

Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II) dengan Ligan-Ligan Organik: Review

Dimas Pramudita¹, Tina Sugiyani¹, Riandy Putra^{1*}

¹Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Kampus UPR Tanjung Nyaho, Palangka Raya 73111, Indonesia

Kata kunci

Sintesis senyawa kompleks, Logam Zn(II), Ligan organik, Kristal, Warna dan FTIR.

Abstrak

Senyawa kompleks merupakan senyawa yang terbentuk karena adanya ikatan antara ion logam sebagai atom pusat dan ligan organik sebagai atom donor PEB. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa topik penelitian dibidang senyawa kompleks logam Zn(II) dengan menggunakan metode literature review. Sintesis senyawa kompleks menggunakan logam Zn(II) dengan berbagai ligan-ligan organik seperti katekin, 8-Hidroksikuinolin, Schiff base, BNPB, dan EDTA akan menghasilkan warna yang unik. Kristal yang terbentuk dengan ligan 8-Hidroksikuinolin akan menghasilkan endapan berwarna kuning terang, ligan Schiff base menghasilkan kristal yang berwarna cokelat, ligan BNPB diperoleh padatan berwarna kuning kehijauan, dan ligan EDTA menghasilkan kristal berwarna putih keruh. Karakterisasi terbentuknya senyawa kompleks dapat dibuktikan melalui pergeseran serapan gugus fungsional dalam spektrum FTIR yang menandakan adanya ikatan antara ion logam Zn(II) dengan ligan.

Keywords

Synthesis of complex compounds, Zn(II) metals, organic ligands, crystals, colors and FTIR

Abstract

Complex compounds are formed due to the bond between a metal ion as the central atom and an organic ligand as the PEB donor atom. This study aims to analyze research topics in the field of Zn(II) metal complex compounds using the literature review method. Synthesis of complex compounds using Zn(II) metal with various organic ligands such as catechin, 8-Hydroxyquinoline, Schiff base, BNPB, and EDTA will produce unique colors. Crystals formed with the 8-Hydroxyquinoline ligand will produce a bright yellow precipitate, the Schiff base ligand will produce brown crystals, the BNPB ligand will produce a greenish yellow solid, and the EDTA ligand will produce cloudy white crystals. The characterization of the formation of complex compounds can be proven through a shift in the absorption of functional groups in the FTIR spectrum which indicates the presence of a bond between the Zn(II) metal ion and the ligand.

Sejarah Artikel

Diterima : 07/09/2024
Disetujui : 20/09/2024
Dipublikasi : 30/09/2024

Email korespondensi: riandy@mipa.upr.ac.id

© 2022 Bohr: Jurnal Cendekia Kimia. This work is licensed under a [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

PENDAHULUAN

Sintesis senyawa kompleks telah menjadi objek penelitian yang menarik untuk dipelajari dalam kimia koordinasi dan anorganik karena memiliki aplikasi yang luas [1]. Selain itu, senyawa kompleks dapat digunakan dalam berbagai analisis logam berat secara kualitatif. Sebagai contoh yaitu logam kadmium yang dapat diubah menjadi senyawa kompleks dengan metode ekstraksi pelarut organik yang sesuai, sehingga konsentrasi logam dapat dianalisis menggunakan spektrofotometri [2]. Pada pengambilan logam atau spesiasi kimia tersebut reaksi pengomplekan dapat terjadi sehingga mendasari aplikasi metode ekstaksi [3].

