

Biosintesis Nanopartikel ZnO menggunakan Ekstrak Daun Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*)

Della Arista Adeningrum, Aulia Rosa, Kindriari Nurma Wahyusi, Rachmad Ramadhan Yogaswara*

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya No. 1, Surabaya-Jawa Timur 60294

Info Artikel	ABSTRAK
Histori Artikel: Diajukan: 5 Januari 2025 Direvisi: 10 Februari 2025 Diterima: 27 Maret 2025	Nanopartikel ZnO dapat disintesis dengan metode biosintesis menggunakan ekstrak daun tanaman jagung (<i>Zea Mays L.</i>) sebagai bioreduktor. Tujuan penelitian ini yaitu mengkaji pengaruh variasi konsentrasi prekursor <i>Zinc Nitrate Hexahydrate</i> dan suhu kalsinasi terhadap <i>yield</i> , serta karakterisasi nanopartikel ZnO. Daun tanaman jagung diekstraksi untuk mendapatkan senyawa flavonoid. Hasil ekstrak dicampurkan dengan larutan prekursor kemudian dikalsinasi untuk mendapatkan nanopartikel ZnO. <i>Yield</i> paling tinggi dihasilkan pada sampel konsentrasi prekursor 0,1M dengan suhu kalsinasi 300°C sebesar 22,6082%. Hasil SEM-EDX pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dan suhu kalsinasi 700°C menunjukkan morfologi partikel nanopartikel ZnO yang tidak seragam, serta komposisi penyusun nanopartikel ZnO terdiri dari 76,43% berat atom Zn dan 23,57% berat atom O. Hasil XRD pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M pada suhu kalsinasi 300°C menunjukkan bahwa sampel tidak murni ZnO, sedangkan pada suhu kalsinasi 700°C menunjukkan sampel murni ZnO dengan komposisi elemen 80,3% berat atom Zn dan 19,7% berat atom O. Ukuran diameter kristal analisis XRD pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 300°C dan 700°C berturut-turut sebesar 40,8564 nm dan 31,7203 nm. Kedua sampel memiliki sistem kristal yang sama yaitu <i>hexagonal zincite</i> .
Kata kunci: Biosintesis Daun Tanaman Jagung Nanopartikel ZnO	
Keywords: <i>Biosynthesis</i> <i>Corn Plant Leaves</i> <i>ZnO Nanoparticle</i>	<i>ZnO nanoparticles can be synthesized using the biosynthesis method using corn plant leaf extract (Zea Mays L.) as a bioreducer. The aim of this research is to examine the effect of variations in Zinc Nitrate Hexahydrate precursor concentration and calcination temperature on the yield, as well as the characterization of ZnO nanoparticles. Corn plant leaves are extracted to obtain flavonoid compounds. The resulting extract is mixed with the precursor solution then calcined to obtain ZnO nanoparticles. The highest yield was produced in a sample with a precursor concentration of 0.1M with a calcination temperature of 300°C of 22.6082%. SEM-EDX results on samples with a precursor concentration of 0.3 M and a calcination temperature of 700°C show various particle morphologies of ZnO nanoparticles, and the composition of ZnO nanoparticles consists of 76.43% Zn atomic weight and 23.57% O atomic weight. XRD results on a sample with a precursor concentration of 0.3M at a calcination temperature of 300°C showed that the sample was not pure ZnO, at a calcination temperature of 700°C shows a pure ZnO sample with an element composition of 80.3% Zn atomic weight and 19.7% O atomic weight. The size of the crystal diameter for XRD analysis on samples with a precursor concentration of 0.3M with calcination temperatures of 300°C and 700°C were 40.8564 nm and 31.7203 nm, respectively. Both samples have the same crystal system, namely hexagonal zincite.</i>
Penulis Korespondensi: Rachmad Ramadhan Yogaswara Email: r.yogaswara.tk@upnjatim.ac.id	

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Nanopartikel adalah partikel berukuran nanometer, sekitar 1 hingga 100 nm (Rhamdiyah & Maharani, 2022). Nanopartikel berperan penting sebagai dasar berbagai aplikasi nanoteknologi. Salah satu jenis dari nanopartikel yaitu nanopartikel logam oksida. Nanopartikel ZnO termasuk jenis nanopartikel logam oksida, nanopartikel ini memiliki banyak aplikasi dan penerapan diberbagai bidang, salah satunya yaitu pada bidang katalisis dan penyerapan molekul. Nanopartikel ZnO sebagai katalis heterogen telah mendapat perhatian besar karena murah, tidak beracun dan memiliki keunggulan lingkungan, yaitu waktu eksekusi minimum, serta potensi korosi rendah (Sachdeva & Saroj, 2013).

