Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 15, No. 4, Juli 2026, hal. 389 – 396
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.15.4.389-396.2026

Open Access

Pembuatan Nanopartikel *Zinc Oxide* melalui Metode Sintesis Hijau menggunakan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.)

Adinda Mahesa Putri, Sri Handani*, Afdhal Muttaqin
Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 17 Februari 2026
Direvisi: 15 Mei 2026
Diterima: 31 Juli 2026

Kata kunci:
Daun kersen
Nanopartikel
Seng oksida
Sintesis hijau

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel ZnO melalui metode sintesis hijau menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura L.*) sebagai agen bioreduktor dan penstabil alami. Metode sintesis hijau dipilih karena lebih ramah lingkungan dibandingkan metode kimia konvensional yang menggunakan bahan toksik dan energi tinggi. Ekstrak daun kersen mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, polifenol, dan tanin yang berfungsi sebagai agen pereduksi ion Zn^{2+} menjadi ZnO. Proses sintesis dilakukan dengan mencampurkan ekstrak daun kersen dalam berbagai konsentrasi (5%, 10%, dan 15%) ke dalam larutan zinc asetat dihidrat (0,05 M), kemudian dikalsinasi pada suhu 600°C. Hasil karakterisasi dengan analisis XRD memperlihatkan struktur kristal wurtzite dengan ukuran kristalit rata-rata 20–40 nm, sedangkan hasil SEM menunjukkan morfologi sferis yang homogen. Spektrum FTIR mengonfirmasi adanya gugus fungsi –OH dan C=O dari senyawa fenolik yang berperan dalam stabilisasi partikel. Penelitian ini menunjukkan bahwa daun kersen berpotensi sebagai sumber biogenik alami dalam sintesis nanopartikel ZnO yang ramah lingkungan dan berpotensi diaplikasikan sebagai material antibakteri, fotokatalis, serta bahan aktif pada bidang kesehatan dan lingkungan.

Keywords:
Kersen leaf
Nanoparticles
Sintesis hijau
Zinc Oxide

Penulis Korespondensi:
Sri Handani
Email:srihandani@sci.unand.ac.id

This study aims to synthesize ZnO nanoparticles through a sintesis hijau approach utilizing Muntingia calabura L. leaf extract as a natural bioreducing and stabilizing agent. The sintesis hijau route was chosen for its environmental friendliness and sustainability compared to conventional chemical methods that rely on toxic reagents and high energy consumption. The Muntingia calabura leaf extract, rich in secondary metabolites such as flavonoids, polyphenols, and tannins, acted as reducing agents to convert Zn^{2+} ions into ZnO nanoparticles. The synthesis involved mixing various extract concentrations (5%, 10%, 15%) with 0.05 M zinc acetate dihydrate, followed by calcination at 600°C. UV-Vis spectra showed an absorption peak around 370 nm, confirming the formation of ZnO nanoparticles. XRD analysis indicated a hexagonal wurtzite crystal structure with an average crystallite size of 20–40 nm, while SEM revealed nearly spherical morphology with uniform distribution. FTIR confirmed the presence of –OH and C=O functional groups from phenolic compounds that acted as capping agents. This study demonstrates that cherry leaves have potential as a natural biogenic source for the synthesis of environmentally friendly ZnO nanoparticles, which could be applied as antibacterial agents, photocatalysts, and active ingredients in the health and environmental sectors.

Copyright © 2026 Author(s).

I. PENDAHULUAN

Perkembangan nanoteknologi dalam dekade terakhir memberikan kontribusi besar pada bidang biomedis, khususnya dalam terapi kanker. Nanopartikel dapat dimodifikasi pada ukuran nanometer sehingga memiliki luas permukaan tinggi, sifat optik dan kimia unik, serta aktivitas biologis yang ditingkatkan (Golzarnezhad et al., 2025; Suresh et al., 2018). ZnO juga memiliki sejumlah keunggulan yaitu termasuk dalam kategori *Generally Recognized as Safe (GRAS)* oleh U.S. FDA, biokompatibilitas tinggi, serta sifat semikonduktor dengan *band gap* energi yang mendukung interaksi dengan radiasi UV. Selain itu, ketersediaannya melimpah di alam, harga relatif murah, dan kemudahan sintesis semakin memperkuat potensi penggunaannya.

