

## Green Synthesis Nanopartikel Perak (AgNPs) Menggunakan Bioreduktor Alami Ekstrak Daun Ilalang (*Imperata cylindrica* L)

Annisaa Siti Zulaicha, Iwan Syahjoko Saputra\*, Indah Puspita Sari, M Alvien Ghifari, Yoki Yulizar, Yogi Nopiandi Permana, Sudirman

Didaftarkan: [15 Oktober 2020] Direvisi: [19 Maret 2021] Terbit: [29 April 2021]

**ABSTRAK:** Ilalang (*Imperata cylindrica* L) merupakan tumbuhan liar yang jarang dimanfaatkan. Daun ilalang mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid dan flavonoid. Senyawa flavonoid dapat digunakan sebagai zat reduktor alami dalam sintesis nanopartikel perak (AgNPs). Tujuan pada penelitian ini adalah sintesis nanopartikel perak menggunakan bioreduktor alami dari ekstrak daun ilalang. Sintesis nanopartikel perak menggunakan metode green synthesis (reduktor alam). Terbentuknya koloid nanopartikel perak terlihat secara visual ditandai dengan perubahan warna koloid menjadi coklat setelah penambahan ekstrak daun ilalang. Hasil UV-Vis menunjukkan nanopartikel perak memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 420 nm dengan nilai absorbansi 1,9. FTIR memperlihatkan spektrum pengurangan puncak serapan nanopartikel perak pada bilangan gelombang  $3356\text{ cm}^{-1}$ . Hasil XRD dan PSA menunjukkan nanopartikel perak memiliki rata-rata ukuran kristal 19 nm dan distribusi ukuran partikel sebesar 1160 nm. Nanopartikel perak memiliki bentuk bulat dengan ukuran partikel 20 nm yang terlihat pada morfologi hasil TEM.

**Kata kunci:** *Green synthesis, Silver nanoparticles, Imperata cylindrica* L

### PENDAHULUAN

Perkembangan nanoteknologi menjadi pusat perhatian pada ilmu teknologi di masa mendatang. Material berukuran nano (nanomaterial) memiliki keunggulan tersendiri seperti luas permukaan yang besar dan ukuran partikel berkisar antara 1-100 nm. Salah satu bentuk nanomaterial yang menjadi perhatian para peneliti adalah koloid nanopartikel perak. Nanopartikel perak memiliki sifat yang unik sehingga dapat diaplikasikan pada bidang *nanomedicine, energy, biomaterials*, dan makanan. Selain itu, nanopartikel perak merupakan agen antibakteri anorganik non-toksik karena memiliki sifat bahan yang *biocidal*. Banyak pemanfaatan dari koloid nanopartikel perak sebagai pengawet pada kayu, pemurnian limbah cair di rumah sakit, penetral balutan luka atau luka bakar dan lain-lain. Nanopartikel perak memiliki sifat toksik pada jamur dan bakteri sehingga dapat diaplikasikan sebagai *antifungal* [1] dan antibakteri [2]. Keberhasilan dalam sintesis nanopartikel perak dipengaruhi oleh metode-metode yang digunakan. Salah satu metode yang digunakan adalah metode *green synthesis* (ramah lingkungan).

Sintesis nanopartikel perak menggunakan metode yang ramah lingkungan menjadi semakin populer pada bidang kimia dan teknologi material. Keunggulan metode *green synthesis* adalah ramah lingkungan, biaya murah dan membutuhkan energi yang tidak terlalu tinggi [3]. Selain metode, prekursor dan reduktor utama yang digunakan dalam sintesis nanopartikel perak menjadi penentu keberhasilan terbentuknya ion  $\text{Ag}^0$ . Selama ini prekursor yang digunakan adalah garam dari perak nitrat  $\text{Ag}(\text{NO}_3)\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Reduktor yang digunakan adalah  $\text{NaBH}_4$  atau *hydrazine*. Kedua zat ini sangat berbahaya bila hasil larutan terbuang di lingkungan [4]. Untuk mengurangi tingkat bahaya dari reduktor yang digunakan dalam sintesis nanopartikel perak yaitu dengan menggunakan pendekatan

