstrak air buah andaliman yaitu 3% dan 5%. Campuran larutan dipanaskan pada suhu 80°C selama 20 menit. Sebagai indikator terbentuknya nanopartikel emas secara visual adalah adanya perubahan warna larutan menjadi *cherry red*. Karakterisasi NPAu dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, SEM-EDS dan PSA untuk memastikan sintesis nanopartikel emas telah berhasil dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Air Buah Andaliman

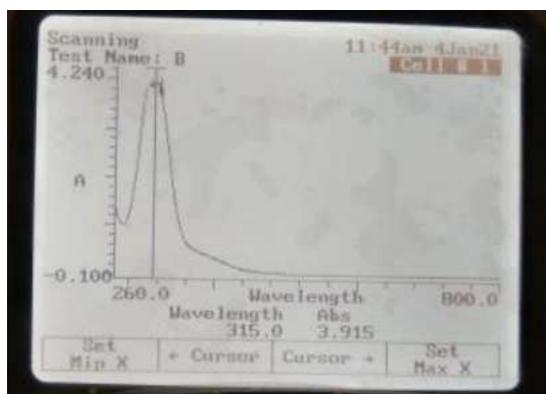
Persiapan sampel merupakan langkah awal dalam suatu penelitian yang menentukan keberhasilan penelitian. Sampel simplisia buah andaliman dideterminasi di LIPI Bedugul Bali dimana dari hasil penentuan tersebut terlihat bahwa simplisia yang digunakan adalah buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). Buah andaliman dikeringkan di luar ruangan tetapi tidak terkena sinar matahari langsung dalam waktu lama kurang lebih 3-4 hari untuk menghilangkan kadar air pada tanaman. Penghilangan kadar air bertujuan

untuk mencegah tumbuhnya mikroorganisme seperti jamur pada sampel sehingga akan mempengaruhi hasil analisis. Pada proses ekstraksi, buah yang dikeringkan, dihaluskan, ditimbang 20 gram dan dipanaskan menggunakan 100 mL aqua demineralisata dalam gelas kimia 250 mL selama 15 menit pada suhu 60°C. Suhu 60°C digunakan agar kandungan bahan aktif dalam ekstrak tidak rusak oleh suhu pemanasan tinggi. Ekstrak air buah andaliman kemudian dibuat dalam 2 konsentrasi yaitu 3% dan 5% yang digunakan untuk proses sintesis nanopartikel emas.

Pembuatan Larutan H_{AuCl}₄

Larutan H_{AuCl}₄ dibuat menggunakan emas murni 99,99% berbentuk pelat. Konsentrasi larutan H_{AuCl}₄ dimodifikasi dari larutan H_{AuCl}₄ 1 mM, kemudian direduksi menjadi 0,5 mM yang bertujuan untuk mengefisiensi emas dan pelarut yang digunakan. Pelarut yang digunakan adalah aqua regia (HCl:HNO₃), sehingga mampu melarutkan emas dengan cepat karena aqua regia merupakan asam kuat yang mampu melarutkan logam [10]. Emas (Au) dan aquaregia bereaksi, maka akan terjadi reaksi oksidasi-reduksi yang membentuk H_{AuCl}₄ dan juga membentuk NO dan H₂. Untuk mendapatkan H_{AuCl}₄, diperlukan pemanasan. Pemanasan menggunakan hot plate bertujuan untuk mempercepat proses reaksi dan juga menguapkan hasil samping yaitu NO dan H₂ [11]. Proses pemanasan dilakukan pada suhu 120°C hingga larutan berwarna merah jingga. Semua proses ini dilakukan di lemari asam, sehingga reaksi yang mungkin terjadi tidak langsung mencemari ruangan. Panjang gelombang maksimum H_{AuCl}₄ 0,5 mM diukur sebagai bahan awal untuk pembentukan nanopartikel emas. Analisis pembentukan H_{AuCl}₄ dengan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengukur panjang gelombang maksimum larutan H_{AuCl}₄. Rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 200-800 nm. Hasil spektrofotometer UV-Vis diperoleh

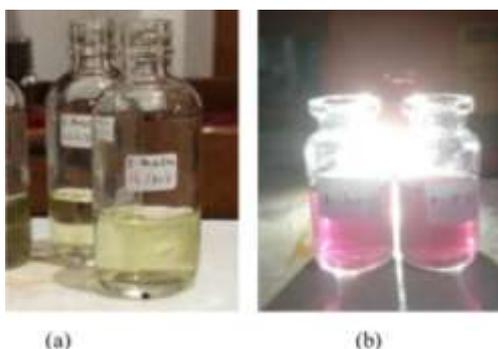
panjang gelombang maksimum larutan HAuCl_4 0,5 mM sebesar 315 nm dengan absorbansi 3,915 nm. Kurva panjang gelombang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Panjang gelombang maksimum larutan HAuCl_4

