

GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNPs) DENGAN BIOREDUKTOR DAUN KELOR (*Moringa Oleifera*)

Arya Ananda Saputra¹⁾, Marta Citra Nursaida²⁾

^{1,2,3} Program Studi Kimia, Universitas Bojonegoro, Bojonegoro, Jawa Timur, Indonesia

ABSTRAK

Metode *green synthesis* ini ditujukan untuk membuat sintesis AuNPs menggunakan bioreduktor daun kelor (*Moringa Oleifera*). Ada beberapa metode yang terlibat pada sintesis ini seperti: ekstraksi daun kelor (*Moringa Oleifera*), membuat larutan prekursor H₂AuCl₄ dan optimasi pH. Ekstraksi daun kelor dilakukan dengan merebus serbuk daun kelor kedalam akuades dalam suhu panas sampai mengeluarkan warna kuning kecoklatan. Larutan prekursor H₂AuCl₄ 0,3 mM dibuat dengan cara emas murni direndam dengan larutan asam HCl. Setelah itu dilakukan proses sintesis, sampel bervariasi pH-nya (4, 6, 8, 10, 12) dan perbandingan ekstrak daun kelor tersebut dengan larutan H₂AuCl₄. Adapun karakterisasi nanopartikel ini menggunakan instrument UV-Vis, FTIR, dan *Particle Size Analyser* (PSA). Hasil analisis sampel nanopartikel pH 6 perbandingan 15:5 menunjukkan Panjang gelombang maksimumnya adalah 540 nm dan 535 nm yang menandakan kondisi optimum untuk sintesis AuNPs. Karakteristik FTIR memvalidasi adanya senyawa biomolekul ekstrak daun kelor tersebut berinteraksi dengan ion emas. Hasil dari uji PSA menunjukkan bahwa ukuran AuNPs yang dihasilkan adalah 95,4 nm. Uji PSA sesuai yang diharapkan dari ukuran nanopartikel. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan daun kelor memiliki potensi sebagai bioreduktor dalam sintesis AuNPs yang lebih ramah lingkungan.

Kata-kata kunci: AuNPs, daun kelor, bioreduktor, sintesis hijau.

ABSTRACT

The green synthesis method is intended to make the synthesis of AuNPs using a moringa leaf bioreductor (Moringa Oleifera). There are several methods involved in this synthesis such as: extraction of moringa leaves (Moringa Oleifera), making H₂AuCl₄ precursor solution and optimization of pH. Moringa leaf extraction is carried out by boiling moringa leaf powder into an aqueous in a hot temperature until it emits a brownish-yellow color. The 0.3 Mm H₂AuCl₄ precursor solution is made by pure gold soaked with HCl acid solution. After that, the synthesis process is carried out, the sample varies its pH (4, 6, 8, 10, 12) and compares the moringa leaf extract with the H₂AuCl₄ solution. The characterization of these nanoparticles uses UV-VIS, FTIR, and Particle Size Analyser (PSA) instruments. The results of the analysis of the 15:5 ratio pH 6 nanoparticle sample showed that the maximum wavelength was 540 nm and 535 nm which signaled the optimal conditions for the synthesis of AuNPs. FTIR characteristics validate the presence of biomolecular compounds of moringa leaf extract interacts with gold ions. The results of the PSA test showed that the size of the resulting AuNPs was 95.4 nm. The PSA test is as expected from the nanoparticle size. The results of this study show that the use of moringa leaves has the potential as a bioreducer in the synthesis of AuNPs that are more environmentally friendly

Keywords: AuNPs, moringa leave, bioreductor, green synthesis.