green synthesis [5] atau pemanfaatan ekstrak bahan alam seperti ekstrak dari tanaman mulai dari akar, batang, daun, biji, buah dan bunga [6]. Ilalang (*Imperata cylindrica* L) merupakan tumbuhan liar yang jarang dimanfaatkan. Ekstrak daun ilalang banyak mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin, dan saponin. Senyawa fenolik pada flavonoid difungsikan sebagai bioreduktor alami pembentukan ion  $Ag^+$  menjadi  $Ag^0$ . Selain berfungsi sebagai bioreduktor alami, ekstrak daun ilalang juga berfungsi sebagai *capping agent* nanopartikel perak agar ukuran partikel tetap stabil dalam skala nanometer. Manfaat untuk jangka panjang dari hasil penelitian ini yaitu memberikan pengetahuan bagi para pemangku kepentingan tentang penggunaan nanopartikel perak dengan berbagai aplikasinya serta pemanfaatan tumbuhan liar daun ilalang sebagai bioreduktor alami dalam pembuatan nanopartikel perak.

## KAJIAN LITERATUR

Banyak peneliti sebelumnya yang berhasil mensintesis nanopartikel perak menggunakan reduktor alami dari ekstrak tanaman seperti ekstrak *Triticum aestivum* [7], *Euphorbia amygdaloides* [8], Honey [9], *Trigonella foenum-graecum* [10], *Marine algae and seagrasses* [11], *Escherichia coli* Top 10 (Ec-Ts) [12], *Artificial Sweeteners and Sugar Ingredients* [13], *Averrhoa bilimbi Fruit Extract* [14], *Solanum trilobatum* [15], *Orange Peel Extract* [16], *Pinus eldarica Bark Extract* [17], *Annona muricata Aqueous Extract* [18], *Bacterial exopolysaccharides* [19], *Carboxymethyl starch* [20], *P. peruviana* [21], dan *Citrullus lanatus fruit rind extract* [22]. Dari referensi dan literatur yang ada, metode green synthesis dengan memanfaatkan ekstrak dari tanaman memiliki potensi yang besar dalam sintesis nanopartikel perak. Selama ini belum pernah dilakukan sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun ilalang (*Imperata cylindrica* L). Reaksi reduksi  $Ag^+$  menjadi  $Ag^0$  dilakukan pada suhu ruang sampai terjadi perubahan warna pada larutan menjadi coklat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis nanopartikel perak (AgNPs) berhasil dilakukan menggunakan bioreduktor alami dari ekstrak daun ilalang (*Imperata cylindrica* L). Proses pengeringan berfungsi untuk mengurangi kadar air dalam daun ilalang. Gambar 1 merupakan hasil preparasi awal sampel daun ilalang.

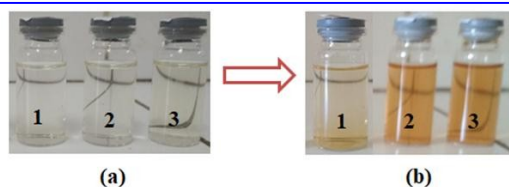


**Gambar 1.** Daun ilalang (a) Sebelum pengeringan, (b) Sesudah pengeringan, dan (c) Serbuk setelah proses blender.

Daun ilalang memiliki warna hijau yang menandakan banyak senyawa aktif yang terkandung didalamnya. Salah satu senyawa aktif yang ada dalam ekstrak daun ilalang adalah flavonoid. Secara kualitatif, uji fitokimia menunjukkan warna kuning kemerahan pada fraksi air pekat setelah penambahan reagen fitokimia [23]. Setelah dilakukan

perhitungan, ekstrak pekat fraksi air daun ilalang menghasilkan persen rendemen sebesar 0,5% dan konsentrasi stok larutan ekstrak daun ilalang fraksi air pekat sebesar 5%.

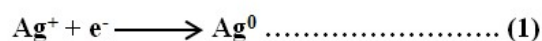
Terbentuknya koloid nanopartikel perak ditandai dengan perubahan warna setelah reaksi berlangsung selama 2 jam. Gambar 2 menunjukkan koloid nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak daun ilalang dengan berbagai variasi konsentrasi prekursor yang digunakan.



**Gambar 2.** Reaksi bioreduksi selama 2 jam (a) Sebelum dan (b) Sesudah pemberian ekstrak daun ilalang.

Koloid nanopartikel perak yang terbentuk secara visual terlihat berwarna coklat. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [7]. Variasi konsentrasi yang digunakan (1)  $3 \times 10^{-4}$  M, (2)  $5 \times 10^{-4}$  M, dan (3)  $7 \times 10^{-4}$  M.

