

MINI REVIEW: SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL ZnO

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF ZnO NANOPARTICLES: MINI REVIEW

Siti Aprilia Wulandari^{1,2}, Noor Hindryawati^{*1,2}, Irfan Ashari²

¹Inorganic Laboratory, Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Mulawarman University, Samarinda 76116 Indonesia

²Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science, Mulawarman University, Samarinda 76116 Indonesia

*Corresponding Author: hindryawati@gmail.com

Diterbitkan: 30 Oktober 2023

ABSTRACT

This mini review will explore the manufacture of ZnO nanomaterials. ZnO material has the advantages of high electron mobility, wide bandgap, high temperature resistance, and good UV absorption. ZnO has many applications in everyday life such as for photocatalysts, antibacterials, edible coatings, and others. Based on the literature review, ZnO material can be synthesized using sol-gel, hydrothermal, solvothermal, precipitation and coprecipitation methods. The resulting synthesis results are 7.4 nm-170 nm in size, have a hexagonal wurtzite crystal structure, have a bandgap of 3.23 eV-3.50 eV, and produce a surface area of 91.87 m²/g-113.37 m²/g. Based on the review conducted, it can be concluded that the method that produces ZnO nanoparticles with the smallest size and the largest surface area is synthesis using the solvothermal method.

Keywords: Nano materials, Semiconductors, Nanoparticles.

ABSTRAK

Mini review ini akan mengupas pembuatan nanomaterial ZnO. Material ZnO memiliki kelebihan yaitu sifat mobilitas elektron yang tinggi, memiliki *bandgap* yang lebar, tahan pada suhu tinggi, dan dapat menyerap sinar UV dengan baik. ZnO memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari seperti untuk fotokatalis, antibakteri, *edible coating*, dan lain-lain. Berdasarkan literatur review, material ZnO dapat disintesis menggunakan metode sol-gel, hidrotermal, solvotermal, presipitasi dan kopresipitasi. Hasil sintesis yang dihasilkan berukuran 7,4 nm-170 nm, memiliki struktur kristal *hexagonal wurtzite*, memiliki bandgap 3,23 eV-3,50 eV, dan menghasilkan luas permukaan 91,87 m²/g-113,37 m²/g. Berdasarkan *review* yang dilakukan dapat disimpulkan metode yang menghasilkan nanopartikel ZnO dengan ukuran terkecil dan luas permukaan terbesar ialah sintesis menggunakan metode solvotermal.

Kata Kunci: Material nano, Semikonduktor, Nanopartikel.

PENDAHULUAN

Material nano adalah material dengan ukuran yang berskala nano, yaitu lebih kecil dari 100 nm. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material ukuran besar (*bulk*). Material nano memiliki sifat yang lebih unggul dan tidak dimiliki oleh material ukuran besar. Keunggulan sifat tersebut dapat diatur melalui pengontrolan ukuran material, modifikasi permukaan,

pengaturan komposisi kimiawi, dan pengontrolan interaksi antar partikel (Nasution & Fitri, 2018).

Menurut (Upadhyay *et al.*, 2019), oksida semikonduktor adalah salah satu yang paling banyak bahan yang dipelajari secara luas, karena sifat fisik, optik, dan optoelektroniknya yang luar biasa. Nanopartikel adalah bahan yang paling menarik dalam nano sains dan teknologi karena sifatnya yang menarik dalam katalis, gas sensing, sel surya peka pewarna, aplikasi fotovoltaiik dll.

ZnO merupakan semikonduktor anorganik yang tidak bersifat toksik, dapat memberikan

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



mobilitas tinggi, memiliki stabilitas termal yang baik, memiliki jarak pita 3,37 eV dengan energi ikatan 60 meV dan memiliki struktur kristal yang stabil pada suhu ruang yaitu wurtzite (Raganata *et al.*, 2019). Material ZnO dapat dibentuk menjadi nanorods, *nanowire*, *nanotube*, *nanodiscs*, *nanokristal* dan *nanosheet* yang dapat memfasilitasi transport pembawa muatan dengan lebih efisien karena memiliki batas butir yang lebih rapat (Afrilia *et al.*, 2019).