Pendahuluan

Nanoteknologi merupakan ilmu yang sedang dikembangkan pada abad ke-21 dan menghasilkan banyak harapan-harapan besar di seluruh dunia. Pada bidang

nanoteknologi ini melibatkan pemahaman tentang material skala nanometer antara 1 dan 100 nm (Bouttier-Figueroa et al., 2024a). Perkembangan teknologi dan sains saat ini berkembang sangat pesat. Nanosains dan implementasinya disebut dengan nanoteknologi. Nanoteknologi merupakan studi tentang rekayasa material dalam skala nanopartikel. Nanopartikel adalah salah satu nanoteknologi yang mayoritas digunakan dalam bidang kedokteran maupun industri dan diterapkan dalam sediaan farmasi sehingga sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut bagaimana unsur nanopartikel yang dapat memberikan bermacam manfaat dengan metode yang umum digunakan yaitu sistesis nanopartikel emas (Nadia Athiyyah Rahma et al., 2022).

Sintesis AuNPs dapat dilakukan dengan berbagai metode kimia seperti fotokimia dan reduksi kimia. Penggunaan sinar radiasi pada metode fotokimia dapat menimbulkan efek samping dan kurang praktis untuk diterapkan. Reduksi kimia dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai bioreduktor merupakan cara yang paling aman, mudah, dan biaya produksi yang relatif murah (Amin et al., 2020)

Indonesia yang kaya akan sumber daya alam dan memiliki beragam spesies, menawarkan potensi besar untuk penelitian pemanfaatan tanaman dalam produksi nanopartikel. Pemanfaatan komponen organik tanaman dalam pembuatan nanopartikel merupakan pendekatan yang lebih sadar lingkungan dan efisien. Konsep dasar biogenesis dalam pembuatan nanopartikel melibatkan pemanfaatan tanaman sebagai agen pereduksi melalui proses reduksi (Nancy Willian, 2022).

Di antara nanopartikel logam, nanopartikel emas (AuNP) merupakan salah satu yang paling menjanjikan karena keunikan dan manfaatnya diberbagai bidang, seperti katalis, biosensor, optik, antikanker, antimikroba dan pengembangan sistem penghantaran obat dan pelabelan DNA. Salah satu manfaat dari nanopartikel emas (AuNP) yang banyak dikembangkan yaitu aktivitas antimikroba, lebih khususnya antibakteri. Nanopartikel emas (AuNP) merupakan salah satu agen antibakteri yang dianggap ampuh dalam menunjukkan efek bakterisidal terhadap mikroorganism (Ravana & Arumsari, 2022)

Green-synthesis dianggap sebagai metode yang menjanjikan untuk sintesis NP karena pemanfaatan bahan baku yang hemat biaya dan tidak berbahaya. Metode sintesis NP ini berkelanjutan dengan kemanjuran terapeutik yang tinggi, toksisitas yang berkurang, pengikatan yang ditargetkan, dan pengiriman spesifik lokasi (Bharadwaj et al., 2021)

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh daun kelor sebagai bioreduktor dalam proses sintesis AuNPs pada gelombang spektrofotometri UV-Vis untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang terlibat dalam stabilisasi FTIR, dan memahami interaksi antara biomolekul dari daun kelor dan AuNPs

Metode

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu spektrofotometer UV-Vis, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Particle Size Analyzer* (PSA), *hot plate*, *thermometer*, *stopwatch*, labu ukur, erlenmeyer, kaca arloji, *magnetic stirrer*, pipet ukur, pipet tetes, gelas beaker, gelas vial, kertas saring, penyaringan vakum, batang pengaduk, lemari asam, serta neraca analitik.

Bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah bubuk daun kelor (*Moringa Oleifera*), aquadest, emas murni, asam klorida (HCl)37%, serta asam nitrat (HNO₃)

Prosedur Penelitian

Ekstraksi Daun Kelor (Indriyani et al. 2024)

Siapkan penangas air untuk memanaskan aquades 100 mL dengan gelas kimia di atas hot plate hingga mendidih. Bubuk daun kelor 0,25 gram dimasukkan pada aquades yang telah mendidih selama 15 menit sambil sesekali diaduk. Kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan ampas sehingga diperoleh ekstrak daun kelor yang berwarna kuning kecoklatan.

