

PENELITIAN ASLI**EFEK TEMPERATUR KAL SINASI PADA *GREEN SYNTHESIS*
NANOPARTIKEL ZnO MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN
MANGGA****Miessya Wardani^{1*}, Muhammad Rahul Ihsan Rery¹**¹*Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Tangerang Selatan, Banten, 15413, Indonesia***Info Artikel**

Riwayat Artikel:

Tanggal Dikirim: 18 Desember 2025

Tanggal Diterima: 29 Desember 2025

Tanggal Dipublish: 30 Desember 2025

Kata kunci: daun mangga; *green synthesis*; temperatur kalsinasi; ZnO**Penulis Korespondensi:****Miessya Wardani**Email: miessyaw@gmail.com**Abstrak**

Seng oksida (ZnO) dikenal memiliki berbagai aplikasi yang luas. Pada aplikasi tertentu, dibutuhkan sifat material ZnO yang spesifik. Di sisi lain, daun mangga merupakan limbah biomassa yang berpotensi dimanfaatkan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur kalsinasi pada proses *green synthesis* ZnO. ZnO disintesis menggunakan ekstrak daun mangga dengan metode *green synthesis*. Berdasarkan hasil karakterisasi, diketahui nanopartikel ZnO berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun mangga pada semua variasi temperatur kalsinasi. Sifat optik menunjukkan perbedaan yang signifikan sesuai temperatur kalsinasi dengan rentang *band gap* 3,18 eV – 3,13 eV. Ukuran kristal ZnO berbeda pada setiap temperatur kalsinasi. Namun, ZnO hasil sintesis memiliki fasa kristal yang sama yaitu ZnO pada setiap variasi temperatur kalsinasi.

Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan**E.ISSN: 2615-3378****Vol. 9 No. 2 Desember, 2025 (Hal 48-55)**Homepage: <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/KIMIA/issue/archive>DOI: <https://doi.org/10.51544/kimia.v9i2.6592>**Cara Mengutip:** Wardani, Miessya , and Muhammad Rahul Ihsan Rery. 2025. "Efek Temperatur Kalsinasi Pada *Green Synthesis* Nanopartikel ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Mangga." *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan* 9 (2): 48-55. <https://doi.org/10.51544/kimia.v9i2.6592>

Hak Cipta © 2025 oleh Penulis, Diterbitkan oleh Program Studi Kimia, Universitas Sari Mutiara Indonesia. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah Lisensi CC BY-SA 4.0 ([Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)).

1. Pendahuluan

Seng oksida (ZnO) merupakan material semikonduktor dengan celah pita lebar yang memiliki banyak aplikasi di berbagai disiplin ilmu pengetahuan dan teknologi, melimpah, dan biokompatibel [1]. ZnO mempunyai celah pita sebesar 3,3 eV dan energi ikat eksitonik yang tinggi (60 meV) pada suhu kamar [2]. Material ini banyak digunakan dalam elektronika padat, optoelektronika, dan berbagai aplikasi fotokatalitik [1]. Selain itu, ZnO dalam bentuk nanopartikel (ZnO-NP) banyak diintegrasikan dalam bidang biomedis (sebagai agen antimikroba, sistem penghantaran obat, dan terapi kanker), sektor industri (misalnya, kemasan makanan), dan pertanian [3]. Kinerja dan efektivitas ZnO dipengaruhi pada sifat fisikokimia. Parameter seperti celah pita, ukuran partikel, kristalinitas, dan luas permukaan dapat memaksimalkan kinerja ZnO untuk aplikasi yang ditentukan [1]. Penelitian sebelumnya telah menemukan bahwa beberapa faktor pada sintesis mempengaruhi sifat nanopartikel ZnO yang dihasilkan seperti reaksi pencampuran, temperatur kalsinasi, waktu reaksi, dan konsentrasi prekursor logam [4].