Semakin tinggi konsentrasi prekursor perak nitrat yang digunakan maka semakin terlihat perubahan warna yang signifikan [21]. Hal ini dimungkinkan semakin banyak nanopartikel perak yang terbentuk dengan adanya bioreduktor dari ekstrak daun ilalang. Mekanisme reduksi ion perak menjadi koloid nanopartikel perak terlihat pada persamaan (1).

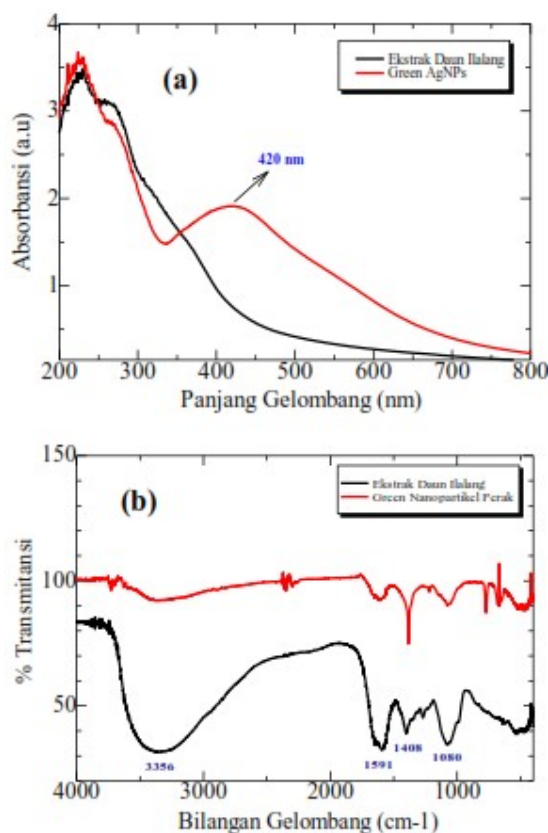


Sumber elektron yang digunakan untuk reduksi ion  $\text{Ag}^+$  diprediksikan berasal dari senyawa fenol yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi [22]. Senyawa fenol tersebut merupakan gugus fungsional yang melekat pada struktur senyawa flavonoid yang terkandung dalam ekstrak daun ilalang.

Nanopartikel perak memiliki sifat fenomena SPR (*surface plasmonic resonance*) [24]. Fenomena SPR pada nanopartikel perak terlihat pada spektrum hasil pengukuran menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (gambar 3a). Koloid nanopartikel perak dengan konsentrasi  $7 \times 10^{-4}$  M dilakukan pengujian menggunakan UV-Vis. Nanopartikel perak memiliki puncak serapan pada panjang gelombang maksimum 420 nm dengan nilai absorbansi sebesar 1,9 [16].

Karakterisasi menggunakan Spektroskopi FTIR berfungsi untuk melihat gugus fungsi yang terdapat pada senyawa dalam ekstrak daun ilalang (gambar 3b). Gugus fungsi yang terdapat dalam ekstrak daun ilalang yaitu  $-\text{OH}$  pada bilangan gelombang  $3356 \text{ cm}^{-1}$ , regangan  $\text{C}=\text{C}$  pada  $1591 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\text{C}-\text{H}$  pada  $1408 \text{ cm}^{-1}$ , dan ikatan  $\text{C}-\text{O}$  pada  $1080 \text{ cm}^{-1}$ . Berkurangnya puncak serapan pada bilangan gelombang  $3356 \text{ cm}^{-1}$  pada spektrum

nanopartikel perak diprediksikan adanya proses reduksi ion  $\text{Ag}^+$  menjadi koloid nanopartikel  $\text{Ag}^0$  [25].