Pada reaksi pengomplekan, konsentrasi dan pH berperan penting dalam menentukan terbentuknya senyawa kompleks [3]. Senyawa kompleks adalah suatu senyawa yang tersusun dari atom pusat dan ligan [2]. Pembentukan senyawa kompleks terjadi akibat adanya ikatan antara ligan yang berperan sebagai basa lewis dengan logam (atom pusat) yang berperan sebagai asam lewis [4]. Pada umumnya, ion pusat memiliki orbital-orbital *d* yang tidak terisi penuh oleh elektron sehingga dapat berfungsi sebagai akseptor pasangan elektron dari ligan. Atom pusat berupa golongan transisi (Blok *d*) cenderung mudah untuk membentuk ionik yang akan menghasilkan orbital kosong, sehingga terjadi proses serah terima Pasangan Elektron Bebas (PEB) [5]. Hal ini dapat menghasilkan beberapa sifat khas, seperti warna yang unik, aktivitas katalitik, senyawa paramagnetik, dan memiliki kecenderungan untuk membentuk senyawa kompleks [6].

Salah satu logam yang sering digunakan dalam sintesis senyawa kompleks adalah Zn(II). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rahmalia & Prayitno (2023), pemilihan Ion logam Zn(II) sebagai agen pengompleks karena ion logam

tersebut termasuk pada golongan asam *borderline* yang dapat berinteraksi dengan basa keras atau lunak [5]. Sintesis senyawa kompleks Zn(II) telah menjadi fokus penelitian intensif selama beberapa dekade terakhir dengan tujuan untuk memahami beberapa metode sintesis yang telah dikembangkan, serta potensi aplikasinya dalam bidang industri, kedokteran, dan lingkungan. Senyawa kompleks Zn(II) yang telah ditemukan memiliki beragam aplikasi, termasuk sebagai katalisator redoks, anti tuberkulosis, antibakteri dan sebagai elemen esensial yang memiliki banyak manfaat kesehatan [5, 7-8]. Hasil kajian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang sintesis dan karakteristik senyawa kompleks Zn(II), serta aplikasi yang lebih luas dan relevan dalam berbagai bidang ilmu dan teknologi.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan teknik *literature review* atau studi pustaka. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan dan diterbitkan dalam jurnal nasional dan internasional. Penelusuran pustaka dibatasi dengan kata kunci (Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris) antara lain: antibakteri, senyawa kompleks, dan kompleks Zn(II). Pustaka yang dipilih berupa naskah lengkap (*full text*) berbahasa Indonesia dan berbahasa Inggris yang terbit pada rentang tahun 2011 hingga 2023. Proses pengumpulan data dilakukan dengan penyaringan berdasarkan kriteria yang ditentukan oleh penulis dari setiap jurnal yang diambil.

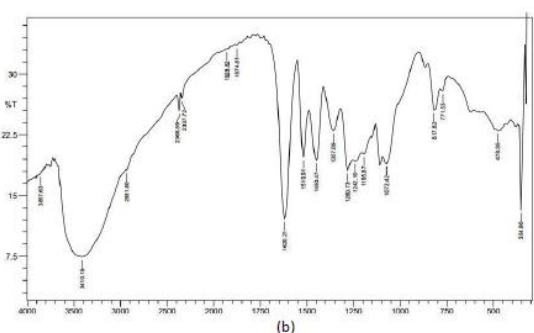
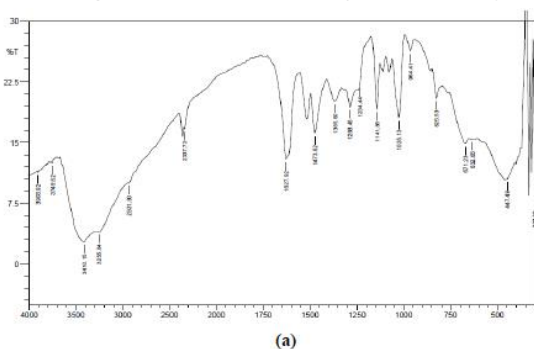
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-katekin

Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-katekin dilakukan dengan cara merefluks

logam dan ligan perbandingan 1:1. Pertama melarutkan 0,5805 gram (2 mmol) padatan katekin dalam 10 mL etanol p.a, kemudian melarutkan 0,154 gram (2 mmol) padatan $ZnCl_2$ anhidrat dalam 10 mL etanol p.a. Selanjutnya direfluks selama 2 jam, produk yang dihasilkan disaring dan direkristalisasi dengan etanol dan akuades dingin.