Dalam mendukung kegiatan pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya, metode sintesis yang dikenal ramah lingkungan menjadi alternatif pilihan. Sintesis konvensional membutuhkan konsumsi energi yang tinggi, ketergantungan pada bahan kimia berbahaya, dan penggunaan reagen yang mahal [5]. Hal ini menimbulkan kekhawatiran terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Metode yang dapat mengurangi kerusakan lingkungan, mengurangi limbah beracun, dan mengurangi konsumsi energi karena menggunakan prekursor dari bahan alami yang dikenal dengan metode *green synthesis* [6]. Pemilihan *green synthesis* dilakukan karena diketahui bersifat lebih ekonomis, mudah didapat, dan ramah lingkungan [5]. Sumber dari bahan alami yang sudah dilaporkan untuk sintesis material tidak hanya berasal dari ekstrak tumbuhan, tetapi juga dari enzim, fungi dan mikroorganisme. Metode *green synthesis* untuk ZnO sudah banyak dilaporkan. Namun, dalam beberapa kasus, penggunaan bahan kimia tambahan seperti natrium hidroksida (NaOH) masih diperlukan [7]. Hal ini menimbulkan keprihatinan terkait dampak lingkungan dan kesehatan manusia. Metode *green synthesis* ZnO terus dikembangkan agar sepenuhnya dapat mengandalkan sumber daya alami tanpa keterlibatan bahan kimia berbahaya.

Limbah organik seperti daun, sayuran, buah-buahan dapat digunakan sebagai sesuatu yang bermanfaat [8]. Salah satu limbah organik yang berbentuk daun adalah daun mangga. Daun mangga sering ditemukan berserakan di jalan karena tidak ada pemanfaatan. Padahal daun mangga (*Mangifera indica*) mengandung senyawa-senyawa seperti fenolik, flavonoid, triterpenoid, dan senyawa bioaktif lainnya [9].

Ekstrak daun mangga (*Mangifera indica*) telah berhasil ditunjukkan sebagai agen yang efektif untuk *green synthesis* nanopartikel ZnO [10]. Fitokimia yang melekat dalam ekstrak memainkan peran penting dalam memfasilitasi reduksi ion seng dan selanjutnya menstabilkan nanopartikel yang baru terbentuk. Namun, penelitian tersebut diketahui hanya berfokus pada sintesis nanopartikel ZnO. Parameter pada proses sintesis seperti konsentrasi dan temperatur belum diamati lebih lanjut. Pada sintesis nanopartikel ZnO, terdapat proses yang dinamakan kalsinasi. Kalsinasi adalah perlakuan termal pasca-sintesis yang memainkan peran penting dalam menentukan sifat fisikokimia akhir nanopartikel yang disintesis. Kajian literatur

yang mengkaji efek temperatur kalsinasi sintesis nanopartikel ZnO dengan metode yang berbeda pada beberapa peneliti sebelumnya, diketahui memiliki pengaruh pada ukuran kristal ZnO yang dihasilkan [4]. Namun kajian literatur tersebut belum mengkaji pengaruh pada metode *green synthesis* dengan ekstrak daun [4]. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur kalsinasi pada proses *green synthesis* ZnO menggunakan ekstrak daun mangga.

2. Metode

2.1 Bahan

Serbuk daun mangga (*Mangifera indica*) didapatkan dan dideterminasi dari Unit Konservasi Budidaya Biofarmaka (UKBB) Pusat Studi Biofarmaka Tropika LPPM IPB. Seng nitrat ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) dari Merck, akuades (H_2O) dan kertas saring Whatmann No. 1.

2.2 Metode

2.2.1 Persiapan Ekstrak Daun Mangga

Pembuatan ekstrak daun mangga diadaptasi menggunakan penelitian Miessya, et al [11]. Metode yang sama dilakukan dengan mengganti sampel daun yang akan diekstraksi. 5 gram serbuk daun mangga dicampur dengan 100 mL akuades. Campuran diaduk menggunakan *stirrer* pada temperatur 70°C selama 1 jam. Ekstrak yang didapatkan berwarna coklat. Kemudian, ekstrak disaring menggunakan kertas Whatmann No. 1 menjadi fraksi air ekstrak daun mangga.



Gambar 1. (kiri) Ekstrak daun mangga fraksi air; (kanan) Nanopartikel ZnO

2.2.2 Sintesis Nanopartikel ZnO

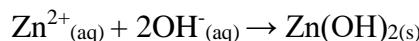
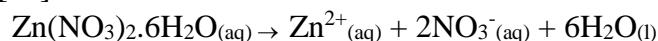
Pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur kalsinasi. ZnO disintesis dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun mangga. *Green synthesis* nanopartikel ZnO dilakukan berdasarkan modifikasi penelitian Yulizar, et al. [12] dan Saputra, et al. [13]. Ekstrak daun mangga sebanyak 10 mL ditambahkan ke dalam 100 mL larutan seng nitrat 0,05 M. Campuran dipanaskan menggunakan *hotplate* dan *distirrer* selama 4 jam dengan temperatur 80°C. Koloid yang dihasilkan kemudian dipanaskan menggunakan oven. Setelah itu, dikalsinasi selama 4 jam pada temperatur yang bervariasi yaitu 300°C, 500°C, dan 700°C. Hasil kalsinasi berupa serbuk ZnO.