Sintesis Nanopartikel Emas

Preparasi Prekursor HAuCl₄ 0,3 mM

Pembuatan larutan HAuCl₄ 0,3 mM dilakukan dengan merendam 0,1 gram emas murni ke dalam campuran HCl 37% dan HNO₃ 65% dengan perbandingan 3:1 selama 2 malam. kemudian dipanaskan supaya larutan asamnya menguap dan hanya tersisa padatan HAuCl₄. Padatan HAuCl₄ yang diperoleh dengan konsentrasi 3 mM, dilarutkan dalam aquades hingga tanda batas pada labu ukur 100 mL. Kemudian ambil 5 mL larutan HAuCl₄ 3 mM dan tanda bataskan pada labu ukur 50 mL dengan aquades. Sehingga terbentuk larutan HAuCl₄ 0,3 mM.

Optimasi pH Sintesis

Proses optimasi pH sintesis dilakukan dengan memanaskan 10 mL larutan HAuCl₄ 0,3 mM hingga mencapai titik didih. Setelah itu, ditambahkan 5 mL ekstrak daun kelor dengan konsentrasi 0,25%, kemudian dipanaskan selama 10 menit. pH yang divariasikan dalam percobaan ini meliputi nilai 4, 6, 8, 10, dan 12.

Optimasi Rasio Sintesis

Optimasi rasio sintesis AuNPs dengan memanfaatkan bioreduktor ekstrak daun kelor dilakukan melalui tahapan yang sama seperti optimasi pH, menggunakan pH 4. Variasi rasio yang digunakan antara HAuCl₄ 0,3 mM dan ekstrak daun kelor meliputi perbandingan 7,5:7,5, 5:15, 10:5, 15:5, dan 5:10.

Karakterisasi Nanopartikel Emas (Lestari et al. 2022; Indriyani et al. 2024;Bouttier et al. 2024)

Hasil sintesis nanopartikel emas dianalisis menggunakan instrument spektrofotometri UV-Vis dengan cara memasukkannya ke dalam kuvet kemudian diukur nilai Panjang gelombang maksimum dan absorbansinya pada rentang 200-800 nm. Karakterisasi juga dilakukan menggunakan *Transform Infrared Spectroscopy* (FT- IR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada dan interaksi gugus tersebut dalam proses pembentukan Aunps dengan rentang bilangan gelombang 4000 hingga 500 cm⁻¹. Karakterisasi yang terakhir adalah dengan

Particle Size Analyzer (PSA) bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel dari AuNPs yang disintesis.

Hasil dan Pembahasan

Ekstraksi Daun Kelor

Ekstraksi daun kelor menghasilkan larutan dengan konsentrasi 0,25 %, dimana prosesnya dilakukan dengan merebus bubuk daun kelor dalam aquades mendidih hingga berwarna kuning kecoklatan. Langkah ini bertujuan untuk melarutkan senyawa fitokimia yang terkandung dalam bubuk daun kelor sebagai bioreduktor. Flavonoid juga berperan sebagai capping agent berinteraksi secara elektrostatis dengan nanopartikel perak. Capping agent merupakan suatu zat yang berperan untuk menstabilkan nanopartikel emas yang telah disintesis dari suatu proses aglomerasi (Nurfadia et al., 2024). Semakin tinggi jumlah senyawa metabolit sekunder terkandung dalam ekstrak tumbuhan yang berperan sebagai capping agent, maka semakin stabil pula ukuran nanopartikel perak yang dihasilkan (Oktavia & Sutoyo, 2021).

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis

Penggunaan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengetahui λ maks dari hasil sintesis nanopartikel emas. Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode pertaman dalam uji ini untuk mengidentifikasi nanopartikel emas melalui λ maks dan absorbansi yang terbentuk. Hasil sintesis nanopartikel emas dengan pH yang divariasikan, dalam percobaan ini adalah 4, 6, 8, 10, dan 12 pada gambar 1. Pada gambar 2 variasi rasio yang digunakan antara HAuCl_4 0,3 mM dan ekstrak daun kelor meliputi perbandingan 7,5:7,5, 5:15, 10:5, 15:5, dan 5:10.

