

GREEN SYNTHESIS NANOPARTIKEL EMAS MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN ALPUKAT (*PERSEA AMERICANA* MILL.) SEBAGAI BIOREDUKTOR SERTA UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDANNYA

Widya Kusuma Wardani¹, Titik Taufikurohmah^{1*}

¹Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Surabaya, Jawa Timur 60231

*E-mail: titiktaufikurohmah@unesa.ac.id

Riwayat Article

Received: 22 July 2026; Received in Revision: 28 September 2026; Accepted: 29 September 2026

Abstract

Gold nanoparticles (AuNPs) possess unique physicochemical characteristics, making them a promising candidate for development in various fields. The use of chemical reagents in conventional synthesis has spurred the development of more environmentally friendly "green synthesis" methods. This study aims to synthesize AuNPs using an avocado leaf (*Persea americana* Mill.) infusion extract as a bioreductant and to evaluate the antioxidant activity of the synthesized AuNPs. The synthesis was performed using HAuCl₄ with an initial concentration of 20 ppm, followed by characterization via UV-Vis spectrophotometry and Transmission Electron Microscopy (TEM). Antioxidant activity was tested using the ABTS method at concentrations of 2.5, 5, 10, and 20 ppm and analyzed based on the percentage of extinction and the IC₅₀ value. The formation of AuNPs was confirmed by a color change to purplish red and the appearance of a Surface Plasmon Resonance (SPR) peak at 537 nm. TEM results showed an average particle diameter of 30.91 nm. The percentage of extinction increased with increasing AuNPs concentration, namely 39.2%; 53.3%; 66.2%; and 89.6%, with an IC₅₀ value of 4.93 ppm. Based on the classification by Wardani et al. (2025), this value falls into the "very strong" category. The observed antioxidant activity is believed to be related to the contribution of bioactive compounds in the avocado leaf extract, which play a role in the reduction and stabilization of the nanoparticles.

Keywords: Gold Nanoparticles, green synthesis, avocado leaves, antioxidants, ABTS

Abstrak

Nanopartikel emas (AuNPs) memiliki karakteristik fisikokimia yang unik sehingga berpotensi dikembangkan dalam berbagai bidang. Penggunaan pereaksi kimia pada sintesis konvensional mendorong pengembangan metode *green synthesis* yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mensintesis AuNPs menggunakan ekstrak infusa daun alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai bioreduktor serta mengkaji aktivitas antioksidan pada AuNPs hasil sintesis. Sintesis menggunakan HAuCl₄ dengan konsentrasi awal 20 ppm, kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode ABTS pada konsentrasi 2,5; 5; 10; dan 20 ppm dan dianalisis berdasarkan persen peredaman serta nilai IC₅₀. Pembentukan AuNPs dikonfirmasi melalui perubahan warna menjadi merah keunguan dan munculnya puncak *Surface Plasmon Resonance* (SPR) pada 537 nm. Hasil TEM menunjukkan rata-rata diameter partikel sebesar 30,91 nm. Persentase peredaman meningkat seiring bertambahnya konsentrasi AuNPs, yaitu 39,2%; 53,3%; 66,2%; dan 89,6%, dengan nilai IC₅₀ sebesar 4,93 ppm. Berdasarkan klasifikasi Wardani *et al.* (2025), nilai tersebut termasuk kategori sangat kuat. Aktivitas antioksidan yang teramati diduga berkaitan dengan kontribusi senyawa bioaktif ekstrak daun alpukat yang berperan dalam reduksi dan stabilisasi nanopartikel.

Kata Kunci: Nanopartikel emas, *green synthesis*, daun alpukat, antioksidan, ABTS

1. Introduction

Nanoteknologi merupakan bidang ilmu yang mempelajari sintesis, rekayasa, dan aplikasi material berukuran 1–100 nm (nanomaterial) yang memiliki sifat fisikokimia berbeda dibandingkan material berukuran bulk (Paramita & Priyono, 2024). Di antara berbagai jenis nanomaterial, nanopartikel emas (AuNPs) mendapat perhatian yang luas karena memiliki biokompatibilitas yang baik, sedangkan profil toksisitasnya dipengaruhi oleh karakteristik nanopartikel, seperti ukuran, bentuk, konsentrasi, dan modifikasi permukaan (Aprilia & Taufikurohmah, 2024). Karakteristik tersebut menjadikan AuNPs berpotensi dikembangkan dalam berbagai aplikasi biomedis, seperti penghantaran obat, agen antibakteri, serta sistem yang menunjukkan aktivitas antioksidan ketika sifat permukaan atau senyawa bioaktif hasil sintesis berkontribusi terhadap mekanisme penangkapan radikal (Pertiwi *et al.*, 2024). Sintesis nanopartikel emas dapat dilakukan dengan metode konvensional melalui pendekatan fisika dan kimia, namun kedua pendekatan tersebut umumnya membutuhkan energi yang tinggi, biaya proses yang relatif besar, serta melibatkan penggunaan bahan kimia yang berpotensi menghasilkan limbah berbahaya bagi lingkungan (Fernanda & Taufikurohmah, 2024).