2.2.3 Karakterisasi Nanopartikel ZnO

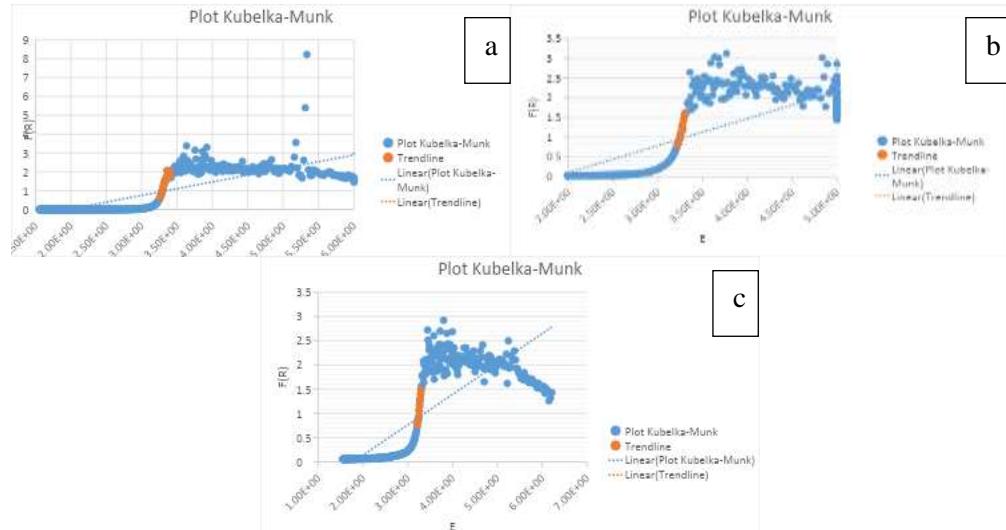
Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi terhadap sifat optik dan struktur kristal ZnO hasil *green synthesis* menggunakan ekstrak daun mangga. Energi celah pita (*band gap*) ZnO sebagai sifat optik dikarakterisasi menggunakan spektro UV-DRS. Informasi mengenai fase kristal dan struktur dari ZnO dikarakterisasi menggunakan X-ray Diffraction (XRD, D8-Advanced, Bruker) dengan radiasi Cu K α ($\lambda = 0.1546$ nm).

3. Hasil dan Pembahasan

Seng oksida (ZnO) telah berhasil disintesis dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun mangga. Pembuatan nanopartikel ZnO dimulai dengan pembuatan sol. Langkah pertama ini melibatkan pembuatan larutan koloidal (sol) yang mengandung prekursor atau senyawa kimia yang akan membentuk nanopartikel. Pembentukan koloid sol Zn(OH)₂ terjadi dikarenakan ekstrak daun mangga memiliki senyawa alkaloid dimana berperan sebagai sumber basa. Koloid sol Zn(OH)₂ kemudian membentuk gel Zn(OH)₂. Gelasi akan menyebabkan nanopartikel-nanopartikel dalam larutan bergerak mendekat satu sama lain dan membentuk struktur gel. Selanjutnya dilakukan kalsinasi. Nanopartikel yang terperangkap dalam struktur gel akan lebih lanjut diperkuat dengan pemanasan pada temperatur yang lebih tinggi. Ini dapat meningkatkan ukuran kristal, menghilangkan sisa-sisa organik dan memperbaiki sifat-sifat fisik dan kimia dari nanopartikel. Oleh karena itu, setelah didapatkan gel Zn(OH)₂, gel kemudian dikalsinasi pada temperatur 300°C, 500°C, dan 700°C selama 4 jam. Hal ini bertujuan untuk mengubah gel Zn(OH)₂ menjadi padatan nanopartikel ZnO serta menghilangkan air dan sisa-sisa senyawa organik. Perbedaan temperatur kalsinasi dilakukan untuk mengubah kondisi eksperimen agar dapat dihasilkan berbagai jenis nanopartikel dengan sifat-sifat unik untuk dapat memenuhi kebutuhan aplikasi yang berbeda. Hasil proses kalsinasi didapatkan serbuk nanopartikel ZnO berwarna putih kekuningan. Perbedaan temperatur kalsinasi tidak membuat perbedaan pada warna serbuk nanopartikel ZnO hasil sintesis. Usulan reaksi pada sintesis nanopartikel ZnO menggunakan fraksi air ekstrak daun mangga adalah sebagai berikut [13] :