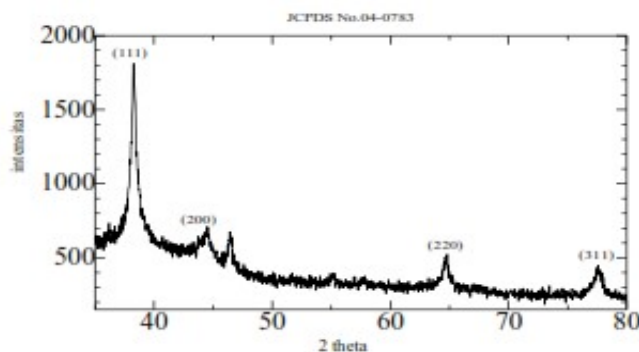


**Gambar 3.** Spektrum (a) UV-Vis dan (b) FTIR koloid nanopartikel perak

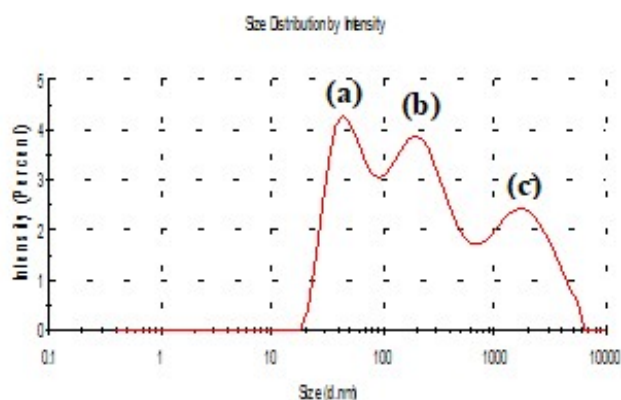
Karakterisasi menggunakan XRD berfungsi sebagai analisis kristalinitas nanopartikel perak dan melihat nilai indeks miller serta ukuran kristalit. Gambar 4 menunjukkan puncak kristalinitas nanopartikel perak yang berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun ilalang. Hasil analisis nanopartikel perak menggunakan XRD memperlihatkan bahwa nanopartikel perak memiliki empat puncak difraksi yang khas yaitu pada  $2\theta$ :  $38,74^\circ$ ;  $44,57^\circ$ ;  $69,47^\circ$ ; dan  $78,87^\circ$ . Data ini sesuai dengan JCPDS No.04-0783 dan sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh [26]. Hasil perhitungan menggunakan rumus *Scharerr's*, ukuran rata-rata kristal nanopartikel perak sebesar 19 nm dengan struktur kristal *face centered cubic* (FCC).

Ukuran rata-rata distribusi nanopartikel perak dapat dianalisis menggunakan *particle size analyzer* (PSA). Gambar 5 menunjukkan grafik distribusi dan sifat kehomogenan koloid nanopartikel perak. Ukuran rata-rata distribusi nanopartikel perak sebesar 1160 nm dengan tiga puncak pada intensitas (a) 4,2; (b) 3,9; dan (c) 2,5. Ukuran nanopartikel ini sangat besar dikarenakan dalam analisis PSA, jumlah ekstrak daun ilalang yang berfungsi sebagai capping agent nanopartikel perak juga ikut terukur. Nilai

kehomogenan (*poly dispersity index*s) nanopartikel perak sebesar 0,8. Dan hasil kehomogenan nanopartikel perak sangat bagus yang dapat terlihat pada morfologi TEM.

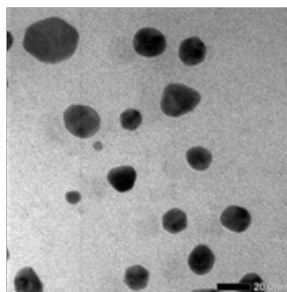


**Gambar 4.** Pola difraksi XRD nanopartikel perak.



**Gambar 5.** Grafik PSA nanopartikel perak

Gambar 6 menunjukkan sifat kehomogenan nanopartikel perak, bentuk morfologi dan ukuran partikel. Nanopartikel perak memiliki bentuk morfologi sphere (bulat) dengan ukuran partikel 20 nm. Data pengukuran PSA dan TEM pada penelitian ini sesuai dengan hasil yang pernah dilakukan oleh [27].



**Gambar 6.** TEM nanopartikel perak

## KESIMPULAN

Nanopartikel perak (AgNPs) berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun ilalang. Metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak daun ilalang berfungsi sebagai bioreduktor alami sekaligus capping agent nanopartikel perak. Nanopartikel perak memiliki nilai absorbansi sebesar 1,9 pada puncak serapan maksimum 420 nm. Terjadi penurunan puncak serapan gugus fungsi  $-OH$  pada bilangan gelombang 3356  $cm^{-1}$ . Ukuran rata-rata kristalinitas nanopartikel perak sebesar 19 nm. Ukuran distribusi nanopartikel perak sebesar 1160 nm dan bentuk partikel *sphere* dengan ukuran rata-rata sebesar 20 nm.

