



Nexus: Jurnal Sains dan Teknologi

Homepage jurnal: https://ojs.polmed.ac.id/index.php/nexus_sains_dan_teknologi



Studi Komparatif Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Pembentukan dan Karakteristik Nanopartikel ZnO Berbasis Ekstrak Daun *Parthenium hysterophorus* L.

Nahzim Rahmat^{a*}, Prisca Caesa Moneteringtyas^a, Pina Budiarti Pratiwi^a

^aProgram Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jalan Almamater No. 1 Kampus USU, Medan, 20155, Indonesia

*Korespondensi penulis: nahzimrahmat@polmed.ac.id (N. Rahmat) Tel.: +62877-8059-8252

Sorotan

- Pelarut yang dibandingkan adalah metanol dan aquabides
- Sintesis nanopartikel ZnO berbasis ekstrak daun *Parthenium hysterophorus* L.
- Pelarut metanol menghasilkan puncak Zn–O yang lebih tajam (FTIR) dan pola difraksi yang lebih kuat (XRD)

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 13 November 2025
Direvisi pada 25 November 2025
Disetujui pada 30 November 2025
Tersedia daring pada 03 Desember 2025

Kata kunci:

ZnO, Ekstrak Daun, Pelarut.

Keywords:

ZnO, Leaf Extract, Solvent.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh jenis pelarut terhadap karakteristik nanopartikel ZnO yang disintesis menggunakan ekstrak daun *Parthenium hysterophorus* L. sebagai agen pereduksi alami. Ekstrak daun direndam dengan dua pelarut yaitu metanol atau aquabides selama 24 jam dan digunakan sebagai agen pereduksi dalam sintesis ZnO. Endapan yang dihasilkan dikeringkan, dikalsinasi pada 600 °C, dan dikarakterisasi menggunakan FTIR serta XRD. Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya pita serapan O–H pada 3318 cm⁻¹ pada sampel B yang tidak muncul pada sampel A. Hal ini mengindikasikan bahwa keberadaan gugus hidroksil sisa yang lebih dominan pada sintesis berbasis air. Sementara itu, hasil XRD mengonfirmasi bahwa kedua sampel memiliki struktur kristal ZnO heksagonal tipe wurtzite (JCPDS No. 36-1451) dengan puncak utama pada 2θ sekitar 31,7°, 34,4°, dan 36,3°. Ukuran kristalit yang dihitung menggunakan persamaan Scherrer menunjukkan nilai rata-rata sekitar 41 nm untuk sampel A dan 28 nm untuk sampel B. Hasil ini menunjukkan bahwa metanol menghasilkan kristal ZnO yang lebih besar, sedangkan air menghasilkan kristalit lebih kecil dengan strain kisi lebih tinggi.

ABSTRACT

This study aims to investigate the influence of solvent type on the characteristics of ZnO nanoparticles synthesized using *Parthenium hysterophorus* L. leaf extract as a natural reducing agent. The leaf extract was prepared by soaking it in either methanol or aquabides for 24 hours and was then used as the reducing agent in the ZnO synthesis. The resulting precipitate was dried, calcined at 600 °C, and characterized using FTIR and XRD. FTIR analysis revealed the presence of an O–H stretching band at 3318 cm⁻¹ in sample B, which did not appear in sample A, indicating a higher amount of residual

hydroxyl groups in the water-based synthesis. Meanwhile, XRD results confirmed that both samples exhibited a hexagonal wurtzite ZnO crystal structure (JCPDS No. 36-1451), with main diffraction peaks at 2θ values of approximately 31.7° , 34.4° , and 36.3° . Crystallite size calculations using the Scherrer equation showed average sizes of about 41 nm for sample A and 28 nm for sample B. These findings suggest that methanol produces larger ZnO crystals, whereas water leads to smaller crystallites with higher lattice strain.

1. Pendahuluan

Zinc oxide (ZnO) merupakan salah satu material semikonduktor penting yang banyak diaplikasikan dalam bidang fotokatalisis, sensor gas, kosmetik, dan biomedis [1]. Sintesis ZnO secara kimia umumnya menggunakan metode sol-gel atau presipitasi dengan bahan kimia yang kurang ramah lingkungan. Oleh karena itu, pendekatan *green synthesis* menggunakan ekstrak tumbuhan mulai banyak dikembangkan karena bersifat lebih aman, murah, dan berkelanjutan [2].