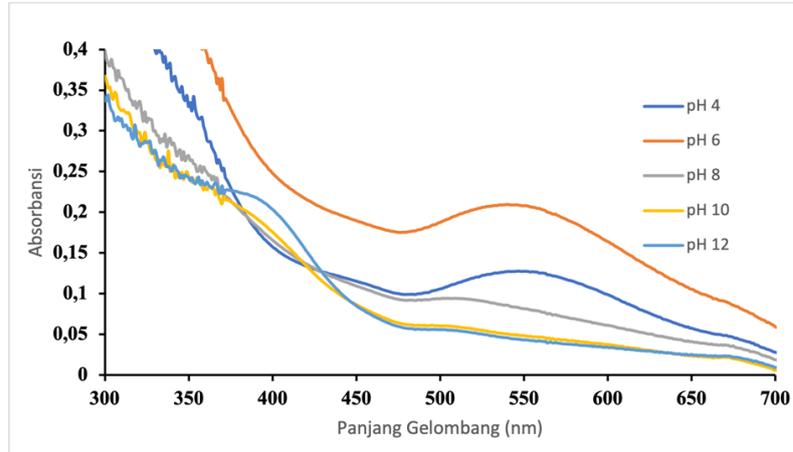
Kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan membaca serapan pada panjang gelombang 200-800 nm, salah satu indikator keberhasilan pembentukan nanopartikel emas adalah dengan melihat pergeseran panjang gelombang maksimum nanopartikel emas (Melani., 2021). Menurut penelitian Fariyah & Taufikurohmah (2024) nanopartikel emas mempunyai panjang gelombang berkisar 500-600 nm.