Nanopartikel ZnO dapat diproduksi dengan metode fisika, kimia, dan biosintesis, namun pada metode kimia dan fisika memiliki kelemahan yang berpotensi menjadi polutan bagi lingkungan, sedangkan pada metode biosintesis merupakan metode yang ramah lingkungan (Rhamdiyah & Maharani, 2022). Metode biosintesis dapat dilakukan dengan menggunakan bahan organik yang mengandung senyawa antioksidan yang berperan sebagai bioreduktor. Syarat pemilihan bioreduktor adalah mempunyai gugus -OH yang terikat pada atom karbon sekunder yang dapat berikatan dengan ion logam membentuk logam, dan senyawa dengan gugus -OH sendiri akan teroksidasi (Putri dkk., 2019). Salah satu bahan organik yang dapat digunakan adalah daun tanaman jagung (*Zea mays L.*).

Penelitian ini merujuk pada penelitian sebelumnya sebagai landasan dan perbandingan. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Arifin & Nazriati, 2022) dimana menggunakan ekstrak daun keniti (*Chrysophyllum cainito L.*) sebagai bioreduktor yang menghasilkan nanopartikel ZnO dengan ukuran 14,10 nm. Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan oleh (Rhamdiyah & Maharani, 2022) menggunakan ekstrak daun kelor (*Moringa Oleifera L.*) sebagai bioreduktor yang menghasilkan nanopartikel ZnO dengan ukuran 16,97 nm. Selain itu, terdapat penelitian yang telah dilakukan oleh (Amin & Tengker, 2023), pada penelitian tersebut ekstrak daun kopasanda (*Chromolaena Odorata L.*) digunakan sebagai bioreduktor sehingga menghasilkan nanopartikel ZnO dengan ukuran 213,6 nm.

Pada penelitian ini, biosintesis nanopartikel ZnO dilakukan menggunakan bahan baku daun tanaman jagung (*Zea mays L.*). Hal ini dikarenakan daun tanaman jagung (*Zea mays L.*) memiliki kandungan senyawa antioksidan berupa flavonoid. Pemilihan daun tanaman jagung sebagai bioreduktor dikarenakan memiliki aktivitas antioksidan paling tinggi dibandingkan bagian tanaman jagung lainnya yaitu sebesar 72,81% (Pangemanan dkk., 2020). Selain itu, pemilihan daun tanaman jagung juga didasarkan atas ketersediaan tanaman jagung yang tersebar luas di Indonesia, dengan produksi yang mencapai 14.460.601,32 Ton pada tahun 2021-2023 berdasarkan data Badan Pusat Statistik. Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi prekursor dan suhu kalsinasi. Variasi konsentrasi prekursor dan suhu kalsinasi dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji pengaruh variasi konsentrasi prekursor $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (*Zinc nitrate hexahydrate*) dan suhu kalsinasi terhadap *yield* dan karakterisasi nanopartikel ZnO yang terbentuk. Konsentrasi prekursor dan suhu kalsinasi dapat berpengaruh terhadap ukuran nanopartikel yang terbentuk. Selain itu, suhu kalsinasi juga dapat memengaruhi kemurnian nanopartikel. Ukuran diameter partikel dan komposisi elemen ZnO dapat diketahui dengan menggunakan analisis SEM-EDX, struktur nanopartikel ZnO dapat diketahui dengan analisis XRD (Naito et al., 2018).

II. METODE

2.1 Pembuatan Ekstrak Daun Tanaman Jagung

Daun tanaman jagung dicuci menggunakan air mengalir diikuti air suling dan dipotong kecil-kecil. Potongan daun tanaman jagung dijemur hingga kering, kemudian dihaluskan dan ditimbang sebanyak 25 gram. Selanjutnya potongan daun tanaman jagung yang sudah dihaluskan dicampurkan dalam 250 ml etanol 96% dan dipanaskan pada suhu 68°C sambil dilakukan pengadukan menggunakan *hotplate magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 700 rpm selama 1 jam. Setelah selesai, ekstrak disaring menggunakan kertas saring.