Salah satu tumbuhan yang berpotensi digunakan adalah *Parthenium hysterophorus* L., yang diketahui mengandung senyawa fitokimia seperti flavonoid, fenol, dan terpenoid yang dapat berperan sebagai agen pereduksi dan penstabil nanopartikel [3, 4]. Dalam proses sintesis berbasis ekstrak tumbuhan, jenis pelarut yang digunakan sangat berpengaruh terhadap komposisi senyawa aktif yang terekstrak [5]. Metanol bersifat semi-polar dan mampu melarutkan berbagai senyawa fenolik, sementara aquabides hanya melarutkan senyawa polar.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pelarut organik seperti metanol menghasilkan nanopartikel dengan kristalinitas lebih tinggi [6, 7]. Namun, studi komparatif antara pelarut metanol dan aquabides terhadap karakter ZnO berbasis ekstrak *Parthenium hysterophorus* L. masih jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pelarut terhadap gugus fungsi dan struktur kristal ZnO hasil sintesis menggunakan metode ramah lingkungan dengan bantuan instrumen FTIR dan XRD.

2. Metode

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan meliputi daun *Parthenium hysterophorus* L., $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (p.a, Merck), NaOH 1 M (Merck), metanol (p.a, Merck), dan aquabides. Alat yang digunakan antara lain penyaring mesh 60, magnetic stirrer (IKA C-MAG HS7), oven pengering (Memmert), Furnace (Nabertherm), instrumen FTIR (Shimadzu Prestige-21), dan XRD (PANalytical X'Pert PRO).

2.2 Prosedur Sintesis ZnO

Ekstrak daun disiapkan dengan merendam 1 g daun kering ke dalam 10 mL pelarut (metanol dan aquabides) selama 24 jam. Ekstrak yang dihasilkan inilah yang digunakan sebagai

agen pereduksi. Sebanyak 0,5 M $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang berasal dari metanol dan aquabides diaduk sambil dipanaskan pada rentang suhu 60-85 °C. Larutan ini ditetesi ekstrak daun sebanyak 3 mL. Endapan dikeringkan pada suhu 100°C selama 1 jam. Serbuk dikalsinasi selama 2 jam pada suhu 600 °C, lalu dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD.

2.3 Analisis FTIR dan XRD

Spektrum FTIR direkam pada rentang 4000–400 cm^{-1} untuk mengidentifikasi gugus fungsi, sedangkan pola XRD dianalisis pada rentang 20–80° (2 θ) untuk menentukan struktur kristal. Untuk menentukan ukuran Kristal, maka digunakan persamaan Scherrer sebagai berikut:

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

3. Hasil Dan Pembahasan

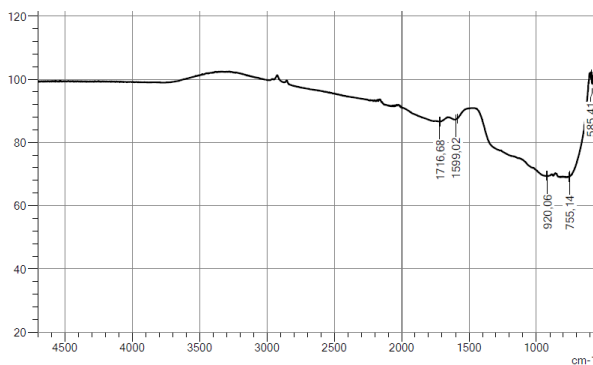
3.1 Analisis Kondisi Sampel

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, terdapat 2 jenis perlakuan dalam pembuatan ekstrak daun *Parthenium hysterophorus* L.. Perlakuan I, daun yang telah dihancurkan, direndam di dalam aquabides dengan perbandingan 1 : 10. Sedangkan, untuk perlakuan II, direndam di dalam metanol dengan perbandingan 1 : 10 juga. Setelah itu, ekstrak daun dari perlakuan I dan perlakuan II, masing-masing ditetaskan sampai habis (3 mL) ke dalam larutan $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.5 M (Zn-asetat). Sebelumnya, larutan Zn-asetat 0.5 M juga diberikan 2 jenis perlakuan, yaitu:

