

**PERBANDINGAN BERBAGAI METODE SINTESIS *ZEOLITIC  
IMIDAZOLATE FRAMEWORK-8 (ZIF-8)* DAN PENGARUHNYA  
TERHADAP SIFAT FISIKA-KIMIA**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat memperoleh gelar sarjana sains di  
bidang kimia



Oleh

Andy Cahyadi

1601650

PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2023

**PERBANDINGAN BERBAGAI METODE SINTESIS *ZEOLITIC  
IMIDAZOLATE FRAMEWORK-8 (ZIF-8)* DAN PENGARUHNYA  
TERHADAP SIFAT FISIKA-KIMIA**

Oleh :

Andy Cahyadi

1601650

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Kimia Departemen Pendidikan Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Andy Cahyadi 2023

Universitas Pendidikan Indonesia

Agustus 2023

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh dipertanyakan seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, di fotocopy, atau cara lainnya tanpa ijin penulis.

**LEMBAR PENGESAHAN**

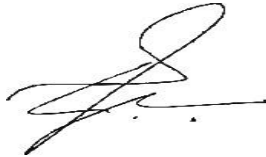
ANDY CAHYADI

1601650

**PERBANDINGAN BERBAGAI METODE SINTESIS *ZEOLITIC  
IMIDAZOLATE FRAMEWORK-8 (ZIF-8)* DAN PENGARUHNYA  
TERHADAP SIFAT FISIKA-KIMIA**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing

Pembimbing I



**Prof. Dr. Agus Setiabudi, M.Si.**

**NIP. 196808031992031002**

Pembimbing II



**Dr. Galuh Yuliani, M.Si.**

**NIP. 198007252001122001**

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kimia FPMIPA UPI



**Prof. Fitti Khoerunnisa, Ph.D.**

**NIP. 197806282001122001**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**PERBANDINGAN BERBAGAI METODE SINTESIS ZEOLITIC IMIDAZOLATE FRAMEWORK-8 (ZIF-8) DAN PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT FISIKA-KIMIA**” ini beserta seluruh isinya adalah sepenuhnya adalah karya saya sendiri. Tidak ada di dalamnya unsur plagiat atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku di masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini.

Bandung, Juli 2023

Andy Cahyadi

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi studi literatur yang berjudul **“PERBANDINGAN BERBAGAI METODE SINTESIS *ZEOLITIC IMIDAZOLATE FRAMEWORK-8* (ZIF-8) DAN PENGARUHNYA TERHADAP SIFAT FISIKA-KIMIA”**.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih ada kekurangan dan tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, penulis menerima saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Bandung, Juli 2023

Penulis,

Andy Cahyadi

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terciptanya skripsi studi literatur ini tidak terlepas dari do'a dan dukungan moral maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Dede dan Ibu Djuwita, dan kakak tersayang, Donie yang selalu memberikan do'a, motivasi, dukungan, dan kasih sayangnya kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Agus Setiabudi, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan, waktu, ilmu, dan dukungan sehingga penelitian ini berjalan lancar dan skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Ibu Dr. Galuh Yuliani, M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu mengarahkan penulis dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini dan selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama kuliah di Departemen Pendidikan Kimia.
4. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Kimia.
5. Ibu Fitri Khoerunnisa, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Sarjana (S1) Kimia.
6. Bapak Dr. Budiman Anwar, M.Si. selaku Ketua KBK Kimia Material.
7. Bapak dan Ibu dosen Departemen Pendidikan Kimia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
8. Ibu dan Bapak laboran Departemen Pendidikan Kimia yang telah memberikan ilmu bagi penulis.
9. Bapak operator Laboratorium Kerja FPMIPA yang telah membantu penulis dalam penelitian.
10. Kawan-kawan kelas Kimia D 2016 yang telah berjuang bersama-sama dari awal perkuliahan.
11. Semua pihak yang terlibat dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.