Green synthesis menjadi salah satu alternatif sintesis nanopartikel yang berpotensi lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi (bioreduktor) sekaligus agen penstabil (*capping agent*). Peran tersebut berasal dari kandungan metabolit sekunder, seperti flavonoid dan tanin yang merupakan senyawa fenolik dan memiliki gugus fungsi hidroksil (-OH) sehingga mampu mendonorkan elektron untuk mereduksi ion Au^{3+} menjadi Au^0 serta membantu menstabilkan nanopartikel yang terbentuk (Lestari *et al.*, 2022). Salah satu tanaman yang berpotensi dimanfaatkan adalah daun alpukat (*Persea americana* Mill.), yang kaya akan senyawa fenolik, terutama flavonoid, sehingga berpotensi digunakan sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas (Siregar, 2018). Selain berperan dalam proses reduksi, kandungan senyawa fenolik pada ekstrak daun alpukat diketahui memiliki aktivitas antioksidan, sedangkan potensi aktivitas antioksidan pada AuNPs hasil *green synthesis* masih perlu dievaluasi melalui pengujian lebih lanjut. Selain itu, daun alpukat dipilih karena mudah diperoleh, tersedia dalam jumlah melimpah, serta pemanfaatannya tidak memengaruhi nilai ekonomi tanaman (Waruwu *et al.*, 2023).

Aktivitas antioksidan pada nanopartikel emas (AuNPs) hasil *green synthesis* dapat dipengaruhi oleh karakteristik permukaan nanopartikel serta senyawa bioaktif yang berperan selama proses sintesis. Penelitian (Rahmah *et al.*, 2023) melaporkan bahwa ekstrak etanol daun alpukat menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 9,24 ppm menggunakan metode DPPH. Hasil tersebut menunjukkan adanya potensi senyawa bioaktif dalam daun alpukat sebagai sumber aktivitas antioksidan, tetapi tidak secara langsung menunjukkan aktivitas antioksidan AuNPs hasil sintesis. Sementara itu, pemanfaatan ekstrak infusa daun alpukat sebagai bioreduktor dalam sintesis AuNPs dan evaluasi aktivitas antioksidan AuNPs menggunakan metode ABTS masih terbatas dilaporkan. Metode infusa dipilih karena menggunakan air sebagai pelarut dengan pemanasan terkontrol, sehingga dapat mengekstraksi senyawa polar, termasuk senyawa fenolik dan flavonoid, yang berpotensi berperan dalam proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel (Hasanah *et al.*, 2023). Selanjutnya, metode ABTS digunakan karena memiliki sensitivitas yang baik serta dapat mengevaluasi aktivitas antioksidan dari senyawa yang bersifat hidrofilik maupun lipofilik (Andry *et al.*, 2025).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mensintesis nanopartikel emas melalui pendekatan *green synthesis* dengan memanfaatkan ekstrak infusa daun alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai bioreduktor. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan ekstrak infusa daun alpukat sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel emas serta evaluasi aktivitas antioksidan nanopartikel hasil sintesis menggunakan metode ABTS. Nanopartikel hasil sintesis selanjutnya dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengidentifikasi karakteristik serapan dan mengonfirmasi terbentuknya nanopartikel emas berdasarkan pita *Surface Plasmon Resonance* (SPR), serta *Transmission Electron Microscopy* (TEM) untuk mengamati morfologi dan ukuran partikel. Aktivitas antioksidan nanopartikel hasil sintesis kemudian dievaluasi menggunakan metode ABTS, yang memungkinkan penilaian kemampuan sampel dalam menangkap radikal $\text{ABTS}^{\bullet+}$.

2. Methodology

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk meneliti pengaruh variasi konsentrasi nanopartikel emas terhadap aktivitas antioksidan. Sintesis nanopartikel emas dilakukan secara biologis dengan memanfaatkan ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai bioreduktor, kemudian efeknya terhadap aktivitas antioksidan dianalisis melalui metode uji yang tepat.

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gelas kimia 1000 mL dan 100 mL, gelas ukur 100 mL dan 10 mL, corong kaca, hot plate, pengaduk kaca, pipet tetes, erlenmeyer 250 mL, aluminium foil, tabung reaksi, rak tabung reaksi, penjepit kayu, neraca analitik, blender, kuvet, spektrofotometer UV-Vis, dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Bahan yang digunakan terdiri atas daun alpukat (*Persea americana* Mill.), akuades, larutan induk HAuCl_4 100 ppm, kertas saring, dan larutan ABTS.

2.2. Pembuatan Bioreduktor Ekstrak Daun Alpukat

Ekstrak daun alpukat diperoleh menggunakan metode infusa dengan pelarut akuades pada suhu sekitar 90°C selama 15 menit. Daun alpukat yang telah dipreparasi dihaluskan menggunakan blender, kemudian sebanyak 10 g sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan 100 mL akuades. Campuran selanjutnya dipanaskan dalam penangas air di atas *hot plate* selama 15 menit sambil diaduk sesekali. Setelah proses ekstraksi selesai, campuran disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dari residunya sehingga diperoleh ekstrak infusa daun alpukat.