2.2 Biosintesis Nanopartikel ZnO

Ekstrak daun tanaman jagung sebanyak 10 ml ditambahkan dengan larutan prekursor *Zinc nitrate hexahydrate* dengan konsentrasi 0,1M; 0,15M; 0,2M; 0,25M dan 0,3M sebanyak 90 ml. Kemudian pH dibuat 7 dengan penambahan larutan NaOH 0,1M, lalu dilakukan pemanasan dan pengadukan pada suhu 70°C selama 2 jam dan dilakukan evaporasi sampai terbentuk *slurry*. *Slurry* yang terbentuk dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 1 jam. *Slurry* yang telah

dikeringkan kemudian di kalsinasi dalam *furnace* menggunakan suhu 300°C, 400°C, 500°C, 600°C dan 700°C selama 3 jam. *Slurry* yang telah di kalsinasi kemudian dilakukan uji menggunakan SEM-EDX dan XRD.

2.3 Penentuan *Yield* Produk

Yield merupakan massa produk akhir dibandingkan dengan massa reaktan awal yang dimasukkan atau dikonsumsi, penentuan *yield* dapat dilakukan menggunakan persamaan (1)

$$yield = \frac{m_{akhir}}{m_{awal}} \times 100\% \quad (1)$$

dimana m_{akhir} merupakan massa setelah kalsinasi yang dinyatakan dalam gram, dan m_{awal} merupakan massa prekursor ditambah massa ekstrak yang dinyatakan dalam gram (Sarmin et al., 2024).

2.4 Penentuan Ukuran Kristal menggunakan Persamaan *Scherrer*

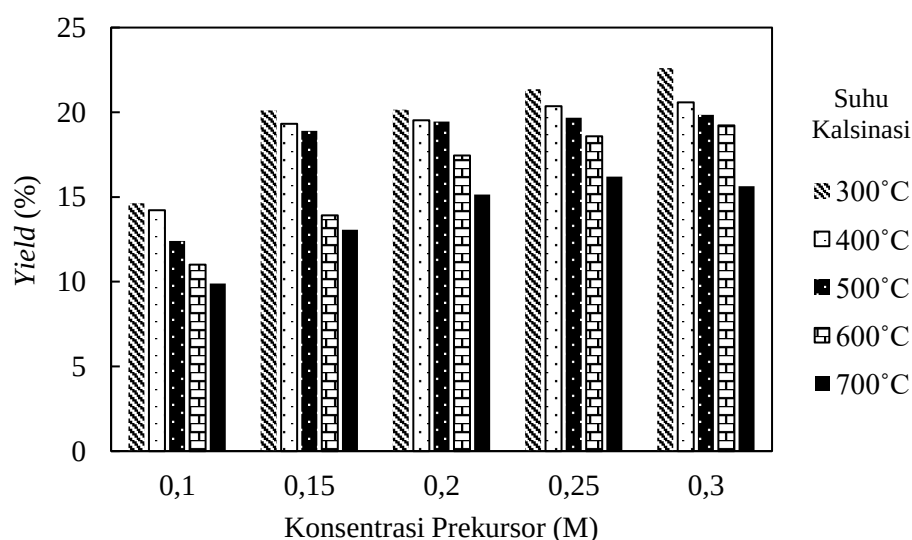
Penentuan ukuran diameter kristal dilakukan menggunakan persamaan *Scherrer* dengan data yang diperoleh dari hasil analisis XRD (*X-Ray Diffraction*). Persamaan *Scherrer* dinyatakan dalam persamaan (2)

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \frac{1}{2} 2\theta} \quad (2)$$

dimana D merupakan diameter kristal dalam satuan nanometer, k merupakan konstanta *Scherrer* yang bernilai 0,9. Panjang gelombang dinyatakan dalam λ yang bernilai 1,541874 Å atau 0,1541874 nm, β merupakan *Full Width Half Maximum* (FWHM) dan θ merupakan sudut *bragg* yang diperoleh dari analisis XRD (Didik, 2020).