Sebagian besar sintesis ZnO hingga saat ini masih dilakukan melalui metode kimia atau fisika yang membutuhkan energi tinggi serta melibatkan bahan kimia toksik. Pendekatan tersebut dinilai kurang ideal karena selain berisiko terhadap lingkungan, juga dapat membatasi aplikasi medis akibat potensi residu berbahaya. Alternatif yang lebih ramah lingkungan adalah metode sintesis hijau, yaitu pendekatan yang memanfaatkan senyawa bioaktif dari tanaman sebagai agen pereduksi sekaligus penstabil (Parauha et al., 2024). Metode sintesis hijau lebih aman, ekonomis karena prosesnya dapat memanfaatkan bahan yang tersedia dari alam, serta metode ini mampu menghasilkan nanopartikel dengan stabilitas yang baik

Prinsip sintesis hijau pada dasarnya sangat selaras dengan pemanfaatan organisme biologi, khususnya tumbuhan, yang secara alami menghasilkan molekul fungsional untuk mendukung proses pembentukan nanopartikel (Parmar et al., 2024). Kandungan metabolit sekunder dalam tumbuhan memungkinkan reduksi ion logam berlangsung tanpa tambahan bahan kimia berbahaya. Dengan demikian, pemanfaatan ekstrak tanaman berpotensi tidak hanya meningkatkan biokompatibilitas, tetapi juga memperkuat aktivitas biologis dari nanopartikel yang dihasilkan. Salah satu tumbuhan yang memiliki potensi besar dalam hal ini adalah daun kersen (*Muntingia calabura L.*).

Daun kersen diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, saponin, tannin, dan polifenol yang berfungsi sebagai agen bioreduktor sekaligus penstabil dalam proses sintesis hijau nanopartikel (Selvanathan et al., 2021). Sejumlah penelitian melaporkan bahwa ekstrak kersen dapat dimanfaatkan dalam sintesis berbagai nanopartikel logam maupun oksida logam, termasuk ZnO, CuO, dan PbO, dengan morfologi serta ukuran partikel yang bervariasi bergantung pada kondisi sintesis yang digunakan (Selvanathan et al., 2021; Vincent et al., 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa kersen berpotensi menjadi sumber alami yang efektif dalam produksi nanopartikel ZnO.

Berdasarkan potensi besar yang dimiliki oleh metode sintesis hijau dan melimpahnya kandungan metabolit sekunder pada daun kersen, terdapat peluang strategis untuk mengembangkan material yang lebih aman dan efisien bagi berbagai bidang aplikasi nanoteknologi. Integrasi antara sifat biokompatibel dari Zinc Oxide (ZnO) dan aktivitas biologis ekstrak daun kersen diharapkan mampu menghasilkan nanopartikel dengan karakteristik fisikokimia yang optimal tanpa memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi potensi pembuatan nanopartikel Zinc Oxide melalui metode sintesis hijau menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.). Melalui pendekatan ini, diharapkan diperoleh metode produksi yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

II. METODE

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan daun kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai sumber biogenik, seng asetat dihidrat ($Zn(CH_3CO_2)_2 \cdot 2H_2O$) sebagai prekursor seng, dan akuades sebagai pelarut. Seluruh bahan digunakan tanpa perlakuan pemurnian lanjutan. Daun kersen berperan sebagai agen bioreduktor dan penstabil alami dalam proses sintesis hijau nanopartikel ZnO.