Nanopartikel ZnO dapat disintesis dengan berbagai metode yaitu metode sol-gel, hidrotermal, solvotermal, presipitasi dan kopresipitasi. Melalui metode tersebut dihasilkan nanopartikel ZnO dengan karakteristik yang berbeda-beda. Sehingga dilakukan *mini review* ini untuk mengetahui metode yang dapat menghasilkan nanopartikel ZnO dengan karakteristik yang paling baik.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada mini review ini dilakukan pencarian artikel yang relevan berbasis elektronik yaitu Google Scholar . kriteria artikel yang memenuhi syarat adalah artikel penelitian yang membahas tentang sintesis dan karakteristik nanopartikel ZnO dengan berbagai metode. Pencarian artikel menghasilkan 10 artikel yang sesuai dengan topik yang akan direview.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pencarian artikel, diperoleh 10 jurnal yang sesuai dengan kriteria

yaitu artikel yang membahas tentang sintesis dan karakteristik nanopartikel ZnO dengan berbagai metode. Berdasarkan **Tabel 1**, 10 jurnal yang diperoleh diterbitkan pada rentang tahun 2016 hingga 2021. Artikel paling banyak terbit pada tahun 2019.

Dilihat dari **Tabel 1**, metode yang digunakan dalam mensintesis nanopartikel ZnO ialah metode metode sol-gel [1,3], hidrotermal [2], solvotermal [4,11], presipitasi [8,7] dan kopresipitasi [6,10]. Masing masing metode memiliki kelebihan yaitu metode sol-gel (kemudahan modifikasi komposisi, kemudahan modifikasi ukuran partikel, dapat di sintesis pada suhu pemanasan yang relatif rendah, dan penggunaan peralatan yang relatif sederhana dan murah)[1], hidrotermal (sintesis dapat dilakukan pada temperatur rendah (dibawah 150 °C) dan dengan peralatan sederhana)[2], solvotermal (mampu meningkatkan dispersitas, mudah, sederhana, terjangkau, ramah lingkungan, dan menghasilkan produk dalam jumlah besar) [11], presipitasi (proses sintesis terkendali, dapat direproduksi dan ukuran partikel dapat dikontrol)[8], dan kopresipitasi (sintesis sederhana, menghasilkan bentuk yang seragam dan murni)[10]. Berdasarkan referensi yang digunakan, nanopartikel ZnO dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis[4,6], antibakteri[8,10], dan *edible coating*[7].

Tabel 1.Informasi Umum

| Nama Penulis | Tahun | Metode | Aplikasi |
|---------------------------|-------|-----------------------|-----------------------|
| Saragi, dkk [9] | 2016 | Hidrotermal | - |
| Raganata, dkk [6] | 2019 | kopresipitasi | Fotokatalis |
| Afrilia, dkk [1] | 2019 | Sol-gel dan pemanasan | - |
| Shamhari, dkk [11] | 2018 | Solvotermal | - |
| Romadhan, dkk [8] | 2016 | Presipitasi | Antibakteri |
| Shah, dkk [10] | 2016 | Kopresipitasi | Antibakteri |
| Kasuma, dkk [3] | 2021 | Sol-gel | - |
| Famia dan Muldarisnur [2] | 2019 | Hidrotermal | - |
| Romadhan dan Lestari [7] | 2019 | Presipitasi | <i>Edible coating</i> |
| Mohamed, dkk [4] | 2021 | solvotermal | Fotokatalis |

Berdasarkan **Tabel.2**, bahan yang paling sering digunakan pada penelitian sintesis nanopartikel ZnO ialah prekursor (Zn(CH₃COO)₂.2H₂O) [1,2,3,4,9,10,11], namun terdapat beberapa penelitian yang menggunakan prekursor Zn(NO₃)₂.4H₂O [2,6,8,7], terdapat pula prekursor yang jarang digunakan yaitu ZnCl₂ dan ZnSO₄.7H₂O [3]. Pelarut yang paling sering

digunakan ialah air[4,6,7,8], pelarut lain yang juga digunakan ialah etanol [4,11], methanol[1,3], 2-propanol [9], DMF[10], isopropanol, etilen glikol[3], hexamethylenetetraine, dan methenamine[2]. Sedangkan untuk katalis hampir semua referensi menggunakan katalis NaOH kecuali penelitian Shamhari[11]. Sehingga dapat disimpulkan bahan

yang paling sering digunakan ialah prekursor $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, pelarut air, dan, katalis NaOH.