Sintesis Nanopartikel Emas

Sintesis nanopartikel emas dilakukan dengan mencampurkan 0,5 mM HAuCl_4 dengan ekstrak air buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.). Konsentrasi ekstrak air buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) yang digunakan adalah 3% dan 5%. Perbandingan campuran antara ekstrak dengan larutan HAuCl_4 0,5 mM yaitu 1:1 dan 1:2. Variasi ini dilakukan untuk melihat kondisi optimum pembentukan nanopartikel emas. Campuran larutan dipanaskan sampai 80°C . Sebagai indikator terbentuknya nanopartikel emas secara visual adalah perubahan warna larutan menjadi *cherry red* [12]. Hasil sintesis ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Sebelum pembentukan NPAu, (b) Setelah pembentukan NPAu.

Sintesis nanopartikel emas bertujuan agar emas memiliki ukuran nanometer. Pembentukan nanopartikel emas dapat dideteksi dengan melihat pergeseran panjang gelombang maksimum larutan HAuCl_4 . Panjang gelombang yang diperoleh sebelumnya adalah 315,0 nm (Gambar 1). Setelah disintesis dengan bioreduktor, terjadi pergeseran panjang gelombang berkisar antara 500-600 nm sehingga dapat dinyatakan bahwa telah terjadi pembentukan nanopartikel emas setelah menggunakan bioreduktor ekstrak air buah andaliman. Proses pembentukan nanopartikel emas terjadi dimulai dengan terbentuknya polimer Au kemudian terbentuk inti Au. Proses pembentukan koloid berkaitan dengan munculnya inti nanopartikel [13]. Pembentukan nanopartikel emas pada penelitian ini dibuktikan dengan adanya proses perubahan dari larutan berwarna kuning bening menjadi larutan yang berwarna *cherry red* (*burgundy*) selama proses pemanasan. Salah satu karakterisasi pembentukan NPAu adalah dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang maksimum NPAu berkisar antara 500 hingga 600 nm. Panjang gelombang ini timbul dari osilasi kolektif elektron konduksi sehingga terjadi eksitasi resonansi yang menghasilkan foton. Berdasarkan teori SPR (*surface plasmon resonance*) bahwa panjang gelombang maksimum memiliki hubungan dengan ukuran nanopartikel dimana semakin besar ukuran nanopartikel maka semakin panjang panjang gelombang yang dihasilkan karena energi eksitasi semakin kecil dengan bertambahnya ukuran jarak yang ditempuh elektron tereksitasi dari keadaan dasar [14].

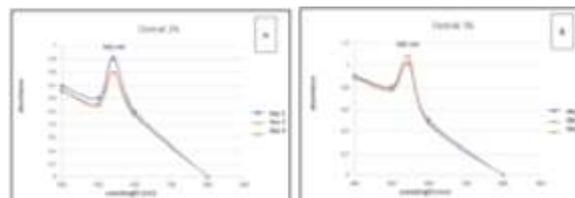
Karakterisasi NPAu dengan Spektrofotometer UV-Vis

Sintesis nanopartikel emas (NPAu) diawali dengan mencampur ekstrak air buah andaliman dengan HAuCl_4 0,5 mM. Campuran dipanaskan di atas *hot plate* pada suhu 80°C hingga berubah warna

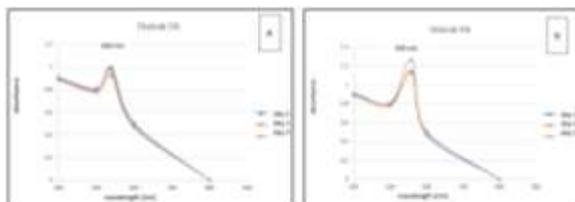
menjadi ungu (*Cherry red*). Pemanasan bertujuan untuk mempercepat proses reaksi pada campuran larutan sehingga menghasilkan warna merah ceri yang menandakan terbentuknya nanopartikel emas. Untuk variasi konsentrasi dan perbandingan campuran adalah untuk mendapatkan konsentrasi dan perbandingan optimum yang dapat membentuk NPAu. Analisis dengan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang maksimum NPAu. Spektrofotometer UV-Vis adalah teknik pertama dalam pengujian ini untuk mengidentifikasi NPAu melalui panjang gelombang maksimum dan absorbansi yang terbentuk. Dari hasil spektrofotometer UV-Vis, ekstrak 3% dengan perbandingan 1:1 dan 1:2 memiliki panjang gelombang yang bervariasi antara 542 – 545 nm dan ekstrak 5% dengan perbandingan 1:1 dan 1:2 memiliki panjang gelombang maksimum antara 540 – 559 nm (Gambar 3 dan 4). Jika dibandingkan dengan panjang gelombang maksimum larutan emas yaitu 315 nm, panjang gelombang NPAu tampak memiliki pergeseran panjang gelombang yang teridentifikasi terbentuknya NPAu. Terbentuknya warna merah ungu akibat eksitasi plasmon permukaan. Proses pembentukan nanopartikel emas adalah AuCl_4^- akan direduksi menjadi Au^0 sehingga memungkinkan atom Au saling berinteraksi melalui ikatan antar logam membentuk cluster berukuran nano [11].