2.2 Pembuatan Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.)

Daun kersen segar dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan dan dihaluskan hingga menjadi serbuk. Serbuk daun kersen selanjutnya diekstraksi menggunakan akuades melalui proses pemanasan hingga diperoleh larutan ekstrak berwarna cokelat

kehijauan. Ekstrak yang dihasilkan kemudian disaring untuk memisahkan ampas dan digunakan sebagai larutan ekstrak daun kersen dalam proses sintesis hijau nanopartikel ZnO.

2.3 Proses Sintesis Hijau Nanopartikel ZnO

Sintesis nanopartikel ZnO dilakukan melalui metode sintesis hijau dengan mencampurkan ekstrak daun kersen ke dalam larutan seng asetat dihidrat dengan konsentrasi 0,05 M. Variasi konsentrasi ekstrak daun kersen yang digunakan adalah 5%, 10%, dan 15%. Campuran larutan diaduk hingga homogen dan dibiarkan hingga terbentuk endapan sebagai hasil reaksi antara ion Zn^{2+} dan senyawa bioaktif dalam ekstrak daun kersen. Endapan yang terbentuk kemudian dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu 600 °C untuk memperoleh nanopartikel ZnO dalam bentuk serbuk. Proses kalsinasi bertujuan untuk menghilangkan sisa senyawa organik dan menghasilkan fase ZnO yang stabil dan kristalin.



Gambar 1 Proses Sintesis Hijau Nanopartikel ZnO

2.4 Karakterisasi Material Nanopartikel ZnO

Nanopartikel ZnO hasil sintesis dikarakterisasi untuk mengetahui sifat struktural, morfologi, dan optiknya. Karakterisasi struktur kristal dan ukuran kristalit dilakukan menggunakan X-*Ray Diffraction* (XRD). Morfologi dan distribusi ukuran partikel diamati menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gugus fungsi dan interaksi senyawa bioaktif pada permukaan nanopartikel dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), sedangkan karakteristik serapan optik nanopartikel ZnO dikaji menggunakan Spektrofotometer *UV–Visible*.

2.5 Teknik Analisis Data

Data hasil karakterisasi dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif. Pola difraksi XRD digunakan untuk mengidentifikasi fase kristal ZnO dan menghitung ukuran kristalit. Data hasil karakterisasi dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif untuk menentukan sifat struktural dan optik nanopartikel ZnO. Analisis ukuran kristalit dilakukan berdasarkan pola difraksi X-Ray Diffraction (XRD) menggunakan persamaan Debye–Scherrer, yang dinyatakan sebagai:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \tag{1}$$

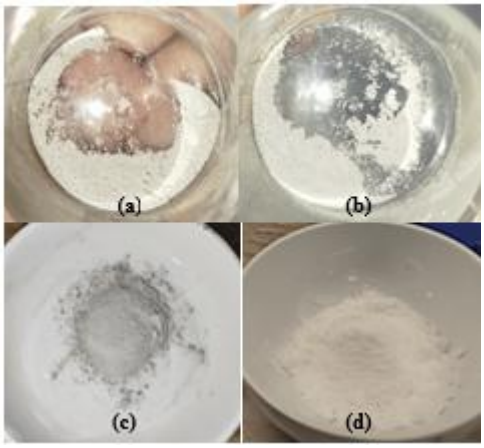
di mana D merupakan ukuran kristalit (nm), K adalah konstanta Scherrer dengan nilai 0,9, λ adalah panjang gelombang sinar-X (Cu Kα = 1,5406 Å), β merupakan lebar puncak difraksi pada setengah maksimum (*full width at half maximum*, FWHM) dalam radian, dan θ adalah sudut Bragg. Persamaan ini digunakan untuk menghitung ukuran kristalit nanopartikel ZnO dari puncak difraksi utama yang teridentifikasi pada pola XRD. Hasil karakterisasi dari Spektrum FTIR dianalisis untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi dan stabilisasi nanopartikel.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Sintesis Hijau