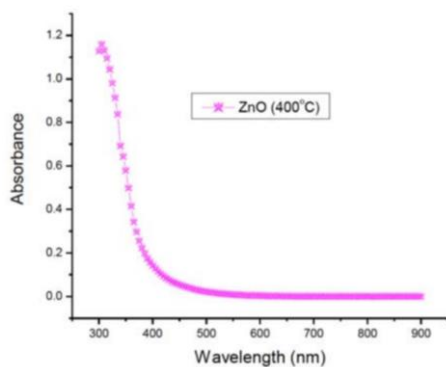
Tabel 2. Penggunaan Bahan

| Prekursor | Pelarut | Katalis | Referensi |
|---|---|---------|-----------|
| $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ | 2-propanol | NaOH | [9] |
| $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | Air | NaOH | [6] |
| $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ | Methanol | NaOH | [1] |
| $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ | Etanol | KOH | [11] |
| $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | air demineralisasi | NaOH | [8] |
| $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ | DMF | - | [10] |
| $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, ZnCl_2 , $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | methanol, isopropanol, etilen glikol, | NaOH | [3] |
| $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, | hexamethylenetetrami ne $(\text{CH}_3)_6\text{Na}$, methenamine $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4)$ | - | [2] |
| $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, pektin, | air demineral | NaOH | [7] |
| $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ | Etanol, air deionisasi | NaOH | [4] |

Tabel 3. Hasil Karakterisasi

| Referensi | Kondisi Optimum | Hasil Karakterisasi |
|---------------------------------|---|---|
| (Saragi <i>et al.</i> , 2016) | Menggunakan pelarut 2-propanol, kondisi pH 10, dan suhu hidrotermal 100°C | <ul style="list-style-type: none"> - Analisis UV-Vis berada pada panjang gelombang 340-360 nm sehingga berdasarkan perhitungan didapatkan band gap 2,95-3,18 eV - Analisis SEM Bentuk homogen berukuran 20 x 9 nm nanorod - Analisa XRD sampel memiliki pola yang sesuai dengan pola XRD JCPDS 36-1451 dengan struktur kristal hexagonal wurtzite |
| (Raganata <i>et al.</i> , 2019) | Penambahan <i>capping agent</i> dan perlakuan sonikasi selama 2 jam dan pH 11 | <ul style="list-style-type: none"> - Analisa SEM menunjukkan morfologi permukaan berbentuk bulat yang saling menempel - Analisa XRD menunjukkan munculnya puncak-puncak karakteristik ZnO pada daerah yang mirip dengan puncak standar ZnO dari ICSD nomor 29- 272 dengan struktur wurzite heksagonal. - Efektivitasnya sebagai fotokatalis meningkat berbanding lurus dengan meningkatnya waktu penyinaran yaitu 180 menit. |
| (Afrilia <i>et al.</i> , 2019) | Optimum setelah dipanaskan pada suhu rendah 150°C 8 jam | <ul style="list-style-type: none"> - Analisa Spektrum UV-Vis absorbansi terjadi di panjang gelombang 300-400 nm. Puncak absorpsi pada 350 nm (tanpa pencucian) dan 358 nm (melalui tahap pencucian) - Analisis SEM Morfologi membentuk spheris dan ukuran tidak termati jelas namun fasa pasta 50 nm dan fasa gel 70 nm. - Analisis TEM terlihat nanopartikel berukuran 15-20 nm - Analisa FT-IR menunjukkan ikatan Zn-O yang mendominasi gugus ikatan lainnya setelah dilakukan pemnasan suhu rendah. sintesis suhu rendah dapat mengurangi puncak karbonil dan membentuk puncak ikatan Zn - Analisis XRD serbuk nano ZnO memiliki struktur kristal heksagonal wurtzite sesuai dengan data JCPDS 36-1451. |