## PROSEDUR PENELITIAN

Sampel daun ilalang (*Imperata cylindrica* L) diambil dari area Institut Teknologi Sumatera. Prekursor yang digunakan adalah perak nitrat tetrahidrat dengan konsentrasi  $7 \times 10^{-4}$  M. Metode pada penelitian ini menggunakan metode *green synthesis*. Sebanyak 50 g sampel daun ilalang segar dicuci kemudian dipotong kecil-kecil. Potongan kecil daun ilalang kemudian dikeringkan selama 7 hari untuk mengurangi kadar air. Daun ilalang yang sudah dikeringkan di blender untuk mendapatkan serbuk daun. Sebanyak 25 g serbuk daun ilalang di maserasi menggunakan 100 mL pelarut metanol selama 7 hari. Filtrat hasil maserasi dipartisi menggunakan pelarut n- heksana dan etil-asetat dengan perbandingan 1:1. Fraksi air dipekatkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* untuk mendapatkan fraksi air pekat. Fraksi air pekat ekstrak daun ilalang dilakukan uji fitokimia dan perhitungan persen rendemen serta konsentrasi larutan stok ekstrak daun ilalang [28-29]. Sebanyak 5 mL perak nitrat ( $3,5,7 \times 10^{-4}$  M) direaksikan dengan 1 mL ekstrak pekat fraksi air daun ilalang (5%). Campuran direaksikan selama 2 jam pada suhu ruang sampai koloid nanopartikel perak terbentuk yang ditandai dengan perubahan warna coklat setelah penambahan ekstrak pekat daun ilalang. Karakterisasi koloid nanopartikel perak menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu 2600), panjang gelombang 200-800 nm dengan sumber lampu wolfram, Spektroskopi FTIR (Prestige 21) bilangan gelombang 4000-400  $cm^{-1}$  dengan sumber lampu Nernst, Difraksi sinar-x (Shimadzu XRD 610) dengan sumber elektron cobalt, Particle Size Analyzer (PSA Malvern ZEN 1600) dengan proses *dynamic light scattering*, dan *Transmission electron microscopy* (TEM JEM 1400) menggunakan *energy beam* sebesar 350 eV.

## DEKLARASI

Para Penulis tidak memiliki konflik dalam hal penulisan dan pendanaan.

## PERSANTUNAN

Penelitian ini didanai oleh Institut Teknologi Sumatera melalui Program Hibah Publikasi GBU-45



## ■ INFORMASI TENTANG PENULIS

Penulis Rujukan:

Annisaa Siti Zulaicha

Program Studi Rekayasa Kosmetik, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, 35365, Indonesia

Email: [annisaa.zulaicha@km.itera.ac.id](mailto:annisaa.zulaicha@km.itera.ac.id)

Iwan Syahjoko Saputra\*

Program Studi Rekayasa Kosmetik, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, 35365, Indonesia

Email: [iwan.saputra@km.itera.ac.id](mailto:iwan.saputra@km.itera.ac.id)

Indah Puspita Sari

Program Studi Rekayasa Kosmetik, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, 35365, Indonesia

Email: [indah.sari@km.itera.ac.id](mailto:indah.sari@km.itera.ac.id)

M Alvien Ghifari

Program Studi Kimia, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, 35365, Indonesia

Email: [m.ghifari@ki.itera.ac.id](mailto:m.ghifari@ki.itera.ac.id)

Yoki Yulizar

Departemen Kimia, Universitas Indonesia, Depok, 16424, Indonesia

Email: [yokiy@sci.uiic.id](mailto:yokiy@sci.uiic.id)

Yogi Nopiandi Permana

Departemen Kimia, Universitas Indonesia, Depok, 16424, Indonesia

Email: [yoginopiandi@gmail.com](mailto:yoginopiandi@gmail.com)

Sudirman

Badan Tenaga Nuklir Nasional, Kawasan Serpong, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia

Email: [sudirman@batan.go.id](mailto:sudirman@batan.go.id)

## ■ PUSTAKA

- [1] Hu, C.; Lan, Y.; Qu, J.; Hu, X.; Wang, A. Ag/AgBr/TiO<sub>2</sub> visible light photocatalyst for destruction of azodyes and bacteria. *The Journal of Physical Chemistry B*, **2006**, *110* (9): 4066–4072.
- [2] Anuj, S. A.; Ishnava, K.B. Plant mediated synthesis of silver nanoparticles by using dried stem powder of *Tinospora cordifolia* its antibacterial activity and comparison with antibiotics. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, **2013**, *4* (4): P849–P863.