Sintesis nanopartikel ZnO berhasil dilakukan dengan memanfaatkan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura L.*) sebagai agen bioreduktor dan penstabil. Selama proses sintesis, perubahan

warna larutan menjadi cokelat yang diamati setelah pemanasan dan pengaturan pH, yang mengindikasikan terjadinya proses nukleasi dan pembentukan nanopartikel ZnO. Perubahan warna ini berkaitan dengan interaksi antara ion Zn^{2+} dan senyawa bioaktif dalam ekstrak daun kersen, seperti flavonoid dan polifenol, yang berperan dalam proses reduksi dan stabilisasi partikel nano. Hasil sintesis dengan metode *sintesis hijau* dapat dilihat pada gambar 2:



Gambar 2 Sampel serbuk hasil sintesis hijau nanopartikel ZnO dengan ekstrak daun kersen; (a) ZnO dengan ekstrak kersen 5%, (b) ZnO dengan ekstrak kersen 10%, (c) ZnO dengan ekstrak kersen 5% dan (d) ZnO tanpa ekstrak kersen

Berdasarkan gambar 2 penampakan fisik dari serbuk nanopartikel ZnO hasil sintesis hijau dengan variasi konsentrasi ekstrak daun kersen serta ZnO tanpa ekstrak sebagai pembanding. Perbedaan warna, tekstur, dan jumlah serbuk yang terbentuk mengindikasikan pengaruh keberadaan dan konsentrasi ekstrak daun kersen terhadap proses pembentukan nanopartikel ZnO. Bahan prekursor yang digunakan dalam sintesis nanopartikel ZnO adalah zinc asetat dihidrat ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) sebagai sumber ion Zn^{2+}, sedangkan ekstrak daun kersen berfungsi sebagai agen bioreduktor dan penstabil.

Perbedaan warna, tekstur, dan jumlah serbuk yang terbentuk mengindikasikan pengaruh keberadaan dan konsentrasi ekstrak daun kersen terhadap proses pembentukan nanopartikel ZnO (Vankudoth et al, 2022). Pada Gambar 2(a), yaitu ZnO dengan ekstrak daun kersen 5%, terlihat serbuk berwarna putih keabu-abuan dengan tekstur relatif kasar dan masih menunjukkan adanya aglomerasi.

Berdasarkan Gambar 2(b) memperlihatkan ZnO dengan ekstrak daun kersen 10% yang menghasilkan serbuk dengan warna putih lebih cerah dan distribusi partikel yang tampak lebih merata dibandingkan konsentrasi 5%. Pada Gambar 2(c), yaitu ZnO dengan ekstrak daun kersen 15%, serbuk yang terbentuk terlihat lebih halus dan berwarna putih pucat dengan jumlah yang relatif lebih sedikit. Hal ini diduga akibat kelebihan senyawa organik dari ekstrak yang dapat menghambat pertumbuhan kristal ZnO atau menyebabkan pembentukan partikel yang lebih kecil sehingga massa endapan yang diperoleh berkurang.

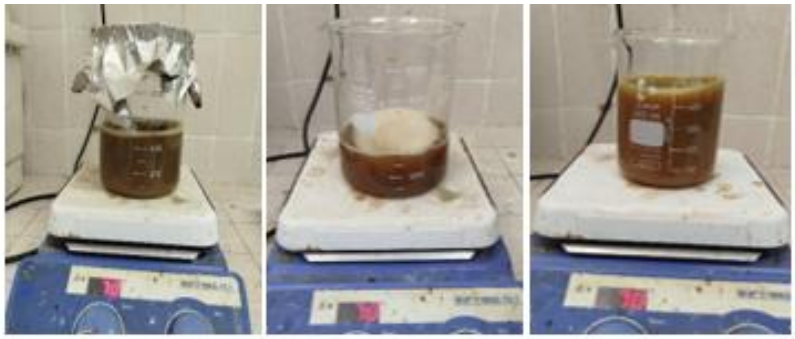
Sementara itu, Gambar 2(d) menunjukkan ZnO tanpa penambahan ekstrak daun kersen. Serbuk yang dihasilkan berwarna putih terang dengan jumlah relatif paling banyak dibandingkan sampel lain. Secara visual, ekstrak daun kersen yang diperoleh berwarna cokelat kehijauan, menunjukkan keberadaan senyawa fenolik dan flavonoid terlarut. Visualisasi ekstrak hasil sintesis hijau disajikan pada Gambar 3 berikut.