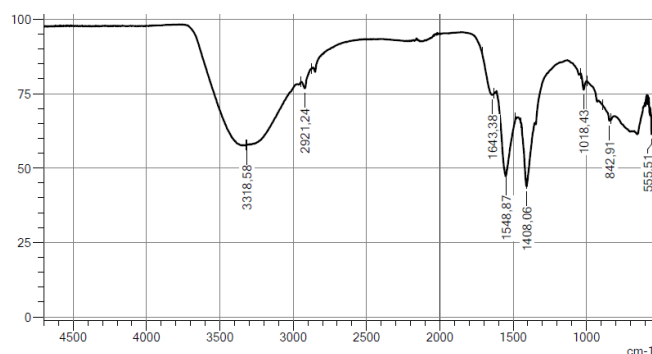
- Perlakuan I: Zn-asetat dilarutkan ke dalam metanol, hingga konsentrasi akhirnya adalah 0,5 M. Dengan demikian, terdapat ekstrak daun dalam aquabides + Zn-asetat dalam metanol, sehingga sampel ini cenderung metanolik. Selanjutnya, sampel ini disebut sampel A.
- Perlakuan II: Zn-asetat dilarutkan ke dalam aquabides, hingga konsentrasi akhirnya adalah 0,5 M. Dengan demikian, terdapat ekstrak daun dalam metanol + Zn-asetat dalam air, sehingga sampel ini cenderung akuos. Selanjutnya, sampel ini disebut sampel B.

3.2 Analisis FTIR

Berdasarkan pengujian instrumen FTIR, diperoleh spektrum FTIR seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut ini:



Gambar 1. Spektrum serapan FTIR dari Sampel A



Gambar 2. Spektrum serapan FTIR dari Sampel B

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2 di atas, maka dapat diinterpretasi pita serapan FTIR dari kedua sampel tersebut ke dalam Tabel 1 dan Tabel 2 di bawah ini. Pada sampel A, spektrum FTIR menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang yang ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Interpretasi Spektra FTIR dari Sampel A

Bil. Gelombang (cm ⁻¹)	Interpretasi Gugus Fungsi	Keterangan
~1716,68	C=O (karbonil, ester/keton)	menunjukkan adanya gugus karbonil kuat
~1599,02	C=C aromatik atau COO ⁻ asim.	kemungkinan berasal dari gugus asetat
~920,06	C-O stretching (alkohol/ester)	menunjukkan adanya senyawa organik
~755,14	C-H bending (aromatik)	karakteristik senyawa organik aromatik
~585,41	M-O (ikatan logam-oksigen)	indikasi kompleks logam Zn-O

Sedangkan, pada Sampel B, spektrum FTIR menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Interpretasi Spektra FTIR dari Sampel B

Bil. Gelombang (cm ⁻¹)	Interpretasi Gugus Fungsi	Keterangan
3318,58	O-H <i>stretching</i> (hidroksil/air)	adanya gugus -OH, mungkin adsorpsi air atau alkohol
2921,24	C-H <i>stretching</i> (alkil)	senyawa organik
1643,38; 1548,87	C=O dari COO ⁻	khas garam asetat logam
1408,06	C-O <i>stretching</i>	penguat identifikasi asetat
1018,43	C-O-C atau C-O (alkohol/ester)	rantai organik
842,91; 555,51	M-O (logam-oksigen)	adanya interaksi logam seperti Zn-O

Spektrum FTIR pada Sampel A dan Sampel B menunjukkan perbedaan signifikan yang berkaitan dengan jenis pelarut ekstraksi serta medium akhir pencampuran dengan Zn(CH₃COO)₂ · 2H₂O 0,5 M. Pada Sampel A, yang berasal dari ekstrak aquabides dan kemudian dilarutkan dalam Zn-asetat berbasis metanol, tidak tampak pita lebar O-H, sedangkan pita C=O muncul jelas pada 1716 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar gugus karbonil tetap dalam bentuk non-koordinasi, dengan interaksi lemah terhadap ion Zn²⁺ akibat pengaruh

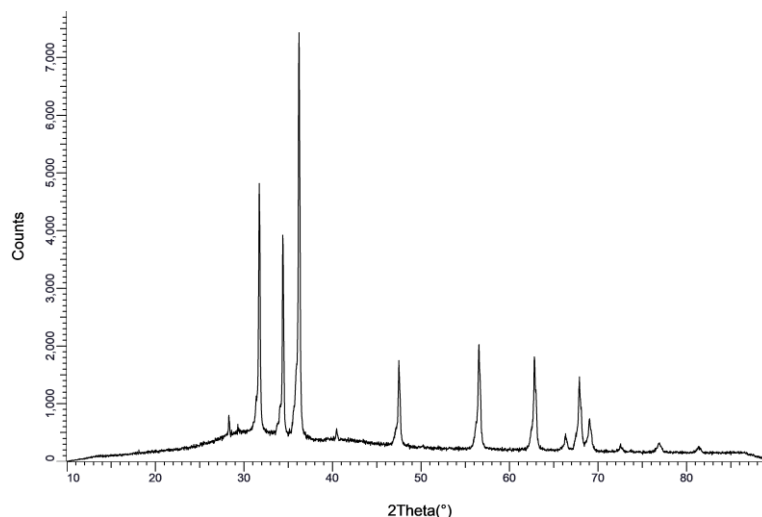
medium metanol yang kurang mendukung pembentukan ikatan hidrogen dan koordinasi karboksilat [8-12].