## ABSTRAK

*Zeolitic Imidazolate Framework-8* (ZIF-8) merupakan salah satu *Metal Organic Framework* (MOF) yang menunjukkan potensi besar untuk digunakan di berbagai bidang industri. ZIF-8 dapat disintesis melalui berbagai metode, seperti: solvotermal, *microwave*, sonokimia, mekanokimia, *microwave*-sonokimia, dan hidrotermal. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh metode sintesis terhadap sifat fisikokimia ZIF-8 yang dihasilkan melalui analisis studi literatur artikel jurnal bereputasi terindeks *Scopus*. Hasilnya menunjukkan bahwa metode sintesis dapat memengaruhi karakteristik ZIF-8 yang dihasilkan terutama stabilitas termal dan ukurannya. ZIF-8 yang disintesis melalui metode mekanokimia menunjukkan stabilitas termal yang paling baik dan ukuran yang paling kecil dibandingkan metode lainnya. Sementara itu, karakteristik lainnya seperti spektrum FTIR dan morfologi dari ZIF-8 yang disintesis melalui berbagai metode menunjukkan pola yang sama. Spektrum FTIR menunjukkan puncak serapan untuk vibrasi C-H pada 2900-3200  $\text{cm}^{-1}$ , C-N pada 1548-1640  $\text{cm}^{-1}$ , Zn-N pada 420  $\text{cm}^{-1}$ , regangan cincin imidazol pada 1350-1676  $\text{cm}^{-1}$ , dan lenturan bidang cincin imidazol pada 800-1350  $\text{cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya interaksi Zn-N dalam stuktur ZIF-8 dari logam Zn dan atom N dari ligan Hmim. Selain itu, ZIF-8 yang disintesis menunjukkan morfologi polihedron.

Kata kunci: Hidrotermal, mekanokimia, *microwave*, MOF, sonokimia, ZIF-8

## **ABSTRACT**

*Zeolitic Imidazolate Framework-8 (ZIF-8) is one of the Metal-Organic Frameworks (MOFs) that shows great potential for use in various industrial fields. ZIF-8 can be synthesized through various methods, such as solvothermal, microwave, sonochemical, mechanochemical, microwave-sonochemical, and hydrothermal methods. This study discusses the influence of synthesis methods on the physicochemical properties of ZIF-8 by analyzing reputable literature articles indexed in Scopus. The results show that the synthesis method can affect the characteristics of ZIF-8, especially its thermal stability and size. ZIF-8 synthesized through the mechanochemical method exhibits the best thermal stability and the smallest size compared to other methods. Meanwhile, other characteristics such as FTIR spectrum and morphology of ZIF-8 synthesized through various methods show similar patterns. The FTIR spectra show absorption peaks for C-H vibrations at 2900-3200  $\text{cm}^{-1}$ , C-N at 1548-1640  $\text{cm}^{-1}$ , Zn-N at 420  $\text{cm}^{-1}$ , imidazole ring stretching at 1350-1676  $\text{cm}^{-1}$ , and imidazole ring bending in-plane at 800-1350  $\text{cm}^{-1}$ , indicating the presence of Zn-N interactions in the ZIF-8 structure between the Zn metal and N atom of the Hmim ligand. Additionally, the synthesized ZIF-8 exhibits a polyhedral morphology.*

*Keywords: Hydrothermal, mechanochemical, microwave, MOF, sonochemical, ZIF-8*



## DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB I .....	x
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian .....	4
1.6 Struktur Organisasi Skripsi .....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 <i>Metal-Organic Framework</i> (MOF).....	6
2.2 <i>Zeolitic-Imidazolate Framework</i> (ZIF) .....	6
2.3 ZIF-8.....	8
2.4 Metode Sintesis MOF.....	9
2.5 Karakterisasi ZIF-8.....	11