2.3. Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Metode *Green Synthesis*

Sebanyak 2 mL larutan HAuCl_4 100 ppm dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian ditambahkan akuades hingga tanda batas sehingga diperoleh larutan HAuCl_4 dengan konsentrasi akhir 20 ppm. Larutan kemudian dihomogenkan hingga tercampur merata. Selanjutnya, sebanyak 1 mL ekstrak infusa daun alpukat ditambahkan ke dalam larutan HAuCl_4 20 ppm. Campuran dipanaskan pada suhu 90 °C dengan pengadukan menggunakan pengaduk magnetik pada kecepatan 500 rpm selama 15 menit hingga terjadi perubahan warna menjadi merah keunguan sebagai indikasi terbentuknya nanopartikel emas. Setelah proses pemanasan selesai, campuran dimasukkan ke dalam botol vial kaca dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang sebelum dilakukan karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM).

2.4. Karakterisasi Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas hasil sintesis menggunakan ekstrak infusa daun alpukat sebagai bioreduktor dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Karakterisasi UV-Vis dilakukan terhadap larutan nanopartikel hasil sintesis dengan prekursor HAuCl_4 pada konsentrasi awal 20 ppm. Sampel dimasukkan ke dalam kuvet, kemudian spektrum serapan diukur pada rentang panjang gelombang 400–600 nm. Akuades digunakan sebagai blanko untuk mengoreksi serapan pelarut, sedangkan pengukuran dilakukan pada suhu ruang. Spektrum yang diperoleh digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) dan nilai absorbansi serta mengidentifikasi *plasma surface plasmon resonance* (SPR) yang menjadi karakteristik optik nanopartikel emas.

Karakterisasi menggunakan TEM dilakukan untuk mengamati morfologi dan menentukan ukuran nanopartikel hasil sintesis. Grid TEM dibersihkan terlebih dahulu menggunakan pelarut organik, kemudian dikeringkan sebelum digunakan. Sejumlah kecil sampel nanopartikel ditetaskan pada permukaan grid berlapis karbon (*carbon-coated grid*) dan dibiarkan hingga mengering pada suhu ruang dalam wadah tertutup untuk meminimalkan kontaminasi. Grid yang telah mengandung sampel kemudian diamati menggunakan TEM. Ukuran partikel ditentukan dengan mengukur diameter partikel pada citra TEM menggunakan perangkat lunak ImageJ. Pengukuran dilakukan terhadap sejumlah partikel yang teramati pada citra, kemudian dihitung nilai rata-rata dan standar deviasi ukuran partikel. Morfologi nanopartikel ditentukan berdasarkan bentuk partikel yang tampak pada citra TEM.

2.5. Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan ABTS

Pengujian aktivitas antioksidan diawali dengan pembuatan larutan radikal kation ABTS^{•+} dalam kondisi gelap. Larutan ABTS^{•+} dibuat dengan melarutkan ABTS dan K₂S₂O₈ dalam akuades, kemudian kedua larutan dicampurkan dan dihomogenkan. Campuran selanjutnya diinkubasi selama 12 jam dalam kondisi gelap hingga terbentuk larutan berwarna biru kehijauan. Larutan ABTS^{•+} kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 600 - 800 nm untuk menentukan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}).

Larutan nanopartikel hasil sintesis dari prekursor HAuCl₄ dengan konsentrasi awal 20 ppm digunakan sebagai larutan stok. Larutan tersebut diencerkan menggunakan akuades hingga diperoleh konsentrasi AuNPs sebesar 20, 10, 5, dan 2,5 ppm. Sebanyak 1 mL dari masing-masing konsentrasi AuNPs dicampurkan dengan 1 mL larutan ABTS^{•+}, kemudian ditambahkan akuades hingga volume akhir 5 mL. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 7 menit dalam kondisi gelap. Absorbansi kemudian diukur pada λ_{maks} ABTS^{•+}. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk setiap konsentrasi. Blanko dibuat dengan mereaksikan larutan ABTS^{•+} tanpa penambahan AuNPs dan digunakan sebagai pembanding dalam perhitungan aktivitas antioksidan. Persentase inhibisi radikal ABTS^{•+} dihitung berdasarkan persamaan:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{(\bar{A} \text{ blanko}) - (\bar{A} \text{ sampel})}{(\bar{A} \text{ blanko})} \times 100 \quad (1)$$

dengan $\bar{A} \text{ blanko}$ merupakan rata-rata absorbansi larutan ABTS^{•+} tanpa AuNPs dan $\bar{A} \text{ sampel}$ merupakan rata-rata absorbansi campuran ABTS^{•+} dengan AuNPs. Nilai persentase inhibisi diplot terhadap konsentrasi AuNPs dan dianalisis menggunakan regresi linear dengan persamaan:

$$y = ax + b \quad (2)$$

Nilai IC₅₀ ditentukan dengan mensubstitusikan nilai ($y = 50$) ke dalam persamaan regresi sehingga diperoleh konsentrasi AuNPs yang menghasilkan persentase inhibisi sebesar 50%.

2.5. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk mendeskripsikan perubahan warna selama proses sintesis serta karakteristik nanopartikel berdasarkan spektrum UV-Vis dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM). Analisis kuantitatif dilakukan terhadap data hasil karakterisasi dan pengujian aktivitas antioksidan. Data ukuran nanopartikel berdasarkan citra TEM dianalisis menggunakan perangkat lunak ImageJ dan disajikan dalam bentuk nilai rata-rata dan standar deviasi.