| | | |
|---------------------------------|--|---|
| (Shamhari <i>et al.</i> , 2018) | Pengadukan selama 3 jam dan pemanasan pada suhu 60°C | <ul style="list-style-type: none"> - Analisis UV-Vis menyerap pada panjang gelombang 357 nm - Analisis TEM menghasilkan ukuran partikel sebesar 7.4 nm - Analisis XRD nanopartikel ZnO memiliki struktur kristal heksagonal wurtzite sesuai dengan data JCPDS 36-1451 - Analisis BET menghasilkan luas permukaan yang tinggi 101,32 m²/g |
| (Romadhan <i>et al.</i> , 2016) | Pemanasan suhu 80°C | <ul style="list-style-type: none"> - Analisis PSA menghasilkan nanopartikel berukuran 44.30 nm, - Analisis XRD menghasilkan struktur kristal hexagonal wurtzite - Analisis SEM bentuk morfologi permukaan berupa spherical shape |
| (Shah <i>et al.</i> , 2016) | Pemanasan 200°C selama 3 jam | <ul style="list-style-type: none"> - Analisis XRD struktur berbentuk heksagonal - Ukuran partikel yang dihasilkan ialah 29 nm - Analisis SEM nanopartikel bersifat monodisperse - Analisis UV-Vis serapan panjang gelombang 300-400nm dan bandgap 3,50 eV - Sifat antimikroba kuat pada konsentrasi hambatan minimum (MIC) 80-280g/ml |
| (Kasuma <i>et al.</i> , 2021) | Prekursor (Zn(CH ₃ COO) ₂ .2H ₂ O) Dengan pemanasan 400°C | <ul style="list-style-type: none"> - Analisa XRF persentasi ZnO 97,216% - Analisis XRD struktur kristal berbentuk heksagonal wurtzite. pada pengaruh suhu 400°C dihasilkan ukuran 30-52 nm - Pada suhu 600°C dihasilkan ukuran 35-62 nm. - Analisis SEM menunjukkan aglomerasi paling kecil dengan bentuk bulat. |
| (Famia & Muldarisnur, 2019) | Pemanasan pada suhu 80°C | <ul style="list-style-type: none"> - Analisis SEM morfologi seragam pada suhu 80-100°C berbentuk nanorods polykristal - Analisis SEM menunjukan ukuran partikel 95.3-15.1 nm - Analisis XRD struktur kristal berbentuk hexagonal wurtzite |
| (Romadhan & Pujilestari, 2019) | Pemanasan 80°C selama 2 jam dengan pH 13 | <ul style="list-style-type: none"> - Analisis FTIR terdeteksi puncak reagan vibrasi Zn-O, O-H, C-H - Analisis SEM: terjadi agregasi akibat penambahan capping agent, bentuk morfologi bulat - Analisis PSA menunjukan ukuran rata-rata 43,1 nm pada suhu 80°C |
| (Mohamed <i>et al.</i> , 2021) | Menggunakan NaOH 0,75 mol | <ul style="list-style-type: none"> - XRD: didapatkan struktur fase kristal wurtzit tunggal - Morfologi berukuran 8,4 nm - Band gap 3,45 eV - Luas permukaan 113,37 m²/g |



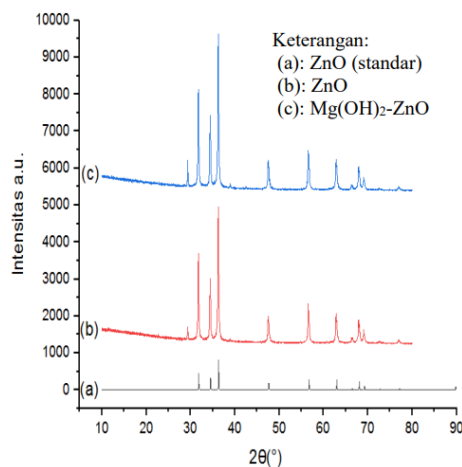
Gambar 1. Gambar Spektra UV-Vis Nanopartikel ZnO (Shah *et al.*, 2016).