- [3] Raveendran, P.; Fu, J.; Wallen, S.L. Completely "Green" Synthesis and stabilization of metal nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, **2003**, *125* (46): 13940–13941.
- [4] Pooley, F, D. Bacteria accumulate silver during leaching of sulphide ore minerals. *Nature*, **1982**, *296* (5858): 642–643.
- [5] Rauwel, P.; Küünal, S.; Ferdov, S.; Rauwel, E. A Review on the green synthesis of silver nanoparticles and their morphologies studied via TEM. *Advances in Materials Science and Engineering*, **2015**, Article ID: 682749, 1-9.
- [6] Swamy, M.K.; Sudipta, K.M.; Jayanta, K.; Balasubramanya, S. The green synthesis, characterization, and evaluation of the biological activities of silver nanoparticles synthesized from *Leptadenia reticulata* leaf extract. *Applied Nanoscience*, **2014**, pp: 1– 9.
- [7] Waghmode, S.; Chavan, P.; Kalyankar, V.; Dagade, S. Synthesis of silver nanoparticles using *Triticum aestivum* and its effect on peroxide catalytic activity and toxicology. *Journal of Chemistry*, **2013**, Article ID: 265864, 1-5.
- [8] Cicek, S.; Gungor, A.A.; Adiguzel, A.; Nadaroglu, H. Biochemical evaluation and green synthesis of nano silver using peroxidase from *Euphorbia* (*Euphorbia amygdaloides*) and its antibacterial activity. *Journal of Chemistry*, **2015**, Article ID: 486948, 1-7.
- [9] Balasooriya, E.; Roshan, C.D.; Jayasinghe, U.A.; Jayawardena, R.; Weerakkodige, D.; Ruwanthika, R.M.D.; Silva, P.V.; Udagama. Honey Mediated Green Synthesis of Nanoparticles: New Era of Safe Nanotechnology. *Journal of Nanomaterials*, **2017**, *2* (3): 1-5.
- [10] Awad, A.; Manal, A.A.; Hendi, K.M.O.; Ortashi, A.B.; Alanazi, B.A.; ALZahrani, D.A.; Soliman. Greener Synthesis, Characterization, and Antimicrobiological Effects of Helba Silver Nanoparticle-PMMA Nanocomposite. *International Journal of Polymer Science*, **2019**, *65* (32): 1-6.
- [11] Fawcett, D.; Verduin, J.J.; Shah, M.; Sharma, S.B.; Poinern, G.E.J. A review of current research into the biogenic synthesis of metal and metal oxide nanoparticles via marine algae and seagrasses. *Journal of Nanoscience*, **2019**, Article ID: 8013850, 1-15.
- [12] Encarnación, B.E.; González, C.E.E.; Anzaldo, X.G.V.; Cárdenas, M.E.C.; Ramírez], R.M. Silver nanoparticles synthesized through green methods using *escherichia coli* top 10 (Ec-Ts) growth culture medium exhibit antimicrobial properties against nongrowing bacterial strains. *Journal of Nanomaterials*, **2017**, Article ID: 4637325, 1-8.
- [13] Hemmati, S.; Roberts, E.R. Scott, C.; Harris, M.T. Artificial sweeteners and sugar ingredients as reducing agent for green synthesis of silver nanoparticles. *Journal of Nanomaterials*, **2019**, Article ID: 9641860, 1-16.
- [14] Isaac, R.S.R.; Sakthivel, G.; Murthy, C.; Green synthesis of gold and silver nanoparticles using *averrhoa bilimbi* fruit extract. *Journal of Nanotechnology*, **2013**, Article ID: 906592, 1-6.
- [15] Vanaja, M.; Paulkumar, K.; Gnanajobitha,; Rajeshkumar, S.; Malarkodi, C.; Annadurai, G. Herbal plant synthesis of antibacterial silver nanoparticles by *Solanum trilobatum* and its characterization. *International Journal of Metals*, **2014**, Article ID: 692461, 1-8.
- [16] Skiba, M.I.; Vorobyova, V.I. Synthesis of silver nanoparticles using orange peel extract prepared by plasmochemical extraction method and degradation of methylene