Data aktivitas antioksidan diperoleh dari hasil pengukuran absorbansi yang dilakukan sebanyak tiga kali pada setiap konsentrasi AuNPs. Data tersebut diolah untuk memperoleh nilai persentase inhibisi, kemudian diplot terhadap konsentrasi AuNPs dan dianalisis menggunakan regresi linear. Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk menunjukkan tingkat kesesuaian hubungan antara konsentrasi AuNPs dan persentase inhibisi terhadap model regresi linear. Nilai IC₅₀ ditentukan berdasarkan persamaan regresi linear sebagaimana telah dijelaskan pada subbab pengujian aktivitas antioksidan menggunakan ABTS.

Aktivitas antioksidan diinterpretasikan berdasarkan nilai IC₅₀ dengan mengacu pada klasifikasi Wardani *et al.* (2025), yaitu aktivitas antioksidan dikategorikan sangat kuat apabila nilai IC₅₀ < 50 ppm, kuat apabila nilai IC₅₀ berada pada rentang 50–100 ppm, sedang apabila nilai IC₅₀ berada pada rentang 101–150 ppm, dan lemah apabila nilai IC₅₀ berada pada rentang 151–200 ppm.

3. Results and Discussion

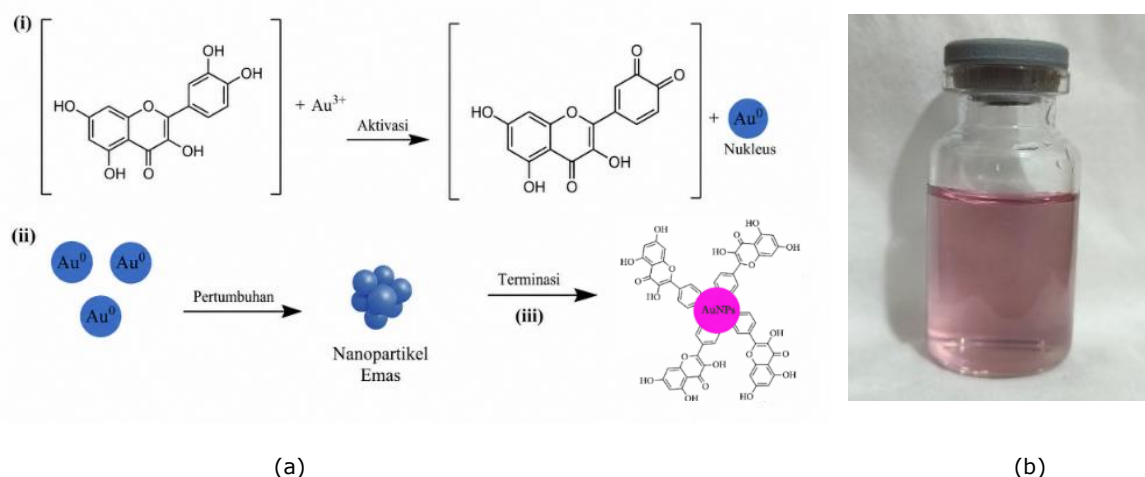
3.1. Pembuatan Ekstrak Daun Alpukat Sebagai Bioreduktor



Gambar 1. Ekstrak infusa daun alpukat

Ekstrak daun alpukat diperoleh menggunakan metode infusa menghasilkan larutan berwarna kuning kehijauan seperti yang ditampilkan pada Gambar 1. Warna filtrat yang dihasilkan menunjukkan bahwa senyawa bioaktif telah berhasil terekstraksi ke dalam akuades dan selanjutnya digunakan sebagai bioreduktor pada proses sintesis nanopartikel emas.

3.2. Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Metode *Green Synthesis*

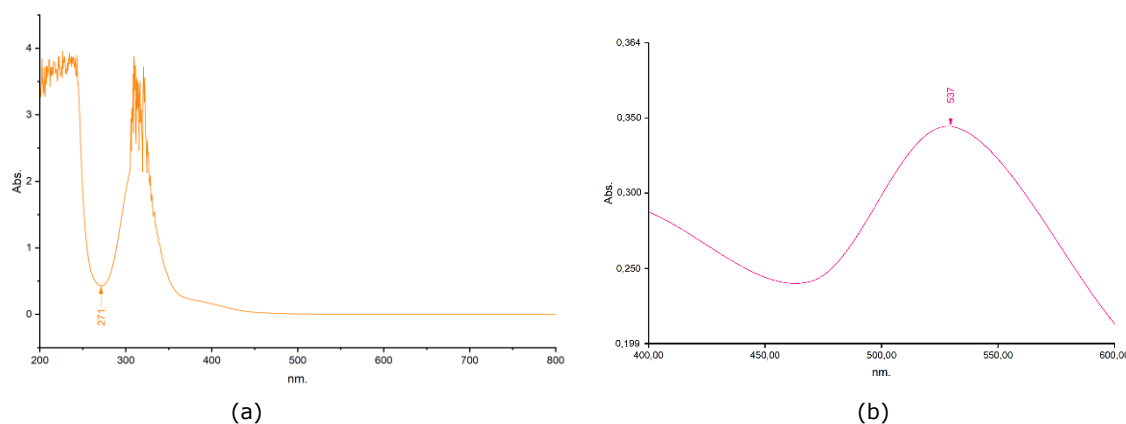


Gambar 2. (a) Mekanisme pembentukan nanopartikel emas ; (b) Hasil sintesis nanopartikel emas

Pembentukan AuNPs berlangsung melalui tahap aktivasi, pertumbuhan, dan terminasi hingga terbentuk nanopartikel yang stabil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (Fernanda & Taufikurohmah, 2024). Keberhasilan sintesis AuNPs ditunjukkan oleh perubahan warna dari larutan yang semula warna kuning menjadi warna merah keunguan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, yang merupakan indikasi terbentuknya fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR). Perubahan warna larutan hanya memberikan indikasi awal terbentuknya AuNPs.