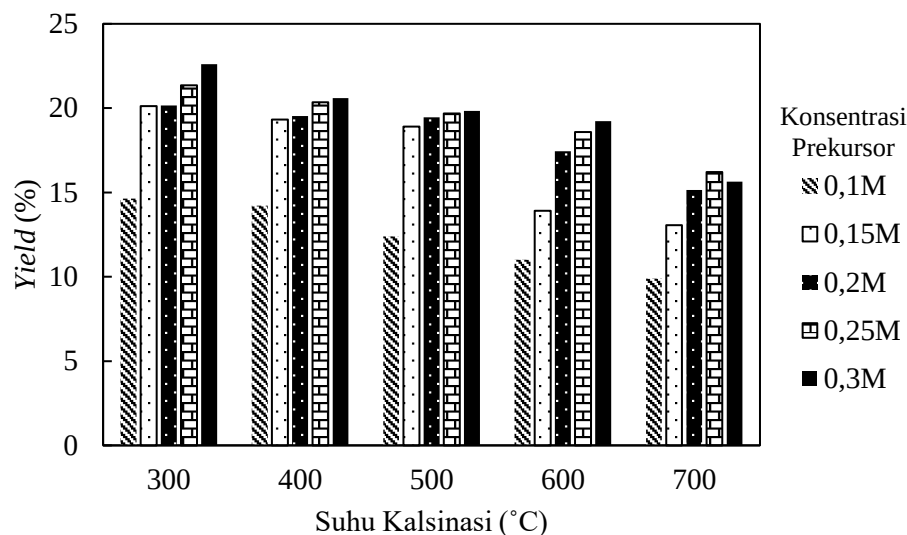
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Pengaruh Konsentrasi Prekursor dan Suhu Kalsinasi terhadap *Yield* Produk



Gambar 1 Pengaruh Konsentrasi Prekursor (M) terhadap *Yield* (%)

Konsentrasi prekursor berpengaruh terhadap *yield* yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *yield* tertinggi diperoleh pada konsentrasi prekursor 0,3M yaitu sebesar 22,6082% pada suhu 300°C. Sedangkan, *yield* terendah diperoleh pada konsentrasi prekursor 0,1M yaitu sebesar 9,8854% pada suhu 700°C. Konsentrasi prekursor yang lebih tinggi meningkatkan peluang interaksi antar molekul atau ion untuk membentuk inti nanopartikel. Proses ini mempercepat pembentukan inti yang kemudian tumbuh menjadi nanopartikel. Selain itu, peningkatan prekursor memberikan lebih banyak bahan untuk pertumbuhan partikel, sehingga menghasilkan jumlah partikel yang lebih tinggi (Chugh et al., 2021).

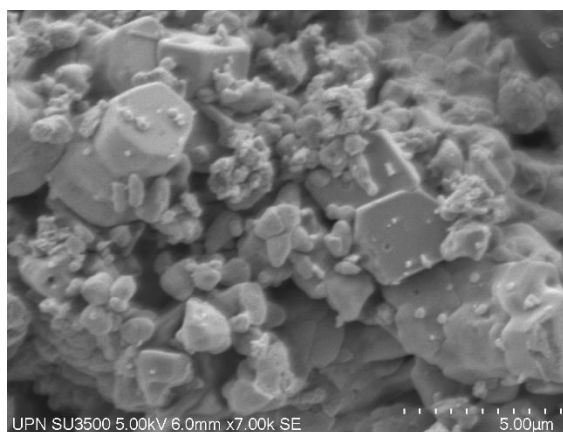


Gambar 2 Pengaruh Suhu Kalsinasi (°C) terhadap Yield (%)

Yield yang semakin rendah menunjukkan bahwa semakin banyak massa yang hilang setelah kalsinasi. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu kalsinasi, semakin banyak ikatan yang terputus, yang menyebabkan degradasi senyawa organik yang terdapat dalam ZnO (Sari et al., 2017). Senyawa-senyawa yang telah terdegradasi tersebut dapat berupa molekul hidrat, ataupun garam-garam lainnya, yang dimana dapat hilang ketika suhu kalsinasi semakin tinggi. Dengan demikian dapat menyebabkan berkurangnya massa atau jumlah material yang tersedia untuk sintesis nanopartikel, sehingga *yield* yang didapatkan juga semakin rendah (Nurbayasari et al., 2017).