Berdasarkan penelitian Shah[10], nanopartikel ZnO diuji pada panjang gelombang 300-900 nm. Menghasilkan nanopartikel menyerap pada panjang gelombang 300-400 nm.

| Compound | Conc | Unit | Compound | Conc | Unit | Compound | Conc | Unit |
|----------|--------|------|--------------------------------|--------|------|--------------------------------|--------|------|
| Al | 0.408 | % | Al ₂ O ₃ | 0.762 | % | Al ₂ O ₃ | 0.644 | % |
| Si | 0.274 | % | SiO ₂ | 0.58 | % | SiO ₂ | 0.489 | % |
| P | 0.45 | % | P ₂ O ₅ | 1.02 | % | P ₂ O ₅ | 0.859 | % |
| Cl | 0.347 | % | Cl | 0.343 | % | CaO | 0.102 | % |
| Ca | 0.089 | % | CaO | 0.123 | % | Fe ₂ O ₃ | 0.029 | % |
| Fe | 0.025 | % | Fe ₂ O ₃ | 0.035 | % | Co ₃ O ₄ | 0.006 | % |
| Co | 0.005 | % | Co | 0.005 | % | NiO | 0 | % |
| Ni | 0 | % | Ni | 0 | % | ZnO | 97.216 | % |
| Zn | 98.011 | % | Zn | 96.744 | % | Ag ₂ O | 0 | % |
| Ag | 0 | % | Ag | 0 | % | CdO | 0.169 | % |
| Cd | 0.18 | % | Cd | 0.178 | % | Yb ₂ O ₃ | 0.077 | % |
| Yb | 0.085 | % | Hf | 0.127 | % | HfO ₂ | 0.122 | % |
| Hf | 0.128 | % | Yb | 0.084 | % | Cl | 0.287 | % |

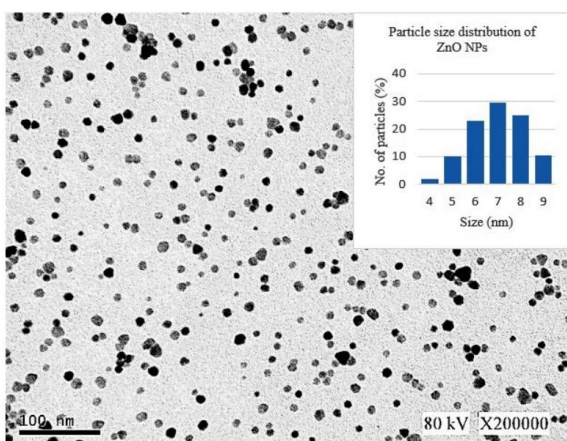
Gambar 2. Gambar data XRF Nanopartikel ZnO (Kasuma *et al.*, 2021).

Berdasarkan penelitian Kasuma [3], pada analisis XRD dengan sampel menggunakan prekursor $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ menghasilkan persentase ZnO paling tinggi yaitu sebesar 97,2%.



Gambar 3. Gambar data XRD Nanopartikel ZnO (Raganata *et al.*, 2019).

Berdasarkan penelitian Raganata [6] pada analisis XRD menunjukan pembentukan nanopartikel ZnO dengan fase kristalinit yang dibuktikan melalui data XRD, terdapat puncak-puncak yang muncul pada daerah 2θ 31,760 ; 34,430 ; 36,240 ; 47,530 ; 56,580 ; 62,850 ; 66,360 ; dan 69,070 . Puncak ini mirip dengan puncak standar ZnO dari ICSD nomor 29- 272 yaitu pada daerah 2θ 31,75°; 34,73°; 36,33°; 47,68°; 56.63°; 63,00°; 68,00°; 69,31°.



Gambar 4. Gambar TEM Nanopartikel ZnO (Shamhari *et al.*, 2018).