2.5.1	Difraksi Sinar-X (XRD).....	11
2.5.2	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	11
2.5.3	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	12
2.5.4	Thermal-Gravimetri Analysis (TGA) .....	13
BAB III .....		14
METODE PENELITIAN.....		14
3.1	Jenis Penelitian .....	14
3.2	Alur Penelitian.....	14
3.3	Pemilihan Unit Analisis.....	15
3.4	Data dan Sumber Data.....	15
3.5	Teknik Pengambilan Data .....	15
3.6	Metode Analisis Data .....	16
BAB IV .....		17
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		17
4.1	Sintesis ZIF-8 .....	17
4.2	Karakteristik ZIF-8.....	19
4.2.1	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
4.2.2	Spektroskopi FTIR ZIF-8.....	21
4.2.3	Morfologi dan Ukuran ZIF-8 .....	22
4.2.4	Analisis Termogravimetri (TGA) ZIF-8 .....	24
4.3	Saran Aplikasi Masing-Masing Kelebihan ZIF-8 .....	25
4.3.1	ZIF-8 sebagai Adsorben.....	25
4.3.2	Komposit Baterai .....	28
BAB V.....		30
KESIMPULAN DAN SARAN.....		30
5.1	Kesimpulan.....	30

5.2	Saran.....	31
	DAFTAR PUSTAKA .....	32
	LAMPIRAN.....	37

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1</b> Jenis, Komposisi dan Diameter ZIF (Jofrishal et al., 2018).....	8
<b>Tabel 3.1</b> Artikel jurnal sumber data sekunder .....	15
<b>Tabel 4.1</b> Metode sintesis ZIF-8.....	17
<b>Tabel 4.2</b> Karakterisasi XIF-8 dengan XRD .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b> 3
<b>Tabel 4.3</b> Analisis FTIR ZIF-8 .....	214
<b>Tabel 4.4</b> Morfologi dan ukuran ZIF-8 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Tabel 4.5</b> Stabilitas termal ZIF-8 .....	247

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Struktur dari berbagai jenis ZIF (Hoseinpour & Shariatinia, 2021)..	7
<b>Gambar 3.1</b> Bagan alir penelitian.....	14
<b>Gambar 4.1</b> Adsorpsi fosfat oleh ZIF-8 .....	27
<b>Gambar 4.2</b> Adsorpsi N <sub>2</sub> dan SSA ZIF-8 .....	28

### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & Mohammed, A. (2019). Scanning Electron Microscopy ( SEM ): A Review Scanning Electron Microscopy ( SEM ): A Review. *Proceedings of 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics - HERVEX*, 77–85.
- Ahmad, A., Iqbal, N., Noor, T., Hassan, A., Khan, U. A., Wahab, A., Raza, M. A., & Ashraf, S. (2021). Cu-doped zeolite imidazole framework (ZIF-8) for effective electrocatalytic CO<sub>2</sub> reduction. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*, 48, 101523. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcou.2021.101523>
- Bassler. 1986, *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik*, edisi keempat, Erlangga, Jakarta.
- Bazzi, L., Ayouch, I., Tachallait, H., & EL Hankari, S. (2022). Ultrasound and microwave assisted-synthesis of ZIF-8 from zinc oxide for the adsorption of phosphate. *Results in Engineering*, 13, 100378. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100378>
- Beh, J. J., Lim, J. K., Ng, E. P., & Ooi, B. S. (2018). Synthesis and size control of zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8): From the perspective of reaction kinetics and thermodynamics of nucleation. *Materials Chemistry and Physics*, 216, 393–401. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2018.06.022>
- Bui, T. T., Nguyen, D. C., Hua, S. H., Chun, H., & Kim, Y. S. (2022). Sonochemical Preparation of a Magnet-Responsive Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ZIF-8 Adsorbent for Efficient Cu<sup>2+</sup> Removal. In *Nanomaterials* (Vol. 12, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/nano12050753>
- Butova, V. V., Budnyk, A. P., Bulanova, E. A., Lamberti, C., & Soldatov, A. V. (2017). Hydrothermal synthesis of high surface area ZIF-8 with minimal use of TEA. *Solid State Sciences*, 69, 13–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2017.05.002>
- Chen, Y., & Tang, S. (2019). Solvothermal synthesis of porous hydrangea-like