3.3. Karakterisasi Nanopartikel Emas

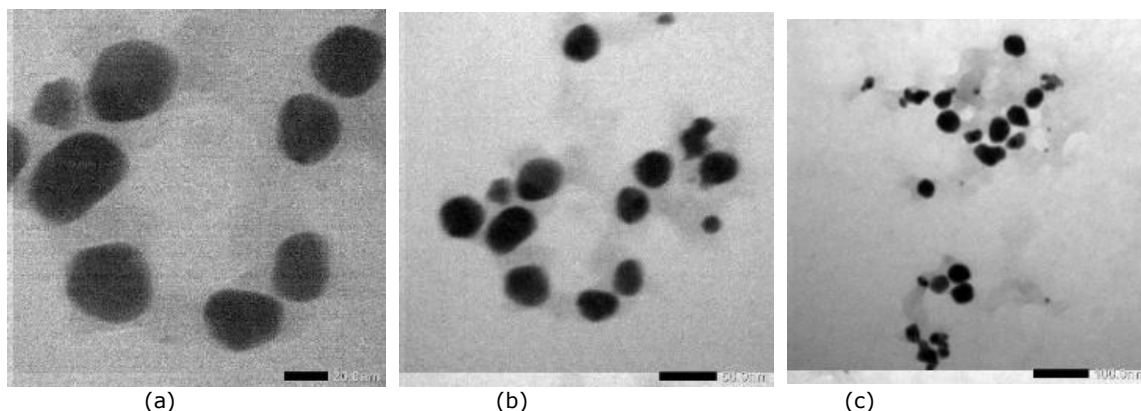
Keberhasilan sintesis nanopartikel emas dikonfirmasi melalui karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang ditandai dengan munculnya pita *Surface Plasmon Resonance* (SPR). Sebelum proses reduksi, larutan HAuCl₄ menunjukkan panjang gelombang maksimum sebesar 271 nm dengan nilai absorptansi 0,429. Setelah penambahan ekstrak infusa daun alpukat (*Persea americana* Mill.), larutan berubah warna dari kuning menjadi merah keunguan disertai pergeseran panjang gelombang maksimum ke 537 nm dengan nilai absorptansi 0,336 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil spektrofotometer UV-Vis. (a) AuCl_4^- ; (b) Nanopartikel emas 20 ppm

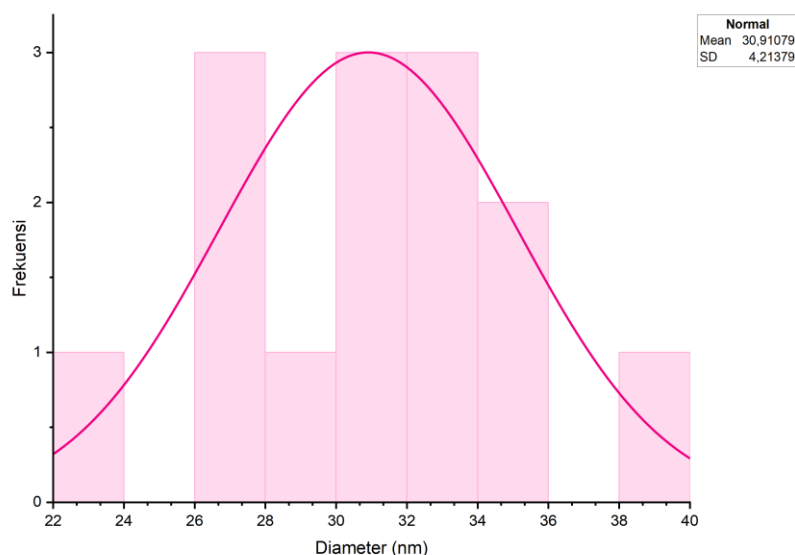
Pergeseran panjang gelombang dari 271 nm menjadi 537 nm menunjukkan bahwa ion Au^{3+} telah berhasil direduksi menjadi Au^0 sehingga terbentuk nanopartikel emas. Puncak serapan pada 537 nm berada dalam rentang karakteristik SPR nanopartikel emas, yaitu sekitar 500–600 nm (Fazrin *et al.*, 2020). Hasil ini sejalan dengan penelitian Farihah & Taufikurohmah (2024) yang melaporkan pembentukan AuNPs ekstrak daun pucuk merah dengan puncak SPR pada 530,5 nm serta penelitian Triana & Taufikurohmah (2024) yang memperoleh puncak SPR AuNPs ekstrak buah belimbing wuluh pada 536 nm. Dengan demikian, hasil karakterisasi UV-Vis mengonfirmasi bahwa sintesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak infusa daun alpukat berhasil dilakukan. Untuk mengonfirmasi hasil tersebut, dilakukan karakterisasi lanjutan menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) guna mengamati morfologi, ukuran, dan distribusi ukuran nanopartikel secara langsung.