3.2 Karakterisasi Nanopartikel ZnO

3.2.1 Analisis SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*)



Gambar 4 Hasil SEM Nanopartikel ZnO Sampel Konsentrasi Prekursor 0,3M pada Suhu Kalsinasi 700°C

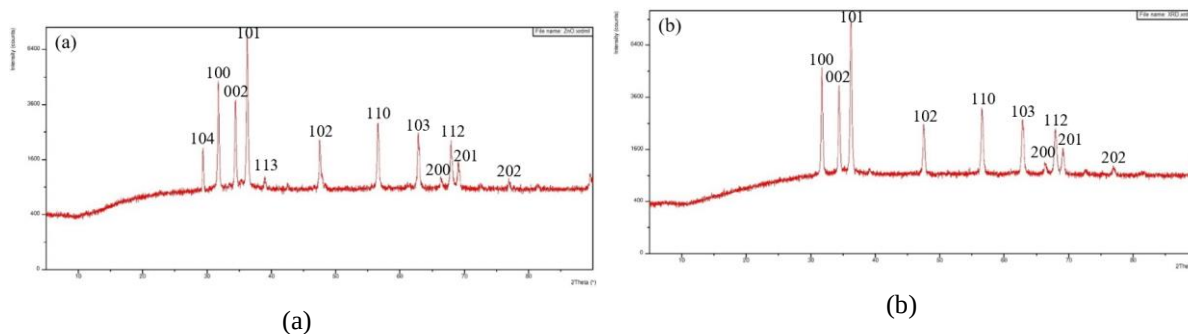
Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa morfologi partikel sulit diprediksi karena celah antara nanopartikel tidak tampak dengan jelas. Hal tersebut dikarenakan terjadinya aglomerasi sehingga bentuknya tidak seragam (Sari et al., 2017). Aglomerasi dapat terjadi karena tingginya konsentrasi prekursor yang menyebabkan titik jenuh cepat tercapai. Akibatnya, periode penuaan akan berlangsung lebih cepat, artinya prekursor yang tersedia dalam larutan akan mengalami nukleasi dalam jumlah besar dalam waktu yang singkat. Hal ini dapat menyebabkan banyaknya partikel kecil yang tidak stabil dan akhirnya bergabung menjadi aglomerat (Budiharti & Supardi, 2015).

Smart Quant Results			
Element	Weight %	Atomic %	Error %
O K	23.57	55.76	7.71
ZnL	76.43	44.24	3.65

Gambar 5 Hasil EDX Nanopartikel ZnO Sampel Konsentrasi Prekursor 0,3M pada Suhu Kalsinasi 700°C

Hasil analisis EDX menunjukkan bahwa sampel dengan konsentrasi prekursor 0,3M dan suhu kalsinasi 700°C merupakan ZnO murni, hal ini dapat diketahui dari hasil EDX yang menunjukkan bahwa hanya terdeteksi Zn dan O, serta tidak ada pengotor lainnya. Persen berat yang dihasilkan untuk atom Zn sebesar 76,43% dan untuk atom O sebesar 23,57%. Sedangkan, persen atom yang dihasilkan untuk atom Zn sebesar 44,24% dan untuk atom O sebesar 55,76%. Massa atom relatif Zn adalah 65,38 gr/mol dan massa atom relatif O adalah 16 gr/mol (Perry et al., 2019). Apabila ditinjau dari massa atom relatif dan persen berat dari Zn dan O, maka masing-masing atom memiliki jumlah mol sebesar 1,1690 mol dan 1,4731 mol. Hal ini menunjukkan bahwa O lebih dominan dibanding Zn pada sampel ini karena memiliki mol yang lebih banyak.