- zeolitic imidazole framework-8 (ZIF-8) crystals. *Journal of Solid State Chemistry*, 276(April), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2019.04.034>
- Dúzs, B., Holló, G., Schusztter, G., Horváth, D., Tóth, Á., Szalai, I., & Lagzi, I. (2022). Synthesis of zeolitic imidazolate framework-8 and gold nanoparticles in a sustained out-of-equilibrium state. *Scientific Reports*, 12(1), 222. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03942-0>
- Hoseinpour, V., & Shariatnia, Z. (2021). Applications of zeolitic imidazolate framework-8 (ZIF-8) in bone tissue engineering: A review. *Tissue and Cell*, 72, 101588. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tice.2021.101588>
- Izadpanah Ostad, M., Niknam Shahrak, M., & Galli, F. (2021). The influence of different synthetic solvents on photocatalytic activity of ZIF-8 for methanol production from CO<sub>2</sub>. *Microporous and Mesoporous Materials*, 326, 111363. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.111363>
- Jofrishal, Fajri, R., & others. (2018). Metal Organic Framework (MOF): Sintesis Zeolitic Imidazolate Framework-8 (ZIF-8). *Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 1(2), 1–15.
- Kroschwitz, J. 1990, *Polymer Characterization and Analysis*, John Wiley and Sons, Inc., Canada.
- Lee, G., Lee, M., Jeong, Y., Jang, E., Baik, H., Chul Jung, J., & Choi, J. (2022). Synthetic Origin-Dependent catalytic activity of Metal-Organic Frameworks: Unprecedented demonstration with ZIF-8 s on CO<sub>2</sub> cycloaddition reaction. *Chemical Engineering Journal*, 435, 134964. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.134964>
- Li, W., Chen, Y., Han, W., Liang, S., Jiao, Y., & Tian, G. (2023). ZIF-8 derived hierarchical ZnO@ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> hollow polyhedrons anchored with CdS for efficient photocatalytic CO<sub>2</sub> reduction. *Separation and Purification Technology*, 309, 122970. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122970>
- Lv, K., Fichter, S., Gu, M., März, J., & Schmidt, M. (2021). An updated status and

- trends in actinide metal-organic frameworks (An-MOFs): From synthesis to application. *Coordination Chemistry Reviews*, 446, 214011. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214011>
- Ma, S., Ji, Y., Dong, Y., Chen, S., Wang, Y., & Lü, S. (2021). An environmental-friendly pesticide-fertilizer combination fabricated by in-situ synthesis of ZIF-8. *Science of the Total Environment*, 789, 147845. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147845>
- Mittal, A., Gandhi, S., & Roy, I. (2022). Mechanistic interaction studies of synthesized ZIF-8 nanoparticles with bovine serum albumin using spectroscopic and molecular docking approaches. *Scientific Reports*, 12(1), 10331. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-14630-y>
- Nadjib, M., Ediati, R., Sulistiyo, Y. A., & Nadifah, L. (2017). Synthesis zeolitic Imidazolate Framework-8 (Zif-8) In Solvothermal: The Effect Comparison of Metal-Ligand. *Jurnal ILMU DASAR*, 17(1), 53–58. <https://doi.org/10.19184/jid.v17i1.2674>
- Nair, G. B., & Dhoble, S. J. (2020). *The fundamentals and applications of light-emitting diodes: the revolution in the lighting industry*. Woodhead Publishing.
- Nguyen, H. T. T., Tran, K. N. T., Van Tan, L., Tran, V. A., Doan, V. D., Lee, T., & Nguyen, T. D. (2021). Microwave-assisted solvothermal synthesis of bimetallic metal-organic framework for efficient photodegradation of organic dyes. *Materials Chemistry and Physics*, 272(March), 125040. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.125040>
- Pangastuti, P., Mudjahid, M. N., & Ediati, R. (2015). Sintesis Zif-8 dengan Metode Solvothermal. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(1), 13–16.
- Park, K. S., Ni, Z., Côté, A. P., Choi, J. Y., Huang, R., Uribe-Romo, F. J., Chae, H. K., O’Keeffe, M., & Yaghi, O. M. (2006). Exceptional chemical and thermal stability of zeolitic imidazolate frameworks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(27), 10186–10191. <https://doi.org/10.1073/pnas.0602439103>