Sebaliknya, Sampel B yang diekstrak menggunakan metanol dan kemudian dilarutkan dalam Zn-asetat berbasis aquabides menampilkan pita O-H lebar di sekitar 3318 cm^{-1} serta pita ganda COO^- pada 1643 dan 1548 cm^{-1} . Ciri ini menandakan adanya koordinasi antara ligan organik hasil ekstraksi (seperti asam karboksilat atau fenolat) dengan Zn^{2+} , sekaligus pembentukan kompleks Zn-O yang ditunjukkan oleh pita di sekitar 585 cm^{-1} [13]. Dengan demikian, lingkungan pelarut berperan penting dalam menentukan intensitas serta posisi pita serapan.

Bila ditinjau dari aspek efisiensi sintesis nanopartikel ZnO, Sampel A kurang mendukung dalam pembentukan nanopartikel ZnO secara langsung. Metanol mengurangi hidrolisis Zn^{2+} sehingga nukleasi ZnO lebih lambat. Spektra menunjukkan C=O non-koordinasi yang kuat dan tidak adanya serapan pada pita O-H, hal ini mengindikasikan koordinasi asetat atau metabolit yang menahan Zn dalam bentuk terkoordinasi. Sedangkan pada sampel B, adanya ligan dari ekstrak metanol dapat berperan sebagai *capping agent* sehingga menghasilkan partikel yang lebih kecil dan terdispersi dengan baik, tetapi juga bisa menurunkan hasil (*yield*) oksida bebas, karena mampu menstabilkan kompleks organik-Zn [14].

3.3 Analisis XRD

Berdasarkan pengujian menggunakan instrumen XRD, diperoleh pola difraksi XRD seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut ini:



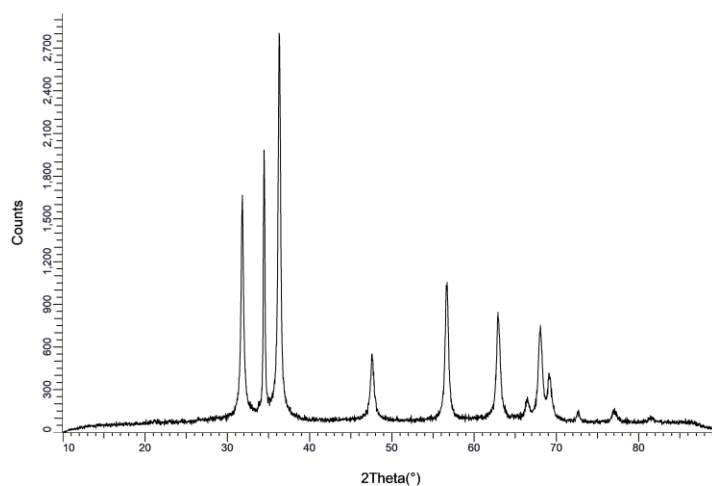
Gambar 3. Difraktogram dari Sampel A

Pada Sampel A, terlihat bahwa pola difraksinya mendeteksi 10 puncak utama seperti yang disajikan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Pola Difraktogram dari Sampel A

No	2 θ (°)	FWHM (°)	Intensitas relatif	Ukuran kristalit (Scherrer, nm)
1	31,739	0,2031	0,401	40,7
2	33,311	0,1764	0,285	46,9
3	34,384	0,1881	0,276	44,2
4	36,236	0,2146	0,315	38,9
5	47,554	0,2257	0,198	37,3
6	56,590	0,2634	0,173	32,1
7	62,861	0,3057	0,122	27,6
8	66,392	0,3483	0,099	24,3
9	68,001	0,3629	0,090	23,3
10	69,145	0,3796	0,085	22,2

Seluruh pola difraksi XRD tersebut memperlihatkan puncak tajam yang sesuai dengan struktur heksagonal wurtzit ZnO (JCPDS No. 36-1451). Hal ini mengindikasikan bahwa telah terjadi dekomposisi yang sempurna dari Zn-asetat menjadi ZnO. Kemudian, gambar 4 berikut menunjukkan pola difraksi dari Sampel B.