3.2.2 Analisis XRD (X-Ray Diffraction)

**Gambar 6** Hasil Analisis XRD sampel konsentrasi prekursor 0,3M (a) suhu kalsinasi 300°C (b) suhu kalsinasi 700°C

Pola grafik hasil analisis XRD pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 300°C memiliki perbedaan pola dengan standar ZnO (JCPDS 01-080-6503), meskipun puncak difraksi sama-sama memiliki puncak difraksi tajam yaitu pada sudut 31,79°; 34,44°; 36,27°; 47,55°; 56,59°; 62,85°; 66,34°; 67,93°; 69,06°; dan 76,92° yang menunjukkan kristalinitas sampel, tetapi hasil analisis pada sampel terdapat puncak sekunder lain yaitu pada sudut 29,41° dan 39,00° yang artinya sampel memiliki *impurities* atau tidak murni berupa *Sodium Nitrate* yang disesuaikan dengan grafik standar NaNO_3 (JCPDS 01-079-2056). Adanya *Sodium Nitrate* dalam sampel ini disebabkan oleh reaksi antara *Zinc Nitrate Hexahydrate* dengan *Sodium Hydroxide* (Nurbayasari et al., 2017). *Sodium Nitrate* yang tidak hilang pada sampel dikarenakan suhu kalsinasi yang digunakan yaitu sebesar 300°C, dimana suhu tersebut dibawah titik terdekomposisi *Sodium Nitrate* yaitu 380°C (SDS, 2020). Pola grafik hasil analisis XRD pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 700°C memiliki pola mirip dengan standar ZnO, sampel tersebut memiliki sudut 31,75°; 34,41°; 36,24°; 47,54°; 56,59°; 62,86°; 66,30°; 67,94°; 69,08°; dan 76,88° yang artinya sampel tersebut memiliki kemurnian tinggi. Intensitas yang kuat menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO memiliki kristalinitas yang tinggi (Venkatesan et al., 2017). Kedua sampel memiliki sistem kristal yang sama yaitu *hexagonal zincite*.

Diameter kristal dapat dihitung menggunakan persamaan *Scherrer* dengan menggunakan data konstanta *Scherrer* 0,9 dan panjang gelombang 1,541874 Å serta *Full Width Half Maximum* (FWHM) dan data 2θ pada masing-masing *peak* hasil analisis XRD. Diameter kristal pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 300°C memiliki ukuran diameter kristal yang lebih besar dibandingkan dengan yang menggunakan suhu kalsinasi 700°C. Hasil ukuran diameter rata-rata kristal pada suhu kalsinasi 300°C sebesar 40,8564 nm, sedangkan pada suhu kalsinasi 700°C sebesar 31,7203 nm. Perbedaan ukuran diameter kristal pada kedua sampel dikarenakan pada sampel dengan suhu kalsinasi 700°C mengindikasikan telah terjadi proses restrukturisasi kristal akibat adanya dekomposisi *impurities* (Sari et al., 2017). Hal tersebut menyebabkan sampel pada suhu kalsinasi yang lebih tinggi memiliki ukuran diameter kristal yang lebih kecil.

Analisis XRD juga digunakan untuk mengetahui sistem kristal dan densitas kristal. Pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 300°C dan 700°C memiliki sistem kristal yang sama yaitu *hexagonal zincite* yang memiliki parameter kisi $a=b=3,2490$ Å dan $c=5,2070$ Å. Parameter kisi tersebut memiliki nilai yang sama dengan sistem kristal *hexagonal wurtzite* (Malhotra, 2021). Densitas kristal ZnO pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 300°C dan 700°C berturut-

turut sebesar 5,677 g/cm³ dan 5,678 g/cm³. Menurut (Perry dkk., 2019) densitas ZnO yaitu sebesar 5,606 g/cm³, sehingga densitas kristal dari penelitian dapat dikatakan telah sesuai.