(a) **(b)**

Gambar 3 (a)Perubahan warna larutan hasil sintesis hijau Nanopartikel ZnO dengan ekstrak daun kersen, dalam bentuk endapan, **(b)** dalam bentuk gumpalan.

Selama proses pencampuran ekstrak daun kersen dengan larutan zinc asetat, diamati perubahan warna larutan dari putih susu menjadi cokelat keabu-abuan. Perubahan warna ini merupakan indikator visual awal terjadinya proses reduksi ion Zn^{2+} dan pembentukan inti nanopartikel ZnO. Fenomena serupa juga dilaporkan pada penelitian Suresh et al., (2018) dan Abdelbaky et al., (2022), sintesis hijau ZnO berbasis ekstrak tanaman, di mana perubahan warna larutan menjadi tanda terjadinya interaksi antara ion logam.



Gambar 4 Perubahan warna pada sintesis hijau Nanopartikel ZnO dengan variasi konsentrasi ekstrak (a) pada ekstrak kersen dengan konsentrasi 5%, (b) pada ekstrak kersen dengan konsentrasi 10% dan (c) pada ekstrak kersen dengan konsentrasi 15%.

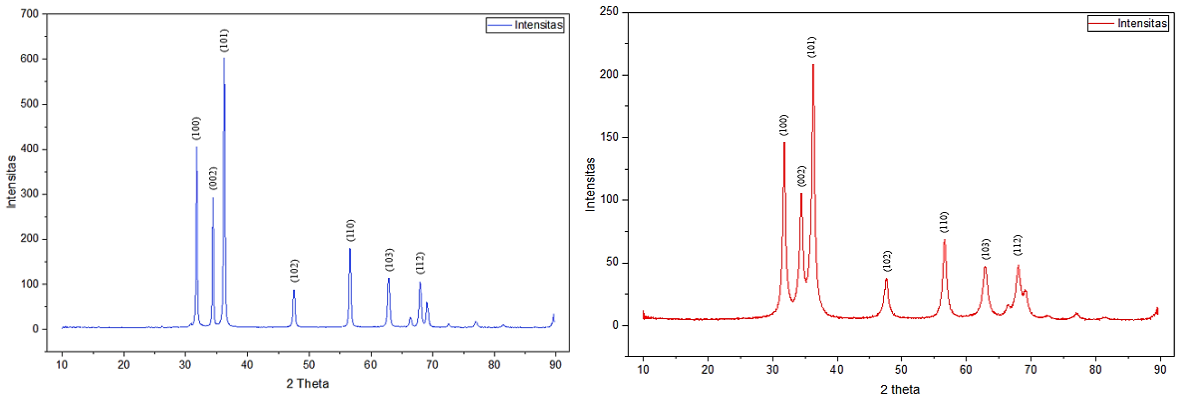
Perubahan warna yang semakin intens pada konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi menunjukkan bahwa jumlah senyawa pereduksi yang terlibat dalam proses sintesis meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak daun kersen memiliki peran aktif dalam pembentukan nanopartikel ZnO sejak tahap awal reaksi.