Hasil pengamatan TEM dapat dilihat pada Gambar 4, menunjukkan bahwa nanopartikel emas hasil *green synthesis* menggunakan ekstrak infusa daun alpukat memiliki morfologi *quasi-spherical* (hampir bulat).



Gambar 4. Hasil TEM nanopartikel emas 20 ppm, perbesaran (a) 150.000 ; (b) 80.000 ; (c) 40.000

Analisis diameter partikel menggunakan perangkat lunak ImageJ, yang kemudian disajikan dalam bentuk histogram menggunakan OriginLab seperti pada Gambar 5, menunjukkan bahwa nanopartikel memiliki ukuran pada rentang 22–40 nm dengan diameter rata-rata sebesar $30,91 \pm 4,21$ nm. Distribusi ukuran yang relatif homogen mengindikasikan bahwa proses sintesis menghasilkan nanopartikel yang cukup seragam.



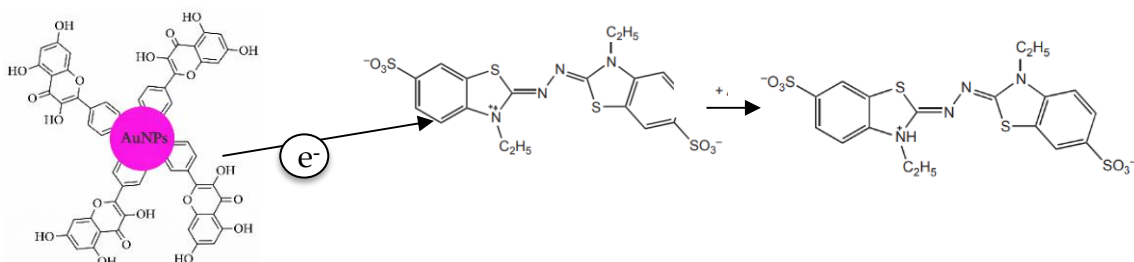
Gambar 5. Hasil histogram analisis menggunakan OriginLab

Keseragaman ukuran tersebut diduga dipengaruhi oleh kandungan senyawa polifenol dalam ekstrak daun alpukat yang tidak hanya berperan sebagai bioreduktor, tetapi juga sebagai *capping agent*. Senyawa ini melapisi permukaan nanopartikel sehingga menghambat agregasi dan mengendalikan pertumbuhan partikel selama proses sintesis (Oktavia & Sutoyo, 2021; Waruwu *et al.*, 2023). Diameter nanopartikel yang diperoleh masih berada dalam kisaran ukuran nanopartikel, yaitu 1–100 nm, sehingga menunjukkan bahwa sintesis AuNPs telah berhasil dilakukan.

Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian (Indriyani & Taufikurohmah, 2024) yang melaporkan rata-rata diameter AuNPs ekstrak daun kelor sebesar 6,63 nm dan penelitian Fariyah & Taufikurohmah (2024) yang mendapatkan diameter AuNPs ekstrak daun pucuk merah sebesar 14,9 nm. Kedua penelitian tersebut melaporkan keberhasilan sintesis AuNPs menggunakan ekstrak tumbuhan dengan ukuran partikel pada skala nanometer. Perbedaan ukuran nanopartikel yang diperoleh dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti konsentrasi prekursor, konsentrasi ekstrak sebagai bioreduktor dan *capping agent*, pH, suhu, serta waktu reaksi yang memengaruhi proses nukleasi dan pertumbuhan partikel (Fatima *et al.*, 2024)

3.4. Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan ABTS

Setelah pembentukan nanopartikel emas dikonfirmasi, aktivitas antioksidan AuNPs diuji menggunakan metode ABTS yang dipilih karena memiliki sensitivitas tinggi dan mampu mengukur aktivitas antioksidan senyawa hidrofilik maupun lipofilik (Andry *et al.*, 2025). Pengujian didasarkan pada kemampuan antioksidan mereduksi radikal kation ABTS $\bullet^+$ melalui transfer elektron atau atom hidrogen (Gambar 6) sehingga terbentuk ABTS yang lebih stabil, ditandai dengan penurunan intensitas warna biru kehijauan dan nilai absorbansi.



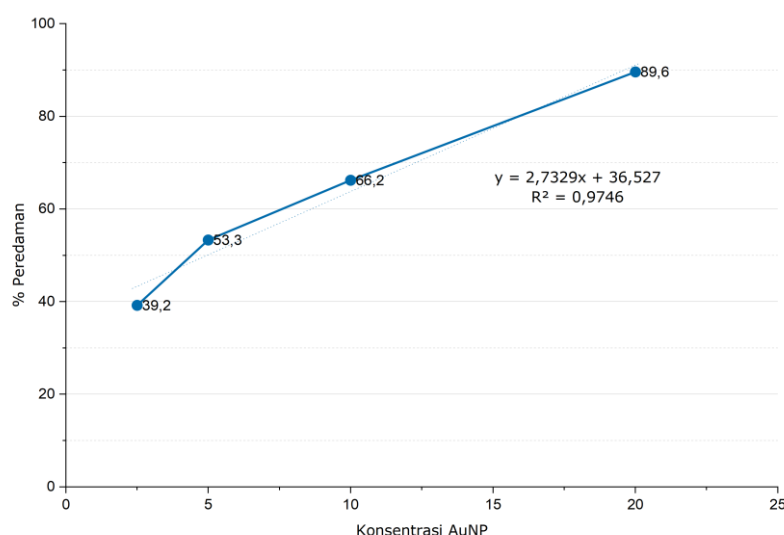
Gambar 6. Reaksi peredaman ABTS oleh elektron dari nanopartikel emas