Pada Gambar 1(b) menunjukkan adanya vibrasi ikatan antara atom Zn–O dengan bilangan gelombang $354,90\text{ cm}^{-1}$ dan $478,35\text{ cm}^{-1}$. Selain itu, pada Gambar 1(b) terdapat puncak ligan katekin pada bilangan gelombang $3410,15\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan terjadinya ikatan antara atom pusat-ligan, serta gugus fungsi yang mengalami pergeseran bilangan gelombang yaitu gugus C–O muncul pada $1288,45\text{ cm}^{-1}$ (Gambar 1a) sedangkan pada senyawa kompleks gugus C–O muncul pada $1280,73\text{ cm}^{-1}$ (Gambar 1b) [9].



Gambar 1. Spektrum FTIR katekin (a) dan senyawa kompleks Zn(II)-katekin (b) [9]

2. Sintesis senyawa *schiff base* dan kompleksnya

Sintesis senyawa *schiff base* sebagai ligan dibuat dengan cara mencampurkan 10 mmol sulfametoksazol dan 10 mmol vanillin kedalam metanol kemudian direfluks selama 6 jam. Larutan yang dihasilkan kemudian divakum dan didiamkan pada suhu kamar hingga terbentuk kristal. Kristal yang dihasilkan dicuci menggunakan etanol dan dikeringkan pada suhu kamar.

Sintesis senyawa kompleks Zn(II) dengan ligan *schiff base* dilakukan dengan mencampurkan 2,5 mmol ligan *schiff base* dalam metanol dan 2,5 mmol logam Zn(II) dari $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ dalam akuades lalu direfluks selama 9 jam. Larutan yang dihasilkan kemudian divakum dan didiamkan pada suhu kamar hingga terbentuk kristal. Kristal yang dihasilkan dicuci dengan etanol dan dikeringkan pada suhu kamar. Hasil sintesis senyawa kompleks Zn(II) dengan ligan *schiff base* menghasilkan senyawa kompleks berupa kristal yang berwarna coklat sebanyak 1,083 gram. Berat senyawa hasil sintesis sesuai dengan perhitungan mmol senyawa yang disintesis.

Karakterisasi gugus fungsi dari senyawa kompleks Zn(II)-sulfametoksazol menggunakan FTIR menunjukkan bahwa telah terjadinya pergeseran bilangan gelombang pada gugus sulfon ($-SO_2$). Gugus fungsi sulfametoksazol murni berada pada bilangan gelombang $1149,57\text{ cm}^{-1}$ sedangkan pada senyawa kompleks Zn(II)-sulfametoksazol, gugus sulfon berada pada bilangan gelombang $1141,86\text{ cm}^{-1}$. Karakterisasi gugus fungsi dari senyawa kompleks Zn(II)-*schiff base* menunjukkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang dari gugus azomethine dari $1581,63\text{ cm}^{-1}$ menjadi

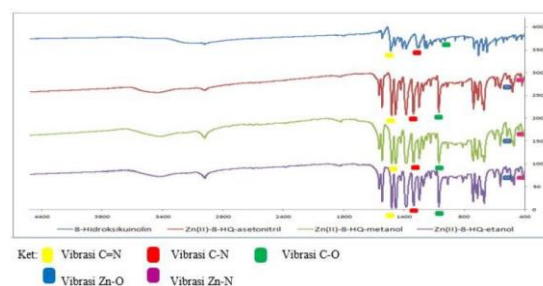
1589,34 cm^{-1} yang menandakan bahwa senyawa kompleks telah terbentuk [10].

3. Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin menggunakan pelarut asetonitril, metanol dan etanol

Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin dilakukan dengan cara melarutkan padatan ZnCl_2 sebanyak 0,4007 gram kedalam 10 mL asetonitril dalam gelas kimia sebagai larutan I, kemudian melarutkan 8-Hidroksikuinolin sebanyak 0,4268 g dalam 10 mL asetonitril sebagai larutan II. Selanjutnya, larutan II ditambahkan sedikit demi sedikit kedalam larutan I. Lalu direfluks dengan pengaduk magnet selama 60 menit dengan suhu pemanasan 60 °C. Setelah itu, larutan didiamkan pada suhu ruang selama 75 menit hingga terbentuk endapan. Endapan yang terbentuk kemudian disaring dan dicuci dengan asetonitril dan dikeringkan dalam desikator. Terakhir filtrat yang dihasilkan disimpan dalam botol vial. Variasi percobaan dilakukan dengan langkah kerja yang sama seperti sintesis senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin menggunakan pelarut metanol dan etanol. Hasil yang didapatkan berupa endapan berwarna kuning cerah yang menunjukkan telah terbentuknya senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin

Hasil analisis FTIR pada senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin dalam pelarut asetonitril, metanol, dan etanol menjadi ligan 8-Hidroksikuinolin dinyatakan dengan pergeseran serapan gugus C=N dan C–O. Hal ini menunjukkan bahwa kedua gugus fungsi tersebut terkoordinasi dengan ion pusat, serta menunjukkan telah terbentuknya ikatan koordinasi antara Zn–O dan Zn–N yang membuktikan bahwa terdapat ikatan antara logam dan ligan. Serapan pada bilangan gelombang kompleks dengan

pelarut asetonitril, metanol, dan etanol terindikasi terbentuk ikatan antara logam Zn(II) dengan ligan 8-Hidroksikuinolin secara berturut turut pada 439,79 cm^{-1} , 513,09 cm^{-1} , 448,47 cm^{-1} yang menunjukkan adanya ikatan Zn–N. Selain itu, serapan pada bilangan gelombang 542,98 cm^{-1} , 543,95 cm^{-1} dan 543,95 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan Zn–O.



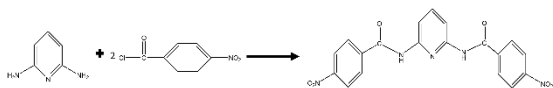
Gambar 2. Spektra IR 8-Hidroksikuinolin dan Zn(II)-8-Hidroksikuinolin dalam pelarut asetonitril, metanol dan etanol [11]

Pada Gambar 2 terlihat bahwa ketiga spektrum IR senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin menggunakan pelarut asetonitril, metanol, dan etanol menghasilkan bentuk spektrum yang hampir sama. Hal ini disebabkan adanya kesamaan gugus fungsi pada kerangka senyawa kompleks [11].

4. Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-2,6-bis(4-nitrobenzamido)piridin (BNBP)

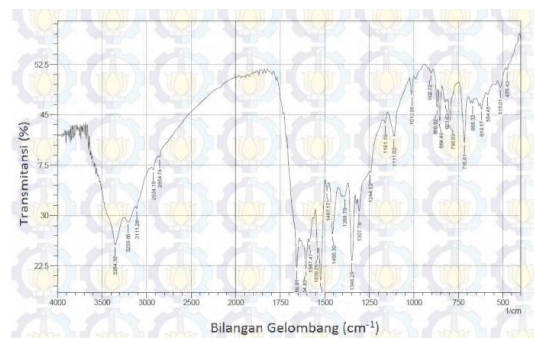
Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-2,6-bis(4-nitrobenzamido)piridin dilakukan dengan cara sebanyak 3,375 gram (0,03 mol) 2,6-diaminopiridin dan 90 mL N-Metil-Prolidin (NMP) ditambahkan kedalam labu alas bulat leher tiga ukuran 250 mL (dilengkapi dengan pengaduk magnet, termometer dan tabung *inlet* gas nitrogen). Larutan campuran diaduk pada suhu 0 °C selama 30 menit. Lalu sebanyak 43 mL propilen oksida ditambahkan dan diaduk selama beberapa menit. Kemudian, sebanyak 13,635 gram (0,07 mol) 4-