Kalsinasi pada suhu tinggi menyebabkan dekomposisi zinc hidroksida menjadi ZnO serta mengurangi kandungan karbon residu dari ekstrak daun kersen. Suhu kalsinasi yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan beberapa laporan sebelumnya yang menunjukkan bahwa suhu sekitar 500–700°C efektif dalam menghasilkan nanopartikel ZnO dengan fase wurtzite yang stabil (Khosravi & Heidari, 2024; Ramakrishnan et al., 2024). Pengaturan pH larutan sintesis pada rentang basa (pH 8–12) merupakan faktor penting dalam pembentukan nanopartikel ZnO. Pada kondisi basa, ion Zn^{2+} lebih mudah bereaksi membentuk endapan zinc hidroksida ($Zn(OH)_2$), yang akan terdekomposisi menjadi ZnO selama proses pemanasan dan kalsinasi.

3.2 Karakterisasi

3.2.1 *X-Ray Diffraction* (XRD)

Pola difraksi sinar-X dari masing-masing sampel dianalisis dengan membandingkan posisi puncak difraksi (2θ) terhadap data standar ZnO. Selain itu, lebar puncak difraksi digunakan untuk memperkirakan ukuran kristalit menggunakan persamaan Scherrer. Berdasarkan hasil pengukuran XRD menggunakan *software OriginLab*, karakteristik struktur kristal nanopartikel ZnO yang dihasilkan pada gambar berikut.



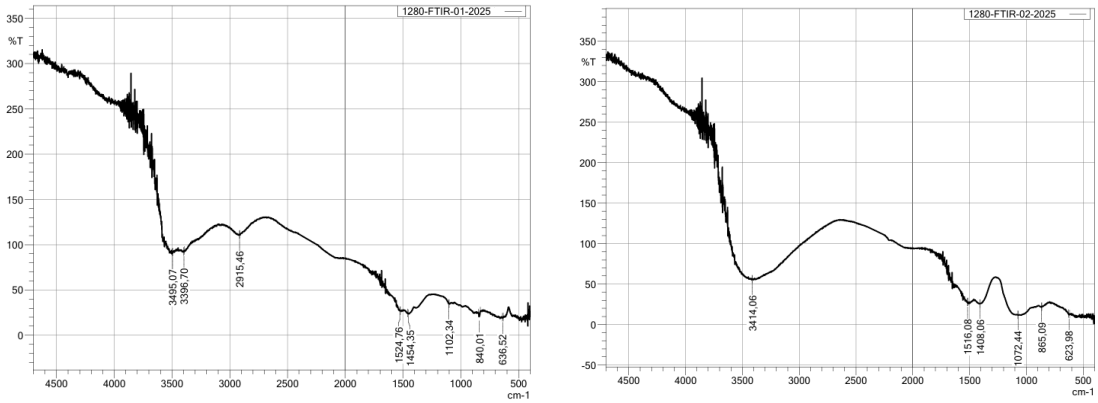
Gambar 5 Pola difraksi sinar-X (XRD) nanopartikel ZnO tanpa dan dengan penambahan ekstrak daun kersen 5% yang menunjukkan puncak karakteristik struktur kristal heksagonal wurtzite pada rentang 2θ 10–80°.

Berdasarkan hasil *fitting Gaussian*, diperoleh nilai FWHM sebesar 0,2581° pada posisi puncak 2θ sebesar 36,24997°. Nilai FWHM ini menunjukkan lebar puncak difraksi pada setengah intensitas maksimum, yang berkaitan erat dengan ukuran kristalit material. Nilai FWHM yang relatif besar menunjukkan adanya pelebaran puncak difraksi, yang mengindikasikan bahwa ukuran kristalit nanopartikel ZnO yang terbentuk berada pada skala nanometer dan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan ZnO tanpa penambahan ekstrak. Pelebaran puncak ini berkaitan dengan peran senyawa bioaktif dalam ekstrak daun kersen yang berfungsi sebagai agen pengontrol pertumbuhan kristal, sehingga membatasi pertumbuhan kristal ZnO selama proses sintesis.