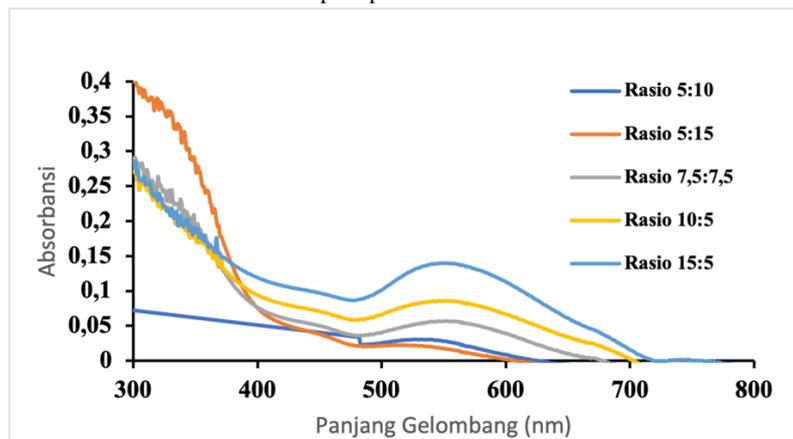
Gambar 1. Rasio Spektrofotometri UV-Vis



Gambar 2. Rasio Spektrofotometri UV-Vis



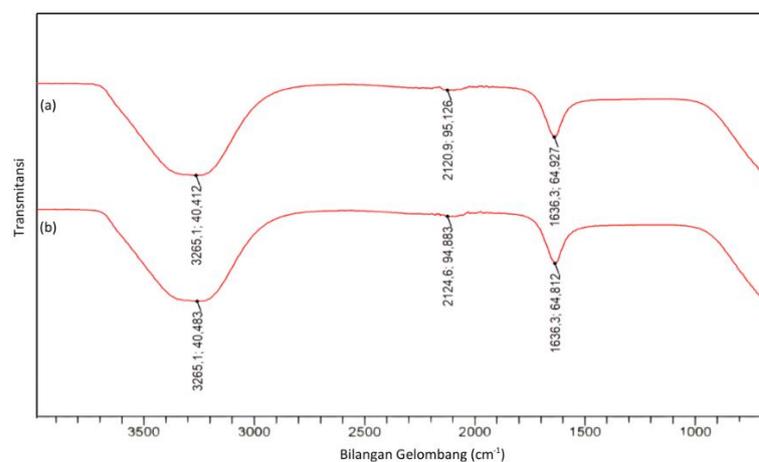
Gambar 3. pH Spektrofotometri UV-Vis



Gambar 4. rasio Spektrofotometri UV-Vis

Variasi pH berpengaruh terhadap ukuran dan stabilitas nanopartikel yang terbentuk. Panjang gelombang yang di peroleh sebelumnya menunjukan absorbansi 0,225 Abs dengan panjang gelombang maksimum pada 369 nm, setelah disintesis menggunakan reduktan dari ekstrak daun kelorm. Pada pH 6 panjang gelombang maksimum bergeser ke 540 nm dengan nilai absorbansi 0,215 Abs yang merupakan pH optimum . Kemudian pada rasio 15:5 memiliki panjang gelombang 535nm dengan nilai absorbansi 0,209 Abs. Penelitian ini berhasil melakukan sintesis nanopartikel emas karena sesuai berdasarkan teori bahwa nanopartikel emas mempunyai panjang gelombang berkisar 500-600 nm, oleh karena itu pH 6 dan rasio 15:5 di pilih sebagai sintesis emas yang paling optimum. Teori SPR (*Surface Plasmon Resonance*) menyatakan bahwa ukuran nanopartikel berkorelasi dengan panjang gelombang maksimum, artinya semakin besar ukuran nanopartikel maka panjang gelombang yang dihasilkan semakin panjang. Hal ini dikarenakan semakin jauh elektron yang tereksitasi dari keadaan dasar maka energi eksitasinya semakin kecil. (Lestari et al. 2022)

Karakterisasi *Transform Infrared Spectroscopy* (FT-IR)



Gambar 5. FT-IR

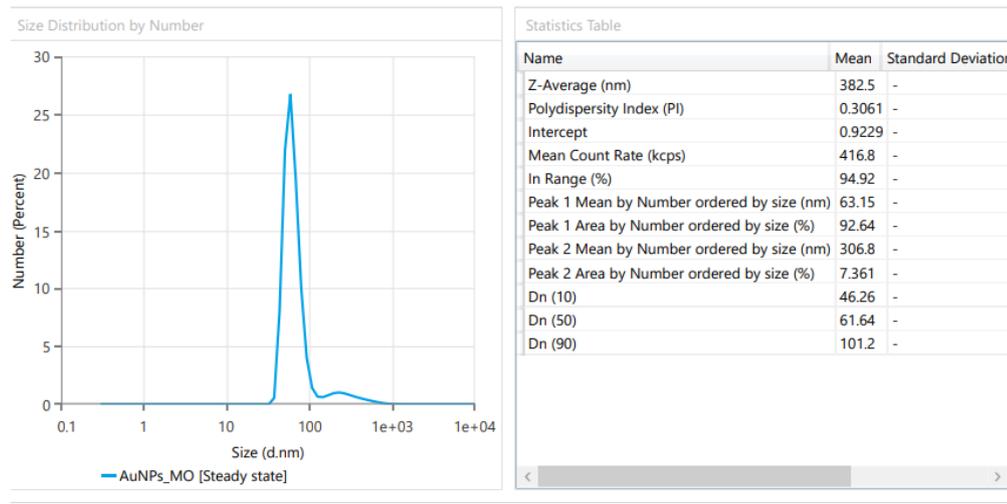
Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam ekstrak daun kelor dan nanopartikel emas hasil sintesis. Analisis ini bertujuan untuk menentukan perubahan kimia yang terjadi selama proses reduksi ion emas menjadi nanopartikel emas serta peran metabolit sekunder dalam stabilitas nanopartikel (Iqbal et al., 2019).

Spektrum FTIR ekstrak daun kelor menunjukkan puncak utama pada $3265,1 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan getaran regangan gugus hidroksil (O–H), $2124,6 \text{ cm}^{-1}$ yang terkait dengan regangan gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ atau $\text{C}\equiv\text{N}$, dan $1636,3 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan regangan simetris gugus karbonil (C=O). El-Borady et al. (2020) melaporkan kehadiran gugus fungsi seperti O–H, C=O, dan C≡N mengindikasikan adanya biomolekul seperti flavonoid, fenol, dan asam organik yang diketahui berperan dalam proses bioreduksi ion emas untuk membentuk nanopartikel emas.