Hasil pengukuran larutan ABTS•⁺ memiliki panjang gelombang maksimum 729,21 nm dengan nilai absorbansi 0,7952 dan digunakan sebagai panjang gelombang pengukuran seluruh sampel. Persen peredaman yang diperoleh pada konsentrasi AuNPs 2,5; 5; 10; dan 20 ppm berturut-turut sebesar 39,2%; 53,3%; 66,2%; dan 89,6% (Tabel 1). Hasil tersebut menunjukkan hubungan linear antara konsentrasi AuNPs dan persen peredaman radikal ABTS•⁺, sehingga peningkatan konsentrasi nanopartikel emas diikuti oleh peningkatan aktivitas antioksidan. Semakin tinggi konsentrasi nanopartikel emas, semakin banyak partikel yang berinteraksi dengan radikal bebas sehingga transfer elektron berlangsung lebih efektif dan jumlah radikal yang dinetralkan semakin besar (Andry *et al.*, 2025). Pada penelitian ini, peningkatan aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh bertambahnya konsentrasi nanopartikel, sedangkan ukuran partikel relatif tetap karena seluruh variasi konsentrasi diperoleh melalui pengenceran larutan induk AuNPs 20 ppm.

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi dan persen peredaman ABTS oleh nanopartikel emas

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi pada λ 729,2 nm			Rata-rata	% Peredaman
	1	2	3		
2,5 ppm	0,482	0,483	0,484	0,483	39,2
5 ppm	0,371	0,371	0,370	0,371	53,3
10 ppm	0,268	0,268	0,268	0,268	66,2
20 ppm	0,081	0,082	0,082	0,082	89,6

Aktivitas antioksidan AuNPs diduga dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu luas permukaan nanopartikel yang besar sehingga menyediakan lebih banyak sisi aktif untuk berinteraksi dengan radikal bebas serta keberadaan senyawa bioaktif dari ekstrak daun alpukat yang teradsorpsi pada permukaan nanopartikel dan berperan sebagai *capping agent* (Pertiwi *et al.*, 2024). Senyawa polifenol, terutama flavonoid, yang teradsorpsi pada permukaan AuNPs masih memiliki gugus hidroksil fenolik (-OH) yang dapat mempertahankan kemampuan redoksnya. Gugus hidroksil tersebut dapat mendonorkan elektron atau atom hidrogen kepada radikal kation ABTS•⁺ sehingga radikal tersebut mengalami reduksi menjadi bentuk yang lebih stabil (Oktavia & Sutoyo, 2021). Dengan demikian, keberadaan senyawa polifenol yang teradsorpsi pada permukaan AuNPs dapat berkontribusi terhadap aktivitas penangkapan radikal ABTS•⁺, sehingga aktivitas antioksidan AuNPs diduga tidak hanya berkaitan dengan karakteristik permukaan inti emas, tetapi juga dengan senyawa bioaktif yang berperan sebagai *capping agent*.



Gambar 7. Kurva persen peredaman ABTS oleh nanopartikel emas

Analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan antara konsentrasi AuNPs dan persen peredaman mengikuti pola linear dengan persamaan $y = 2,7329x + 36,527$ serta nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9746 pada Gambar 7. Besarnya nilai R^2 mengindikasikan bahwa model regresi mampu menggambarkan hubungan antara kedua variabel dengan sangat baik. Dari persamaan tersebut diperoleh nilai IC_{50} sebesar 4,93 ppm, sehingga AuNPs yang disintesis melalui metode green synthesis termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat. Aktivitas antioksidan yang diperoleh juga lebih tinggi dibandingkan ekstrak etanol daun alpukat yang dilaporkan oleh Rahmah et al. (2023) dengan nilai IC_{50} sebesar 9,24 ppm. Hasil ini membuktikan bahwa ekstrak infusa daun alpukat efektif dimanfaatkan sebagai bioreduktor untuk menghasilkan nanopartikel emas dengan kemampuan antioksidan yang tinggi.

4. Conclusion

Green synthesis nanopartikel emas menggunakan ekstrak daun alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai bioreduktor berhasil dilakukan, ditandai dengan terbentuknya larutan berwarna merah keunguan dan munculnya puncak *Surface Plasmon Resonance* (SPR) pada panjang gelombang 537 nm. Hasil karakterisasi menggunakan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) menunjukkan bahwa nanopartikel yang terbentuk memiliki ukuran rata-rata 30,91 nm, yang menunjukkan terbentuknya partikel berukuran nanometer dan mendukung hasil analisis UV-Vis. Nanopartikel emas hasil sintesis menunjukkan aktivitas antioksidan terhadap radikal ABTS dengan hubungan linear antara konsentrasi nanopartikel dan persentase peredaman serta nilai IC_{50} sebesar 4,93 ppm yang termasuk dalam kategori sangat kuat berdasarkan klasifikasi Wardani et al. (2025). Pendekatan *green synthesis* yang digunakan berpotensi menjadi alternatif sintesis nanopartikel yang lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan ekstrak daun alpukat sebagai bioreduktor dan *capping agent*, dengan kontribusi senyawa fitokimia, khususnya polifenol dan flavonoid, dalam proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel serta mendukung aktivitas antioksidannya.