Karakterisasi dengan spektro UV-DRS dilakukan untuk mengetahui nilai energi *band-gap* dari nanopartikel ZnO. Hasil spektro UV-DRS menyajikan data %reflektan (%R) yang kemudian dikonversi menjadi fungsi Kubelka Munk. Plot Kubelka-Munk adalah alat yang digunakan dalam spektrofotometri untuk mengkarakterisasi reflektansi atau serapan cahaya oleh bahan [14]. Plot kurva F(R) tehadap E untuk tiap partikel ZnO hasil sintesis menghasilkan data sebagai berikut :



Gambar 2. Plot kubelka munk pada a) 300°C; b) 500°C; dan c) 700°C

Hasil plot kubelka munk didapatkan nilai *band gap* untuk nanopartikel ZnO adalah 3,18 eV; 3,13 eV; dan 3,13 eV. Hal ini bersesuaian dengan penelitian sebelumnya [2] bahwa *band gap* untuk nanopartikel ZnO adalah 3,10 eV - 3,37eV. Temperatur kalsinasi dapat mempengaruhi komposisi kimia material, terutama dalam kasus bahan yang melibatkan reaksi kimia pada temperatur tinggi. Perubahan komposisi dapat mempengaruhi struktur pita elektronik dan *band gap*. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa dengan adanya kenaikan temperatur kalsinasi maka terjadi penurunan *band gap* dari ZnO [15].

Karakterisasi menggunakan instrumen XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas, ukuran kristal, *lattice strain*, dan fasa dari nanopartikel ZnO yang telah disintesis. Keberhasilan aplikasi ZnO ditentukan dari aspek mikrostruktur seperti kristalinitas dan juga ukuran partikel [16]. Kalsinasi ZnO dilakukan pada temperatur 300°C, 500°C, dan 700°C.

Tabel 1. Pengaruh temperatur terhadap kristalinitas, ukuran kristal, *lattice strain*, dan fasa

Temperatur (°C)	Ukuran Kristal (nm)	Kristalinitas (%)	Lattice Strain (%)	Fasa
300	30,7	57,5	0,15	ZnO
500	37,1	60,7	0,17	ZnO
700	31,7	54	0,19	ZnO

Berdasarkan hasil karakterisasi, ditemukan bahwa ukuran kristal nanopartikel ZnO naik dengan meningkatnya temperatur dan turun kembali ketika di temperatur 700°C. Pada umumnya, temperatur kalsinasi yang lebih tinggi cenderung menyebabkan pertumbuhan kristal yang lebih besar [16]. Ketika material dipanaskan pada temperatur yang tinggi, atom-atom dapat bergerak dan bergabung untuk membentuk kristal yang lebih besar dan lebih teratur. Namun, ada batasan pada temperatur kalsinasi. Terlalu tinggi temperatur kalsinasi dapat menyebabkan pertumbuhan kristal yang berlebihan, sehingga mengakibatkan kristal yang terlalu besar [17]. Oleh karena itu, dalam beberapa kasus, temperatur kalsinasi yang optimal harus diidentifikasi untuk mendapatkan ukuran kristal yang diinginkan.

Kristalinitas dapat mengukur sejauh mana suatu bahan memiliki struktur kristal yang teratur dibandingkan dengan struktur amorf. Pada umumnya, kristalinitas dihitung dari pola difraksi XRD menggunakan metode perbandingan atau indeks kristalinitas. Berdasarkan hasil pengujian, kristalinitas nanopartikel ZnO naik dengan meningkatnya temperatur dan turun kembali ketika di temperatur 700°C. Pada temperatur kalsinasi yang lebih tinggi, material cenderung memiliki kristalinitas yang lebih tinggi. Kristalinitas yang lebih tinggi dapat meningkatkan sifat-sifat fisik dan kimia material. Ketika material dipanaskan pada temperatur yang lebih tinggi, atom-atom dalam material memiliki energi kinetik yang lebih tinggi, memungkinkan untuk migrasi atom dan pengorganisasian yang lebih baik dalam struktur kristal [18]. Namun temperatur kalsinasi yang terlalu tinggi juga dapat memiliki risiko termasuk deformasi, rekristalisasi yang tidak diinginkan, dan perubahan sifat kimia yang merugikan. Itu sebabnya penting untuk mengidentifikasi temperatur yang sesuai untuk tujuan tertentu.