Spektrum FTIR nanopartikel emas menunjukkan puncak yang serupa, dengan puncak utama pada $3265,1 \text{ cm}^{-1}$ (O–H) yang tetap terdeteksi meskipun intensitasnya menurun, $2120,9 \text{ cm}^{-1}$ (C≡C atau C≡N) yang mengalami pergeseran kecil, dan $1636,3 \text{ cm}^{-1}$ (C=O) yang tetap stabil, menunjukkan peran gugus karbonil dalam stabilisasi nanopartikel. Selain itu, muncul puncak baru pada rentang $600\text{--}400 \text{ cm}^{-1}$, yang merupakan karakteristik ikatan logam emas (Au). Pergeseran dan perubahan intensitas ini menunjukkan adanya interaksi langsung antara ion emas dengan gugus fungsi pada biomolekul (El-Borady et al., 2020).

Karakterisasi *Particle Size Analyzer* (PSA)

Teknik particles size analyzer bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel dari NPAu yang sesuai dengan ukuran standar yaitu $1\text{--}100 \text{ nm}$. Uji PSA ini dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan sehingga hasil akhir nantinya yang didapatkan bisa lebih jelas (Lestari et al., 2022).



Gambar 6. Particle Size Analyzer

Nanopartikel emas yang disintesis menggunakan ekstrak air daun salam dari hasil karakterisasi menggunakan PSA adalah 95,4 nm.

Kesimpulan

Sintesis nanopartikel emas (*AuNPs*) menggunakan metode green synthesis dengan bioreduktor ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) berhasil dilakukan, menunjukkan bahwa metode ini efektif, ramah lingkungan, dan ekonomis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH dan rasio pereaksi berpengaruh signifikan terhadap ukuran dan stabilitas nanopartikel yang dihasilkan, dengan kondisi optimum pada pH 6 dan rasio 15:5, menghasilkan panjang gelombang maksimum pada 535 nm-540 nm. Analisis FTIR menunjukkan keberadaan gugus fungsi seperti hidroksil, karbonil, dan nitril yang berperan dalam proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel emas. Selain itu, hasil PSA mengonfirmasi ukuran nanopartikel yang sesuai dengan standar (95,4 nm). Kesimpulan ini mendukung potensi besar metode *green synthesis* untuk aplikasi di bidang nanoteknologi.