References

- Andry, M., Karo, S. U. K., Lubis, I. P., Lubis, E. S., Lubis, M. A., & Nasution, H. R. (2025). Antioxidant Activity Test Of Avocado Leaf Kombucha (*Persea Americana* Mill .) Based On Fermentation Duration Using The Abts Method. *Journal Of Pharmaceutical And Sciences*, 8(4), 2609–2622.
- Aprilia, N. R., & Taufikurohmah, T. (2024). Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi Green Synthesis Of Gold Nanoparticles Using Basella Alba Leaf Extract And Their Antioxidant Activity. *Journal Of Scientific And Applied Chemistry*, 27(8), 381–387.
- 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.
- Fatima, Z., Saleem, R., Rashad, K., Liaqat, M., Pervaiz, M., Saeed, Z., Muhammad, G., Amin, M., & Rasheed, S. (2024). Biocatalysis And Agricultural Biotechnology Green Synthesis , Properties , And Biomedical Potential Of Gold Nanoparticles : A Comprehensive Review. *Elsevier*, 59(103271), 1878–8181.
- Fazrin, E. I., Naviardianti, A. I., Wyantuti, S., Gaffar, S., & Hartati, Y. W. (2020). Review : Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Emas (Aunp) Serta Konjugasi Aunp Dengan Dna Dalam Aplikasi Biosensor Elektrokimia. *Pendipa Journal Of Science Education*, 4(2), 21–39.
- Fernanda, C. D., & Taufikurohmah, T. (2024). Green Synthesis Gold Nanoparticles Using Bioreductor Of Butterfly Pea (*Clitoria Ternatea* L.) Leaf Extract As An Antioxidant. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(4), 726–731.
- Hasanah, A. M., Kurniawan, K., & Fadholah, A. (2023). Perbandingan Kadar Total Flavonoid Metode Infusa Dan Rendaman Buah Kurma Ajwa (*Phoenix Dactylifera* L.) Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Jurnal Ilmah Global Farmasi*, 1(1), 9–17.
- 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.
- Lestari, G. A. D., Cahyadi, K. D., Esati, N. K., Suprihatin, I. E., & Ankamwar, B. (2022). Karakterisasi Green Synthesis Nanopartikel Emas (Npau) Menggunakan Ekstrak Air Biji Cengkeh. *Jurnal Kimia*, 16(1), 122. <https://doi.org/10.24843/Jchem.2022.V16.I01.P16>
- Oktavia, I. N., & Sutoyo, S. (2021). Article Review: Synthesis Of Silver Nanoparticles Using Bioreductor From Plant Extract As An Antioxidant. *Unesa Journal Of Chemistry*, 10(1), 37–54.

- Paramita, S. A., & Priyono. (2024). Perkembangan Nanosains Dan Nanoteknologi: Fenomena Dari Sifat Fisika Dan Kimia. *Berkala Fisika*, 27(2), 49–57.
- Pertiwi, R. D., Utami, T. P., & Michelle. (2024). Biosintesis Dan Uji Antioksidan Nanopartikel Emas Menggunakan Kuersetin. *Archives Pharmacia*, 6(2), 99–116.
- Rahmah, R., Rahayu, Y. P., Ridwanto, & Daulay, A. S. (2023). Phytochemical Screening And Antioxidant Activity Testing Of Avocado Leaf Ethanol Extract (Persea Americana Mill.) Using The Dpph Method. *Journal Of Pharmaceutical And Sciences*, 1(1), 9–25.
- Siregar, M. (2018). Uji Aktivitas Antioksidan Infusa Daun Alpukat (Persea Americana Miller) Dengan Metode Dpph. *Herbal Medicine Journal*, 1(1), 10–14.
- Triana, A. D., & Taufikurohmah, T. (2024). Green Synthesis Of Gold Nanoparticles Using Bioreductors Of Bilimbi Fruit Extract (Averrhoa Bilimbi L .) As An Antioxidant. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(5), 875–880.
- Wardani, I. G. A. A. K., Adrianta, K. A., Udayani, N. N. W., Mendra, N. N. Y. M., Fridayana, N. L. G. E., & Suen, N. M. D. S. (2025). Antioxidant Activity Of Ethanol Extracts From Mangrove (Xylocarpus Granatum J.Koenig) Seed Coat And Fruit By Dpph And Frap Assays. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 11(1), 86–98. <https://doi.org/10.36733/Medicamento.V11i1.9426>
- Waruwu, A. D. Z., Ewiantini, N. L. P. W., & Sari, N. K. Y. S. (2023). Specific And Non-Specific Standardization Test Of Avocado Leaf Infusa And Decocta. *Jurnal Media Sains*, 7(1), 1–11.