Lattice strain atau regangan jalinan dalam partikel kristal merujuk pada perubahan ukuran dan bentuk jaringan kristal yang terjadi sebagai hasil dari deformasi mekanis, temperatur, atau tekanan. *Lattice strain* dari pola difraksi XRD memiliki keterbatasan dan asumsi tertentu. Penelitian sebelumnya menunjukkan semakin besar temperatur maka *lattice strain* semakin bertambah. Peningkatan nilai *lattice strain* diketahui dikarenakan adanya penumbuhan kristal dan adanya aglomerasi pada partikel [19]. Selain itu, pembesaran parameter kisi terjadi karena proses kalsinasi menginduksi pertumbuhan nanopartikel ZnO [16].

4. Kesimpulan

Nanopartikel ZnO berhasil disintesis menggunakan ekstrak daun mangga (*Mangifera indica*) dengan metode *green synthesis*. Proses sintesis menggunakan variasi temperatur kalsinasi yang berbeda. Hasil karakterisasi nanopartikel ZnO menunjukkan bahwasanya temperatur kalsinasi mempengaruhi sifat optik ZnO. Energi celah pita nanopartikel ZnO yang paling besar didapatkan pada temperatur kalsinasi 300°C dengan 3,18 eV. Temperatur kalsinasi mempengaruhi ukuran kristal. Kristalinitas nanopartikel ZnO optimum terjadi pada temperatur 500°C dengan fasa kristal yang sama pada setiap temperatur yaitu ZnO.

5. Daftar Pustaka

- [1] C. Zhu, and X. Wang. (2025). “Nanomaterial ZnO Synthesis and Its Photocatalytic Application: A Review”. *Nanomaterials*. 15(9): 682. <https://doi.org/10.3390/nano15090682>
- [2] A. Sirelkhatim, S. Mahmud, A. Seen, N. H. M. Kaus, L. C. Ann, S. K. M. Bakhori, H. Hasan, and D. Mohamad. (2015). “Review on Zinc Oxide Nanoparticles: Antibacterial Activity and Toxicity Mechanism”. *Nano-micro letters*. 7(3): 219–242. <https://doi.org/10.1007/s40820-015-0040-x>
- [3] V. R. Lebaka, P. Ravi, M. C. Reddy, C. Thummala, and T. K. Mandal. (2025). Zinc Oxide Nanoparticles in Modern Science and Technology: Multifunctional Roles in Healthcare, Environmental Remediation, and Industry. *Nanomaterials (Basel, Switzerland)*. 15(10): 754. <https://doi.org/10.3390/nano15100754>
- [4] Shaba, E.Y., Jacob, J.O., Tijani, J.O., and Suleiman, M.A.T. (2021). A critical review of synthesis parameters affecting the properties of zinc oxide