Karakterisasi NPAu dengan PSA

Teknik *Particle Size Analyzer* bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel NPAu sesuai dengan ukuran standar 1-100 nm. Sampel yang diuji adalah sampel dengan konsentrasi 3% dan 5% dengan perbandingan 1:1 dan 1:2. Dari hasil PSA dapat disimpulkan bahwa beberapa variasi termasuk dalam kriteria ukuran nanopartikel, jika dilihat dari ukuran partikel sampel, yang memiliki ukuran partikel terkecil adalah sampel dengan perbandingan 1:1 dengan konsentrasi ekstrak 3%.



Gambar 3. Hasil Spektrofotometer UV-Vis Ekstrak 3%. (A) 1:1, (B) 1:2



Gambar 4. Hasil Spektrofotometer UV-Vis Ekstrak 5%. (A) 1:1, (B) 1:2

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Ukuran NPAu

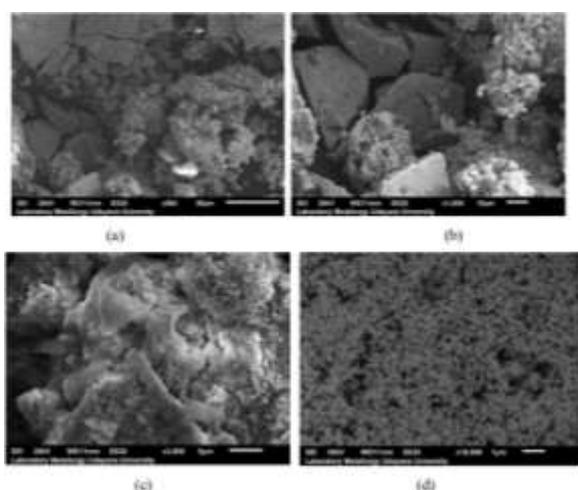
Kons. (%)	Perbandingan	Ukuran NPAu (nm)		
		1	2	3
3	1:1	41.83	42.67	40.77
	1:2	47.32	52.06	49.72
5	1:1	98.49	67.99	54.20
	1:2	156.2	160.7	138.9

Karakterisasi NPAu dengan SEM-EDS

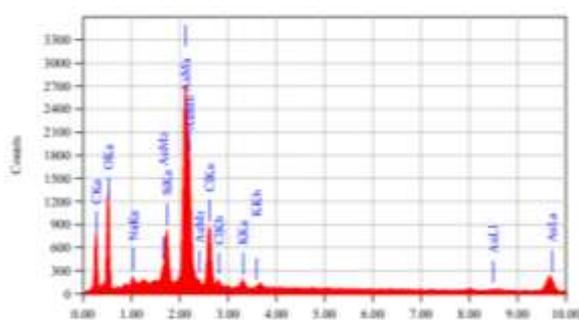
Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk melihat morfologi NPAu. Sampel dianalisis dalam bentuk serbuk NPAu. Sebelum dilakukan karakterisasi, sampel NPAu karena masih berbentuk koloid, sampel perlu diserbukkan terlebih dahulu. Proses yang dilakukan untuk mendapatkan serbuk NPAu adalah proses sentrifugasi, yaitu suatu teknik pemisahan campuran dengan menggunakan gaya sentrifugal. Tujuannya agar antara cairan dan partikel nanopartikel dapat terpisah. Siapkan larutan nanopartikel yang diuji. Larutan sampel dipipet dengan alat khusus dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi. Hasil sentrifugasi kemudian ditampung dalam cawan porselen dan dikeringkan untuk mendapatkan serbuk nanopartikel emas. Pengeringan dilakukan dalam oven pada suhu 50°C selama 4 jam dengan tujuan agar air yang terdapat pada sampel menguap dan hanya menghasilkan serbuk yang nantinya akan diuji SEM-EDS.

Perbesaran yang digunakan adalah 500x, 1.000x dan 3.000x dan 10.000x. Pada perbesaran 10.000x ditemukan partikel-partikel kecil yang berbentuk kristal bulat.

Uji EDS dilakukan untuk mengetahui kandungan yang terkandung dalam nanopartikel emas, karena adanya campuran bioreduktor alami dan pelarut sehingga perlu dilakukan identifikasi persentase (%) kandungan emas dalam nanopartikel. Karakterisasi nanopartikel emas dengan EDS memberikan hasil kandungan tertinggi pada nanopartikel emas yaitu 36,01% emas.