Daftar Pustaka

- Aktivitas Antioksidan Dan Antibakteri Nanopartikel Emas Hasil Biosintesis, U., Tinggi Farmasi Mahaganisha, S., Tukad Barito No, J., & Denpasar, D. (2021). *Ilmiah Mahaganisha (Vol 1 No. 1 2 0 2 0)* Antioxidant and Antibacterial Activity of Gold Nanoparticles Resulting from Biosynthesis of Clove Flower Water Extract (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M. Perry) KOMANG MELIANI. *JIM: Jurnal Ilmiah Mahaganisha*.
- Amin, F., Mahardika, M., Fatimah, S., Studi Kimia, P., & Tinggi Analisis Kimia Cilegon, S. (2020). Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticles Using Bioreductor of *Crescentia cujete* Leaf Extracts. In *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia 54 Juli* (Vol. 4, Issue 2).
- Bharadwaj, K. K., Rabha, B., Pati, S., Sarkar, T., Choudhury, B. K., Barman, A., Bhattacharjya, D., Srivastava, A., Baishya, D., Edinur, H. A., Kari, Z. A., & Noor, N. H. M. (2021). Green synthesis of gold nanoparticles using plant extracts as beneficial prospect for cancer theranostics. In *Molecules* (Vol. 26, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/molecules26216389>
- Bouttier-Figueroa, D. C., Loreto-Romero, M. A., Roldan, M. A., González-Gutiérrez, F. H., Cortez-Valadez, M., Flores-Acosta, M., & Robles-Zepeda, R. E. (2024a). Green synthesis of gold nanoparticles via *Moringa oleifera* seed extract: antioxidant, antibacterial and anticarcinogenic activity on lung cancer. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 59(5), 231–240. <https://doi.org/10.1080/10934529.2024.2366736>
- Bouttier-Figueroa, D. C., Loreto-Romero, M. A., Roldan, M. A., González-Gutiérrez, F. H., Cortez-Valadez, M., Flores-Acosta, M., & Robles-Zepeda, R. E. (2024b). Green synthesis of gold nanoparticles via *Moringa oleifera* seed extract: antioxidant, antibacterial and anticarcinogenic activity on lung cancer. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 59(5), 231–240. <https://doi.org/10.1080/10934529.2024.2366736>
- Devina Ummul Agniya Ravana, & Anggi Arumsari. (2022). Kajian Literatur Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Emas Menggunakan Ekstrak Tanaman. *Jurnal Riset Farmasi*, 59–65. <https://doi.org/10.29313/jrf.v2i1.848>
- El-Borady, O. M., Ayat, M. S., Shabrawy, M. A., & Millet, P. (2020). Green synthesis of gold nanoparticles using Parsley leaves extract and their applications as an alternative catalytic, antioxidant, anticancer, and antibacterial agents. *Advanced Powder Technology*, 31(10), 4390–4400. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2020.09.017>
- Fariyah, N. I., & Taufikurohmah, T. (2024). Green Synthesis Gold Nanoparticles using Bioreductant Red Shoot Leaf Extract (*Syzygium myrtifolium* Walp.) and Activity as Antioxidant. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(4), 746–752. <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i4.7171>
- Indriyani, R., & Taufikurohmah, T. (2024). Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using *Moringa oleifera* Leaf Extract Bioreductor (*Moringa oleifera* L.) and Activity Test as

- Antioxidant. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(5), 881–887.
<https://doi.org/10.29303/jpm.v19i5.7325>
- Iqbal, J., Abbasi, B. A., Mahmood, T., Kanwal, S., Ahmad, R., & Ashraf, M. (2019). Plant-extract mediated green approach for the synthesis of ZnONPs: Characterization and evaluation of cytotoxic, antimicrobial and antioxidant potentials. *Journal of Molecular Structure*, 1189, 315–327.
<https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.04.060>
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., Esati, N. K., Suprihatin, I. E., & Ankamwar, B. (2022a). KARAKTERISASI GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL EMAS (NP Au) MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR BIJI CENGKEH. *Jurnal Kimia*, 122.
<https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i01.p16>
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., Esati, N. K., Suprihatin, I. E., & Ankamwar, B. (2022b). KARAKTERISASI GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL EMAS (NP Au) MENGGUNAKAN EKSTRAK AIR BIJI CENGKEH. *Jurnal Kimia*, 122.
<https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i01.p16>
- Nadia Athiyah Rahma, Hilda Aprilia Wisnuwardhani, & Anggi Arumsari. (2022). Studi Literatur Sintesis, Karakterisasi serta Kajian Aktivitas Antioksidan Nanopartikel Emas. *Bandung Conference Series: Pharmacy*, 2(2).
<https://doi.org/10.29313/bcsp.v2i2.3265>
- Nancy Willian. (2022). *One-step Green Sintesis Nanopartikel Emas : Potensi Ekstrak Mangrove Sebagai Marine Bioreduktor*.
- Nurfadia, V. H., Wilapangga, A., Royani, S., S1, J., Klinis, F., Sekolah, K., Kesehatan, T., & Cipta, B. (2024). Green Synthesis Nanopartikel Perak (NP Ag) Menggunakan Ekstrak Etanol 96% Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Antibakteri. In *Journal Of Pharmacy* (Vol. 1, Issue 2).
- Oktavia, I. N., & Sutoyo, S. (2021). ARTICLE REVIEW: SYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES USING BIOREDUCTOR FROM PLANT EXTRACT AS AN ANTIOXIDANT. In *UNESA Journal of Chemistry* (Vol. 10, Issue 1).