IV. KESIMPULAN

Biosintesis nanopartikel ZnO telah berhasil dilakukan menggunakan ekstrak daun tanaman jagung (*Zea mays L.*) sebagai bioreduktor. Variasi konsentrasi prekursor dan suhu kalsinasi berpengaruh terhadap *yield* yang dihasilkan. Konsentrasi prekursor berbanding lurus terhadap *yield*, sedangkan suhu kalsinasi berbanding terbalik terhadap *yield* dengan *yield* tertinggi 22,6082% dan *yield* terendah 9,8854%. Hasil SEM-EDX pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dan suhu kalsinasi 700°C menunjukkan morfologi partikel yang tidak seragam, serta komposisi penyusun nanopartikel ZnO terdiri dari 76,43% berat Zn dan 23,57% berat O. Ukuran diameter kristal analisis XRD pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 300°C dan 700°C berturut-turut sebesar 40,8564 nm dan 31,7203 nm. Densitas kristal analisis XRD pada sampel konsentrasi prekursor 0,3M dengan suhu kalsinasi 300°C dan 700°C memiliki nilai yang sama yaitu 5,68 g/cm³. Kedua sampel memiliki sistem kristal yang sama yaitu *hexagonal zincite*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A., & Tengker, S. (2023). Sintesis dan Karakterisasi Nano ZnO Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Kopasanda (*Chromolaena Odorata L.*). *Fullerene Journ.Of Chem*, 7(1), 47–51. <https://doi.org/10.37033/fjc.v7i1.511>
- Arifin, F. S., & Nazriati. (2022). Biosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs) Menggunakan Ekstrak Daun Kenitu (*Chrysophyllum cainito L.*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 56–63. <https://doi.org/10.32734/jtk.v11i2.9127>
- Budiharti, G., & Supardi, Z. A. I. (2015). Sintesis Nanopartikel Silika Menggunakan Metode Sol-Gel. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 22–25.
- Chugh, D., Viswamalya, V. S., & Das, B. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles with algae and the importance of capping agents in the process. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(126), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00228-w>
- Didik, L. A. (2020). Penentuan Ukuran Butir Kristal CuCr_{0,98}Ni_{0,02}O₂ dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) dan Scanning Electron Microscope (SEM). *Indonesian Physical Review*, 3(1), 6–14. <https://doi.org/10.29303/ipr.v3i1.37>
- Malhotra, S. P. K. (2021). Applications of zinc oxide nanoparticles as an antimicrobial agent in the food packaging industry. In K. A. B. T.-Z.-B. N. for E. and A. A. Abd-Elsalam (Ed.), *Nanobiotechnology for Plant Protection* (pp. 125–137). Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822836-4.00021-5>
- Naito, M., Yokoyama, T., Hosokawa, K., & Nogi, K. (2018). Nanoparticle Technology Handbook. In *Nanoparticle Technology Handbook*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53122-3.X5001-6>
- Nurbayasari, R., Saridewi, N., & Shofwatunnisa. (2017). Biosynthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles with Extract of Green Seaweed *Caulerpa sp.* *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 19(1), 17–28. <https://doi.org/10.22146/jfs.24488>
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (2019). Perry's chemical engineers' handbook. In *Choice Reviews Online* (Vol. 38, Issue 02). <https://doi.org/10.5860/choice.38-0966>
- Putri, S. E., Herawati, N., Fudhail, A., & Rauf, R. (2019). Pengaruh PVA terhadap kestabilan nanopartikel tembaga dari CuSO₄ menggunakan bioreduktor kulit buah naga merah (*Hylocereus costaricensis*). *Prosiding Seminar Nasional Lembaga Penelitian Universitas Negeri Makasar*, 296–298.
- Rhamdiyah, F. K., & Maharani, D. K. (2022). Biosynthesis of ZnO Nanoparticles from Aqueous Extract of *Moringa Oleifera L.*: Its Application as Antibacterial and Photocatalyst. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 11(2), 91–102. <https://doi.org/10.15294/ijcs.v11i2.52498>
- Sachdeva, H., & Saroj, R. (2013). ZnO Nanoparticles as an Efficient, Heterogeneous, Reusable, and Ecofriendly Catalyst for One-Pot Green Synthesis of Pyranopyrazole Derivaties in Water. *The Scientific World*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/00397911.2014.987350>
- Sari, R. N., Nurhasni, & Yaqin, M. A. (2017). Sintesis Nanopartikel ZnO Ekstrak *Sargassum sp.* dan Karakteristik Produknya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 238–254.

-
- Sarmin, M., Gurung, S., Sarkar, S., Das, S., & Hoda, M. (2024). Photocatalysis-enhanced synthesis and stabilization of silver nanoparticles by methanol-based phytochemicals extract of *Trigonella foenum-graecum* seeds. *JCIS Open*, 15(June), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jciso.2024.100116>
- SDS. (2020). *Safety Data Sheet (SDS) – Natrium Nitrat – NaNO₃*.
- Venkatesan, A., Prabakaran, R., & Sujatha, V. (2017). Phytoextract-mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles using aqueous leaves extract of *Ipomoea pes-caprae* (L).R.br revealing its biological properties and photocatalytic activity. *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 2(8), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s41204-017-0018-7>