Berdasarkan penelitian Shamhari [11], pada analisis TEM menunjukan terbentuknya nanopartikel ZnO dengan ukuran 7,4 nm dengan distribusi ukuran yang kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan mini review yang telah dilakukan terhadap literatur sintesis dan karakterisasi nanopartikel ZnO, dapat disimpulkan bahwa bahan-bahan yang paling sering digunakan ialah prekursor $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, pelarut air, dan, katalis NaOH. Dari berbagai metode yang telah dilakukan, metode yang dapat menghasilkan nanopartikel dengan ukuran kecil dan luas permukaan besar ialah sintesis menggunakan metode solvotermal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen-dosen Kimia FMIPA Universitas Mulawarman, terkhusus kepada dosen pembimbing I, dosen pembimbing II, dan semua pihak yang membantu dalam penulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afrilia, C. G., Havani, D. P., Aprilia, A., Safriani, L., & Bahtiar, A. (2019). Studi Proses Sintesis Serbuk Nano ZnO beserta Karakterisasi. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 3(2), 105–113. <https://doi.org/10.24198/jiif.v3i2.23063>
- [2] Famia, A. M., & Muldarisnur. (2019). Pengaruh Temperatur Sintesis Hidrotermal Terhadap Diameter Nanopartikel Seng Oksida. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 8(2), 127–132.
- [3] Kasuma, S., Ningsih, W., Khair, M., & Veronita, S. (2021). Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles Using Sol-Gel Method. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(1), 59–67.
- [4] Mohamed, W. A. A., Handal, H. T., Ibrahim, I. A., Galal, H. R., Mousa, H. A., & Labib, A. A. (2021). Recycling for Solar Photocatalytic Activity of Dianix Blue Dye and Real Industrial Wastewater Treatment Process by Zinc Oxide Quantum Dots Synthesized by Solvothermal Method. *Journal of Hazardous Materials*, 404(PB), 123962. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123962>
- [5] Nasution, N., & Fitri, A. (2018). SYNTHSintesis Nanopartikel TiO2 Fasa Rutile dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Teknologi*, 2(2), 18–25.
- [6] Raganata, T. C., Aritonang, H., &

- Suryanto, E. (2019). Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO Untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chemistry Progress*, 12(2), 54–58.
- [7] Romadhan, M. F., & Pujilestari, S. (2019). Sintesis Nanopartikel ZnO dan Aplikasinya sebagai Edible Coating Berbasis Pektin untuk Memperpanjang Umur Simpan Buah Belimbing. *Jurnal Agroindustri Halal*, 5(1), 030–038. <https://doi.org/10.30997/jah.v5i1.1712>
- [8] Romadhan, M. F., Suyatma, N. E., & Taqi, F. M. (2016). Synthesis of ZnO Nanoparticles by Precipitation Method with Their Antibacterial Effect. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 16(2), 117–123.
- [9] Saragi, T., Purba, Y. R., Auffa, S., Oktaviani, M., Susilawati, T., Risdiana, & Bahtiar, A. (2016). Karakteristik Nanopartikel ZnO: Studi Efek Pelarut Pada Proses Hidrothermal. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 06(01), 31–35.
- [10] Shah, S. N., Ali, S. I., Ali, S. R., Naeem, M., Bibi, Y., Ali, S. R., Raza, S. M., Khan, Y., & Khan, S. (2016). Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles for Antibacterial Applications. *Jurnal of Basic and Applied Sciences*, 12, 205–210.
- [11] Shamhari, N. M., Wee, B. S., Chin, S. F., & Kok, K. Y. (2018). Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles with Small Particle Size Distribution. *Acta Chimica Slovenica*, 65(3), 578–585. <https://doi.org/10.17344/acsi.2018.4213>
- [12] Upadhyay, G. K., Rajput, J. K., Pathak, T. K., Kumar, V., & Purohit, L. P. (2019). Synthesis of ZnO:TiO₂ Nanocomposites for Photocatalyst Application in Visible Light. *Vacuum*, 160, 154–163. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.11.026>.