**Gambar 4.** Difraktogram dari Sampel B

Berdasarkan gambar 4 di atas, disimpulkan bahwa Sampel B juga berhasil mendeteksi 10 puncak utama seperti yang disajikan pada tabel 4. Seluruh pola difraksi XRD tersebut memperlihatkan puncak tajam yang sesuai dengan struktur heksagonal wurtzit ZnO (JCPDS No. 36-1451). Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada puncak jelas yang mengindikasikan keberadaan besar-besaran fasa lain seperti $\text{Zn}(\text{OH})_2$ atau $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ terhidrasi [15-19], sehingga dapat disimpulkan bahwa sintesis berhasil menghasilkan ZnO kristalin.

Tabel 4. Pola Difraktogram dari Sampel B

No	2 θ (°)	FWHM (°)	Intensitas relatif	Ukuran kristalit (Scherrer, nm)
1	31,739	0,2031	0,401	33,4
2	33,311	0,1764	0,285	38,9
3	34,384	0,1881	0,276	32,5
4	36,236	0,2146	0,315	23,8
5	47,554	0,2257	0,198	27,3
6	56,590	0,2634	0,173	24,4
7	62,861	0,3057	0,122	21,6
8	66,392	0,3483	0,099	19,8
9	68,001	0,3629	0,090	19,1
10	69,145	0,3796	0,085	18,1

Bila ditinjau dari aspek kristalinitas, maka Sampel A (metanolik) menunjukkan kristalinitas yang lebih baik dan pembentukan kristal yang lebih sempurna. Hal ini disebabkan oleh pelarut metanol yang menghasilkan nukleasi yang lebih terkontrol dan membantu pembentukan ZnO murni saat kalsinasi berlangsung. Sedangkan Sampel B (akuos) masih menghasilkan ZnO *wurtzite*, tetapi dengan ukuran kristalit yang lebih kecil dan lebih banyak cacat kisinya, akibat residu organik atau pengaruh polarisasi pelarut air yang lebih kuat.

Bila kita perhatikan gambar 3 dan 4, lebar puncak (FWHM) pada Sampel B (gambar 4) lebih besar dibanding sampel A (gambar 3), hal ini yang menunjukkan indikasi ukuran kristalit Sampel B lebih kecil. Hasil perhitungan persamaan Scherrer dapat menjadi bukti penguat bahwa Sampel B memiliki ukuran kristalit yang lebih kecil.

Selain itu, juga terjadi sedikit pergeseran 2θ ke kanan pada Sampel B, yang mengindikasikan adanya tegangan kisi yang lebih tinggi. Kecenderungan ini disebabkan oleh adanya penguapan pelarut air, sehingga menyebabkan penyusutan yang lebih kuat saat kalsinasi berlangsung [20, 21].

4. Kesimpulan

Jenis pelarut berpengaruh terhadap pembentukan dan karakteristik nanopartikel ZnO berbasis ekstrak daun *Parthenium hysterophorus* L.. Pelarut metanol menghasilkan gugus Zn–O yang lebih kuat dan struktur kristal *wurtzit* yang lebih jelas dibandingkan dengan aquabides. Namun, pelarut aquabides menghasilkan ukuran kristalit ZnO yang lebih kecil dibandingkan dengan metanol.

Kontribusi Penulis

N. Rahmat: penyusunan naskah, pelaksanaan eksperimen dan pengumpulan data; **P.C. Moneteringtyas:** analisis data XRD dan penyuntingan naskah; **P.B. Pratiwi:** analisis data FTIR dan validasi hasil.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan dalam penelitian ini.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan atas dukungan finansialnya melalui DIPA Polmed Tahun Anggaran 2025 dengan nomor kontrak B/332/PL5/PT.01.05/2025.