Gambar 5. Morfologi NPAu, (a) Perbesaran 500x; (b) Perbesaran 1000x; (c) Perbesaran 3000x; (d) Perbesaran 10000x



Gambar 6. Identifikasi komponen NPAu

4. KESIMPULAN

Konsentrasi optimum ekstrak air buah andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) yang dibutuhkan untuk menghasilkan nanopartikel emas pada penelitian ini

adalah 3% dan rasio optimum yang dibutuhkan untuk mendapatkan nanopartikel emas terkecil adalah 1:1. Karakterisasi nanopartikel emas dengan spektrofotometer UV-Vis diperoleh panjang gelombang maksimum yang bervariasi antara 540 – 559 nm. Hasil PSA diperoleh nanopartikel emas dengan ukuran terkecil 41,75 nm. Hasil SEM-EDS memberikan hasil morfologi NPAu kristal bulat dengan kandungan tertinggi pada NPAu adalah emas sebesar 36,01%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Khatami, I. Sharifi, M.A.L. Nobre, N. Zafarnia, M.R. Aflatoonian, Waste-grass-mediated green synthesis of silver nanoparticles and evaluation of their anticancer, antifungal and antibacterial activity, *Green Chem. Lett. Rev.* 11, 2, 125-134, 2018
- [2] Nilufar Torabi, Azin Nowrouzi, Ali Ahadi, Safoura Vardasbi, Behrouz Etesami, Green synthesis of gold nanoclusters using seed aqueous extract of *Cichorium intybus* L. and their characterization, *SN Applied Sciences*, 1, 9, 2019, 981 <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1035-x>
- [3] Boisselier, E., and Astruc, D. Gold Nanoparticles in Nanomedicine: Preparations, Imaging, Diagnostics, Therapies and Toxicity. *Chem. Soc. Rev.*, 38, 1759-1782, 2009
- [4] Merza, K.S., H. D. Al-attabi, Z. M. Abbas, and H. A. Yusr. Comparative Study on Methods for Preparation of Gold Nanoparticles. *Green Sustain. Chem.*, vol. 2, 26– 28, 2012
- [5] Kulkarni, A. & Bhanage, B. M. 2014. Ag@AgCl Nanomaterial Synthesis Using Sugar Cane Juice and Its Application in Degradation of Azo Dyes. *ACS Sustainable Chem Eng*, 2, 1007–1013, 2014. <http://doi.org/10.1021/sc400566>
- [6] Akilandaeswari, B., K. Muthu. Green Method for Synthesis and

- Characterization of Gold Nanoparticles Using Lawsonia inermis Seed Extract and Their Photocatalytic Activity. *Materials Letters*, 2020 doi: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.128344>
- [7] Satpathy, S., A. Patra, B. Ahirwar, M.D. Hussain. Process optimization for green synthesis of gold nanoparticles mediated by extract of *Hygrophila spinosa* T. Anders and their biological applications. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 2019 doi: <https://doi.org/10.1016/j.physe.2019.113830>
- [8] Akhtar, M. S., Panwar, J., & Yun, Y. S. Biogenic synthesis of Metallic Nanoparticles by Plant Extracts. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 1, 6, 591–602, 2013 <https://doi.org/10.1021/sc300118u>
- [9] Singh, A., Jyoti, K. Green synthesis of nanostructured silver particles and their catalytic application in dye degradation. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 14, 311-317, 2016
- [10] Lembang, M. S, Sintesis Nanopartikel Emas dengan Metode Reduksi Menggunakan Bioreduktor Daun Ketapang (*Terminalia catappa*), Program Studi Kimia FMIPA, Universitas Hasanuddin, 2014
- [11] M. Amiruddin, T. Taufikurrohmah, Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Matriks Bentonit sebagai Material Peredam Radikal Bebas dalam Kosmetik, *Journal of Chemistry* 2, 1, 2013
- [12] H. Sarwina, M. Zakir, S. Dali, Pemanfaatan Fraksi Etil Asetat Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Bioreduktor dalam Sintesis Nanopartikel Emas dan Analisis Sifat Antibakterinya, *Jurnal Universitas Hasanuddin*, Makassar, 2015
- [13] M. Zakir, T. Sekine, T. Takayama, H. Kudo, M. Lin, Y. Katsumura. Technetium(IV) Oxide Colloids and The Precursor Produced by Bremsstrahlung Irradiation of Aqueous Pertechetate Solution. *J. Nucl. Radiochem. Sci*, 6, 3, 243-247, 2005
- [14] M.W. Hidayat, Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) Dengan Irradiasi Microwave, Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2019.