- Ruan, X., Zhang, X., Zhou, Z., Jiang, X., Dai, Y., Yan, X., & He, G. (2019). ZIF-8 heterogeneous nucleation and growth mechanism on Zn(II)-doped polydopamine for composite membrane fabrication. *Separation and Purification Technology*, *214*, 95–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.02.049>
- Saghir, S., & Xiao, Z. (2021). Facile preparation of metal-organic frameworks-8 (ZIF-8) and its simultaneous adsorption of tetracycline (TC) and minocycline (MC) from aqueous solutions. *Materials Research Bulletin*, *141*, 111372. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2021.111372>
- Sarfraz, A., Raza, A. H., Mirzaeian, M., Abbas, Q., & Raza, R. (2020). Electrode materials for fuel cells. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11742-4>
- Schejn, A., Balan, L., Falk, V., Aranda, L., Medjahdi, G., & Schneider, R. (2014). Controlling ZIF-8 nano- and microcrystal formation and reactivity through zinc salt variations. *CrystEngComm*, *16*(21), 4493–4500. <https://doi.org/10.1039/C3CE42485E>
- Shi, X., Shan, Y., Du, M., & Pang, H. (2021). Synthesis and application of metal-organic framework films. *Coordination Chemistry Reviews*, *444*, 214060. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214060>
- Silverstain, R. M., dan Bassler, G. C. 1967, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, Second Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Souza, B. L., Chauque, S., de Oliveira, P. F. M., Emmerling, F. F., & Torresi, R. M. (2021). Mechanochemical optimization of ZIF-8/Carbon/S8 composites for lithium-sulfur batteries positive electrodes. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, *896*, 115459. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2021.115459>
- Sud, D., & Kaur, G. (2021). A comprehensive review on synthetic approaches for metal-organic frameworks: From traditional solvothermal to greener protocols. *Polyhedron*, *193*, 114897.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.poly.2020.114897>

- Tezerjani, A. A., Halladj, R., & Askari, S. (2021). Different view of solvent effect on the synthesis methods of zeolitic imidazolate framework-8 to tuning the crystal structure and properties. *RSC Advances*, *11*(32), 19914–19923.
- Wang, Q., Sun, Y., Li, S., Zhang, P., & Yao, Q. (2020). Synthesis and modification of ZIF-8 and its application in drug delivery and tumor therapy. *RSC Advances*, *10*(62), 37600–37620. <https://doi.org/10.1039/D0RA07950B>
- Wijayanto, S., & Bayuseno, A. (2013). ANALISIS KEGAGALAN MATERIAL PIPA FERRULE NICKEL ALLOY N06025 PADA WASTE HEAT BOILER AKIBAT SUHU TINGGI BERDASARKAN PENGUJIAN : MIKROGRAFI DAN KEKERASAN. *JURNAL TEKNIK MESIN*, *1*(4), 33–39.
- Yuliantika, L. (2016). *SINTESIS DAN KARAKTERISASI Sn-ZIF-8 SERTA APLIKASINYA SEBAGAI KATALIS PADA REAKSI ESTERIFIKASI*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Zhang, Y., Jia, Y., Li, M., & Hou, L. (2018). Influence of the 2-methylimidazole/zinc nitrate hexahydrate molar ratio on the synthesis of zeolitic imidazolate framework-8 crystals at room temperature. *Scientific Reports*, *8*(1), 9597. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28015-7>