Berdasarkan analisis dari kedua sampel, diketahui dari hasil karakterisasi XRD ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daun kersen 5% tidak mengubah struktur kristal dasar ZnO, yaitu heksagonal wurtzite, tetapi memengaruhi tingkat kristalinitas dan ukuran kristalit nanopartikel yang dihasilkan. Sampel ini selanjutnya dibandingkan dengan variasi konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap karakteristik struktur kristal nanopartikel ZnO.

3.2.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Analisis FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada permukaan nanopartikel serta untuk mengetahui peran senyawa bioaktif dari ekstrak daun kersen dalam proses pembentukan dan stabilisasi nanopartikel ZnO.



Gambar 7 Spektrum FTIR nanopartikel ZnO hasil sintesis hijau tanpa menggunakan ekstrak daun kersen dan 5% ekstrak daun kersen

Berdasarkan gambar 7 spektrum FTIR sampel ZnO NPs tanpa ekstrak, terlihat pita serapan lebar pada bilangan gelombang sekitar 3495,70 cm^{-1} dan 3396,70 cm^{-1} yang dikaitkan dengan vibrasi regangan gugus –OH. Gugus ini umumnya berasal dari senyawa fenolik dan flavonoid dalam ekstrak daun kersen atau dari molekul air yang teradsorpsi pada permukaan nanopartikel. Keberadaan pita –OH menunjukkan bahwa senyawa bioaktif ekstrak masih berinteraksi dengan permukaan ZnO dan berperan sebagai agen penstabil. Spektrum FTIR sampel kedua menunjukkan pola yang serupa dengan sampel

pertama. Pita serapan lebar pada bilangan gelombang 3414,06 cm^{-1} dikaitkan dengan vibrasi regangan gugus –OH, menurut studi dari Vinayagam et al., (2022) hal tersebut menandakan keberadaan senyawa hidroksil dari ekstrak daun kersen atau air teradsorpsi pada permukaan nanopartikel ZnO.

Berdasarkan studi dari Abdelbaky et al., (2022) menjelaskan bahwa yang mensintesis ZnO menggunakan ekstrak daun *Pelargonium odoratissimum* menemukan pita –OH, C–H, serta pita C–O dari senyawa fenolik/flavonoid yang teradsorpsi pada permukaan ZnO, sekaligus menegaskan kemunculan pita Zn–O pada bilangan gelombang rendah temuan yang selaras dengan spektrum pada penelitian ini. Penelitian Jaishi et al. (2024) yang menggunakan ekstrak tumbuhan berbeda juga menunjukkan pola yang sama, pada penelitiannya diketahui bahwa pita –OH (~3317 cm^{-1}), pita C–H (~2971 cm^{-1}), serta pita di rentang 500–900 cm^{-1} yang dikaitkan dengan vibrasi Zn–O pada ZnO biosintesis, menegaskan bahwa gugus hidroksil dan gugus organik lain memainkan peran dalam reduksi dan stabilisasi partikel. Temuan ini mendukung interpretasi bahwa pita –OH dan C–O pada spektrummu merupakan jejak senyawa bioaktif ekstrak yang berfungsi sebagai *capping agent*.

IV. KESIMPULAN

Nanopartikel ZnO berhasil disintesis melalui metode sintesis hijau menggunakan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai agen bioreduktor dan penstabil alami. Proses sintesis menunjukkan bahwa senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak daun kersen berperan penting dalam mereduksi ion Zn^{2+} serta menstabilkan nanopartikel yang terbentuk, sehingga memungkinkan pembentukan ZnO secara efektif tanpa penggunaan bahan kimia berbahaya.