Daftar Pustaka

- [1] S. Nagar, S. Sharma, and P. Singh, "Green synthesis, structural characterization and photocatalytic applications of ZnO nanoconjugates using *Heliotropium indicum*," *Catalysts*, vol. 11, no. 7, p. 831, 2021.
- [2] Y. R. Nunes, R. J. Oliveira, and C. E. Cardoso, "Antioxidant activity as an indicator of the efficiency of plant extract-mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles," *Antioxidants*, vol. 12, no. 4, p. 784, 2023.
- [3] M. A. Gandhi, M. N. Reddy, and S. J. Basha, "Green synthesis of zinc oxide nanoparticles for antimicrobial and vegetative growth applications using *Parthenium hysterophorus* leaf extract," *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, vol. 14, p. 100369, 2020.
- [4] P. Kumar, R. Singh, and S. Yadav, "Eco-friendly synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Parthenium hysterophorus* flower extract for antimicrobial and antibiofilm applications," *The Bioscan*, vol. 20, no. 1, pp. 45–52, 2025.
- [5] M. Á. Gómez-García, M. Contreras-García, R. R. Romero-González, and B. Alvarado-Tenorio, "Evaluation of aqueous and ethanolic extracts for the green synthesis of zinc oxide nanoparticles from *Tradescantia spathacea*," *Nanomaterials*, vol. 15, no. 14, p. 1126, 2023.
- [6] I. Majeed, R. Ahmed, and S. Latif, "Characterization and antibacterial effect of green-synthesized silver nanoparticles using different extraction methods from *Ziziphus spina-christi*," *Journal of Nanobiotechnology*, vol. 19, no. 1, p. 158, 2021.
- [7] A. Sharma and D. Mehta, "Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using an aqueous extract of *Punica granatum* for antimicrobial and catalytic activity," *Materials*, vol. 15, no. 4, p. 205, 2022.
- [8] T. L. González, M. M. Martínez, and R. R. Pérez, "Structural behavior in ceramic materials using XRD and FTIR techniques," *Ceramics International*, vol. 44, no. 12, pp. 14955–14962, 2018.
- [9] M. A. Khan, S. Ali, and S. Rehman, "Green synthesis and FTIR–XRD analysis of silver nanoparticles using plant extracts," *Journal of Molecular Structure*, vol. 1245, p. 131077, 2021.
- [10] P. Kumar, R. Singh, and S. Yadav, "XRD and FTIR studies of iron oxide nanoparticles synthesized via co-precipitation," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 249, p. 122981, 2020.
- [11] H. J. Lee, D. S. Park, and J. H. Kim, "FTIR and XRD analyses of hydrothermally synthesized barium titanate powders," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 785, pp. 189–197, 2019.
- [12] X. Li, D. Chen, and G. Wang, "Characterization of nanostructured silica using FTIR and XRD," *Applied Surface Science*, vol. 427, pp. 67–74, 2018.

- [13] T. Mahmood, M. Aslam, and M. Abbas, "Structural evaluation of magnesium oxide nanoparticles using FTIR and XRD," *Materials Science in Semiconductor Processing*, vol. 121, p. 105391, 2021.
- [14] S. Mandal, S. Banerjee, and A. Das, "FTIR and XRD characterization of synthesized copper oxide nanostructures," *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, vol. 118, p. 113862, 2020.
- [15] T. T. Nguyen, V. H. Tran, and T. H. Dinh, "XRD and FTIR characterization of ZnO nanoparticles prepared by green synthesis," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 10, no. 1, p. 106987, 2022.
- [16] M. Ramesh, T. Subramani, and S. Anandan, "FTIR, XRD and UV-Vis analysis of green-synthesized ZnO nanoparticles using Aloe vera extract," *Optik*, vol. 171, pp. 261–268, 2018.
- [17] D. S. Santos, M. J. Oliveira, and C. Ribeiro, "Structural analysis of TiO₂ polymorphs by FTIR and XRD techniques," *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, vol. 214, pp. 371–378, 2019.
- [18] A. Saravanan, K. Rajesh, and S. Karthikeyan, "FTIR and XRD characterization of biosynthesized NiO nanoparticles," *Journal of Asian Ceramic Societies*, vol. 9, no. 3, pp. 1110–1118, 2021.
- [19] B. Sharma, P. Gupta, and N. Verma, "FTIR and XRD analysis of graphene oxide prepared from waste graphite," *Carbon Trends*, vol. 9, p. 100206, 2022.
- [20] X. Sun, Y. Liu, and W. Zhao, "Vibrational and structural properties of alumina nanoparticles using FTIR and XRD," *Journal of Non-Crystalline Solids*, vol. 498, pp. 461–468, 2018.
- [21] L. Zhang, Y. Wang, and Y. Chen, "FTIR and XRD investigation of synthesized cobalt ferrite nanoparticles," *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol. 497, p. 165999, 2020.