- blue under solar irradiation. *Advances in Materials Science and Engineering*, **2019**, Article ID: 8306015, 1-8.
- [17] Iravani, S.; Zolfaghari, B. Green synthesis of silver nanoparticles using pinus eldarica bark extract. *BioMed Research International*, **2013**, Article ID: 639725, 1-5.
- [18] Navarro, M.C.S.; Torres, C.A.R.; Martínez, N.N.; Sañchez, R.S.; Castaño'n, G.A.M.; Montero, I.D.; Ruiz, F. Cytotoxic and bactericidal effect of silver nanoparticles obtained by green synthesis method using *Annona muricata* aqueous extract and functionalized with 5-fluorouracil. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, **2018**, Article ID: 6506381, 1-8.
- [19] González, C.E.E.; Cervantes, J.A.G.; Rodríguez, A.V.; Ramírez, J.M.R.; Bacterial exopolysaccharides as reducing and/or stabilizing agents during synthesis of metal nanoparticles with biomedical applications. *International Journal of Polymer Science*, **2018**, Article ID: 7045852, 1-15.
- [20] El-Sheikh, M.A. A novel photosynthesis of carboxymethyl starch- stabilized silver nanoparticles. *Scientific World Journal*, **2014**, Article ID: 514563, 1-11.
- [21] Rashid, M.; Sabir, S. Biosynthesis of self-dispersed silver colloidal particles using the aqueous extract of *P. peruviana* for sensing dl-alanine. *ISRN Nanotechnology*, **2014**, Article ID: 670780, 1-7.
- [22] Ndikau, M.; Noah, N.M.; Andala, D.M.; Masika, E. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Citrullus lanatus* fruit rind extract. *International Journal of Analytical Chemistry*, **2017**, Article ID: 8108504, 1-9.
- [23] Sutiya, B. Wiwin, T.I.; Adi, R.; Sunardi. Kandungan kimia dan sifat serat alang- alang (*Imperata cylindrica* L) sebagai gambaran bahan baku pulp dan kertas. *Bioscientiae*, **2012**, 9 (1): 8-19.
- [24] Bindhu, M.R.; Umadevi, M. Synthesis of monodispersed silver nanoparticles using *Hibiscus cannabinus* leaf extract and its antimicrobial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **2013**, 101, pp. 184–190.
- [25] Deshmukh, A.R.; Gupta, A.; Kim, B.S. Ultrasound assisted green synthesis of silver and iron oxide nanoparticles using fenugreek seed extract and their enhanced antibacterial and antioxidant activities. *BioMed Research International*, **2019**, Article ID: 1714358, 1-14.
- [26] Qais, F.A.; Shafiq, A.; Khan, H.M.; Husain, F.M.; Khan, R.A.; Alenazi, B.; Alsalme, A.; Ahmad, I. Antibacterial effect of silver nanoparticles synthesized using *Murraya koenigii* (L.) against multidrug-resistant pathogens. *Bioinorganic Chemistry and Applications*, **2019**, Article ID: 4649506, 1-11.
- [27] Petrucci, O.D.; Hilton, H.R.; Farrer, J.K.; Wat, R.K. A ferritin photochemical synthesis of monodispersed silver nanoparticles that possess antimicrobial properties. *Journal of Nanomaterials*, **2019**, Article ID: 9535708, 1-8.
- [28] Saputra, I.S.; Yulizar, Y.; Sudirman. Effect of concentration of *Imperata cylindrica* L leaf extract on synthesis process of gold nanoparticles. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **2018**, 19 (2): 72-76.
- [29] Iwan, S.S.; Siti, S.; Yoki, Y.; Sudirman. Synthesis and characterization of gold nanoparticles (AuNPs) by utilizing bioactive compound of *Imperata cylindrica* (L.) Raeusch. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, **2020**, 22 (1): 1-7).