Berdasarkan hasil *fitting Gaussian*, diperoleh nilai FWHM sebesar 0,2581° pada posisi puncak 2θ sebesar 36,24997°. Hasil karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) mengonfirmasi bahwa nanopartikel ZnO memiliki struktur kristal heksagonal wurtzite dengan ukuran kristalit berada pada rentang nanometer. Hasil penelitian untuk analisis spektrum FTIR sampel ZnO NPs pada sampel pertama tanpa ekstrak, terlihat pita serapan lebar pada bilangan gelombang sekitar 3495,70 cm^{-1} dan 3396,70 cm^{-1} yang dikaitkan dengan vibrasi regangan gugus –OH, pada sampel kedua menunjukkan pola yang serupa dengan sampel pertama. Pita serapan lebar pada bilangan gelombang 3414,06 cm^{-1} dikaitkan dengan vibrasi regangan gugus –OH, yang menandakan keberadaan senyawa hidroksil dari ekstrak daun kersen atau air teradsorpsi pada permukaan nanopartikel ZnO. Berdasarkan hasil analisis *Spektrum* FTIR mengindikasikan adanya interaksi antara gugus fungsi senyawa bioaktif ekstrak daun kersen dan permukaan nanopartikel ZnO, yang berperan dalam proses stabilisasi partikel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Abdelbaky, A. M., El-Batal, A. I., Azab, M. S., & Attia, M. S. (2022). Sintesis hijau of zinc oxide nanoparticles using Pelargonium odoratissimum leaf extract and their characterization. Journal of Molecular Structure, 1247, 131270. https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131270

Golzarnezhad, A., Pourmortazavi, S. M., & Kohsari, I. (2025). Recent advances in sintesis hijau of metal oxide nanoparticles for biomedical applications. Materials Science and Engineering C, 156, 113853.

Jaishi, S., Sharma, R., & Ghimire, M. (2024). Plant-mediated sintesis hijau of ZnO nanoparticles and their physicochemical characterization. Materials Today: Proceedings, 86, 312–318. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10.124

Khosravi, S., & Heidari, F. (2024). Effect of calcination temperature on structural and optical properties of green synthesized ZnO nanoparticles. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 35, 14821–14830. https://doi.org/10.1007/s10854-024-13045-2

Parauha, Y. R., Singh, P., & Verma, S. K. (2024). Sintesis hijau of metal oxide nanoparticles: Mechanisms, challenges, and applications. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 21, 100842. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100842

Parmar, A., Patel, S., & Shah, R. (2024). Role of plant metabolites in sintesis hijau of metal nanoparticles. Journal of Cleaner Production, 426, 139056.

Ramakrishnan, K., Arulmurugan, P., & Selvakumar, P. (2024). Sintesis hijau of ZnO nanoparticles using plant extract and its structural characterization. Optik, 296, 170980.

Selvanathan, V., Karthikeyan, B., & Prabhu, S. (2021). Phytochemical analysis and sintesis hijau of metal oxide nanoparticles using Muntingia calabura leaf extract. Materials Today: Proceedings, 47, 3896–3902. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.372

Suresh, D., Nethravathi, P. C., Rajanaika, H., Nagabhushana, H., & Sharma, S. C. (2018). Sintesis hijau of multifunctional zinc oxide nanoparticles using Cassia fistula flower extract and their applications. Materials Science in Semiconductor Processing, 31, 446–454.

Vincent, S., Selvanathan, V., & Prabhu, S. (2022). Biosynthesis of metal and metal oxide nanoparticles using Muntingia calabura extracts and their characterization. Journal of Nanostructure in Chemistry, 12, 497–509. https://doi.org/10.1007/s40097-022-00446-3

Vinayagam, R., Sharma., Veerappan, A., & Govarthanan, M. (2022). Rapid photocatalytic degradation of 2,4-dichlorophenoxy acetic acid by ZnO nanoparticles synthesized using the leaf extract of Muntingia calabura. Journal of Molecular Liquids, 367, 120493.

Vankudoth, S., Dharavath, S., Veera, S., & Maduru, N. (2022). Green synthesis, characterization, photoluminescence and biological studies of silver nanoparticles from the leaf extract of Muntingia calabura. Biochemical and Biophysical Research Communications, 614, 1–7.