- nanoparticle and its application in wastewater treatment. *Appl Water Sci.* 11(48). <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01370-z>
- [5] K. C. Paradva , R. Jangir and S. Kalla. (2023). “Green nanomaterials: synthesis and applications in wastewater treatment”. *Inorg. Chem. Commun.* 158: 111584.
- [6] M. Mahajan, S. Kumar, J. Gaur, S. Kaushal, J. Dalal, G. Singh, M. Misra, and D. S. Ahlawat. (2025). “Green synthesis of ZnO nanoparticles using *Justicia adhatoda* for photocatalytic degradation of malachite green and reduction of 4-nitrophenol”. *RSC Adv.* 15: 2958 —2980.
- [7] A. Agrawal, N. Kapoor, A. Sirohi, P. Kumar, R. Dixit, L. K. Gangwar, and P. Kumar. (2023). “Green synthesis, optimization, and characterization of zinc oxide nanoparticle using *Lantana camara* L. Leaf extract”. *The Pharma Innovation Journal.* 12(8): 1843-1850.
- [8] M. Waqas, S. Hashim, U. W. Humphries, S. Ahmad, R. Noor, M. Shoaib, A. Naseem, P. T. Hlaing, and H. A. Lin. (2023). “Composting Processes for Agricultural Waste Management: A Comprehensive Review”. *Processes.* 11(3): 731. <https://doi.org/10.3390/pr11030731>
- [9] P. Jing, Y. Xiaomin, Z. Shujuan, C. Jun, W. Yihai, L. Chunyu, and H. Xiangjiu. (2018). “Bioactive phenolics from mango leaves (*Mangifera indica* L.)”. *Industrial Crops and Products.* 111: 400-406. 10.1016/j.indcrop.2017.10.057
- [10] A. Narayana, K. Pandey, N. Azmi, M. Tejashwini, U. Shrestha, and S. V. Lokesh. (2018). “Synthesis And Characterization Of Zinc Oxide (Zno) Nanoparticles Using Mango (*Mangifera Indica*) Leaves”. *International Journal of Research and Analytical Reviews.* 5(3): 432-439.
- [11] M. Wardani, M. R. I. Rery, and I. Solihin. (2024). “Green Sintesis Zno Menggunakan Ekstrak Daun Jambu Biji(*Psidium Guajava* L.): Studi Dengan Spektrofotometer Uv-Vis Dan Particle Size Analyzer,” *J. Kim. Saintek dan Pendidik.* 9(2): 84–89, 2024, doi: <https://doi.org/10.51544/kimia.v9i2.5464>.
- [12] Y. Yulizar, D.O.B. Apriandanu, and R. I. Ashna. (2020). “La₂CuO₄-decorated ZnO Nanoparticles with Improved Photocatalytic Activity for Malachite Green Degradation”. *Chemical Physics Letters.* 755: 1-9.
- [13] I.S. Saputra, S. Suhartati, Y. Yulizar, and Sudirman. (2020). “Green Synthesis Nanopartikel ZnO Menggunakan Media Ekstrak Daun Tin (*Ficus carica*Linn)”. *Jurnal Kimia dan Kemasan.* 42(1): 1-6.
- [14] S. Landi, I. R. Segundo, E. Freitas, M. Vasilevskiy, J. Carneiro, and C. J. Tavares, (2022). “Use and misuse of the Kubelka-Munk function to obtain the band gap energy from diffuse reflectance measurements”. *Solid State Communications*, 341: 114573. <https://doi.org/10.1016/j.ssc.2021.114573>
- [15] Al-Hada, N. M., Saion, E. B., Shaari, A. H., Kamarudin, M. A., Flaifel, M. H., Ahmad, S. H., and Gene, S. A. (2014). A facile thermal-treatment route to synthesize ZnO nanosheets and effect of calcination temperature. *PLoS one*, 9(8), e103134. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103134>
- [16] A. Hernowo, and I. Nurhasanah. (2019). “Kristalinitas dan Ukuran Nanopartikel ZnO yang Dikalsinasi pada Temperatur 100°C dan 200°C”. *Berkala Fisika.* 22(4): 125-131.
- [17] G. Kasi, N. Stalin, P. Rachtanapun, K. Jantanasakulwong, J. N. Halder, S. Phongthai, P. Worajittiphon, J. Seo, and S. Thanakkasaranee. (2025).

- “Effect of Calcination Temperatures on Crystallite Size, Particle Size, and Antimicrobial Activity of Synthesized MgO and Its Cytotoxicity”. *International Journal of Molecular Sciences*. 26(10): 4868. <https://doi.org/10.3390/ijms26104868>
- [18] R. K. Rusli, M. E. Mahata, A. Yuniza, Z. Zurmiati, S. Reski, C. Hidayat, M. Hilmi, and R. Mutia. (2024). “Green synthesis of zinc oxide nanoparticles utilizing extract from *Garcinia mangostana* leaves: Characterization and optimization of calcination temperature”. *Journal of advanced veterinary and animal research*. 11(3): 573–582. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k807>
- [19] D.T. Nurrohman, and J.S. Pribadi. (2018). “Kajian Struktur Kristal, lattice strain, dan Komposisi Kimia Nanopartikel Pasir Besi yang Disintesis dengan Metode Ball Milling”. *Konstan*. 3(2): 47-54.