nitrobenzoi klorida ditambahkan ke dalam labu dan campuran diaduk pada suhu 0 °C selama 30 menit. Kemudian suhu reaksi dinaikkan hingga suhu kamar (22 ± 1 °C) dan diaduk kembali selama 25 jam. Setelah reaksi selesai, senyawa hasil reaksi (BNBP) diperoleh dengan cara pengendapan yaitu dengan menuangkan campuran reaksi kedalam gelas kimia yang berisi air. Endapan yang dihasilkan kemudian disaring, dicuci dengan air panas dan metanol, dan dikeringkan dalam vakum pada suhu 78 °C selama 2 jam. Ligan BNBP padat yang diperoleh kemudian direkrustalisasi dengan pelarut asetonitril, sehingga dihasilkan padatan berwarna kuning kehijauan



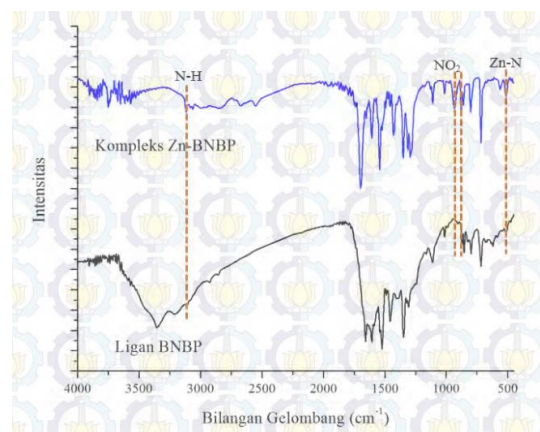
Gambar 3. Reaksi pembentukan 2,6-bis(4-nitrobenzamido)piridin [12]

Pada sintesis kompleks dari ion logam Zn(II) dengan ligan BNBP, perbandingan molar logam dan ligan yang digunakan adalah 1:1. Sintesis dilakukan dengan memasukkan padatan $ZnCl_2$ sebanyak 0,0349 gram kedalam gelas kimia, kemudian tambahkan 10 mL metanol sambil diaduk hingga larut. Larutan logam direfluks pada suhu 70 °C dan ditambahkan sedikit demi sedikit ligan BNBP (0,1014 gram) yang sebelumnya dilarutkan dalam 10 mL metanol dengan ditambahkan asetonitril 5 mL. Campuran larutan ini kemudian direfluks selama 24 jam. Setelah reaksi selesai, larutan disaring dan didiamkan filtrat yang telah diperoleh selama 7 hari dalam desikator yang berisi SiO_2 hingga terbentuk padatan kristal. Padatan kristal yang diperoleh kemudian disaring dan dikeringkan.



Gambar 4. Spektrum FTIR Ligan 2,6-bis(4-nitrobenzamido)piridin [12]

Berdasarkan hasil spektroskopi menggunakan FTIR pada Gambar 4 terlihat bahwa telah terbentuknya ligan 2,6-bis(4-nitrobenzamido)piridin. Hal ini ditunjukkan dengan adanya serapan khas $C=O$ pada $1656,7\text{ cm}^{-1}$. Selain itu, terdapat puncak vibrasi ulur $N-H$ amida sekunder dan puncak vibrasi kibasan $N-H$ yang muncul pada bilangan gelombang $3354,32\text{ cm}^{-1}$ dan $715,61\text{ cm}^{-1}$. Serapan pada $1587,47\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi regangan $C=C$ pada fenil dan piridin. Vibrasi asimetris dan simetris NO_2 muncul pada bilangan gelombang $1532,82\text{ cm}^{-1}$ dan $1348,29\text{ cm}^{-1}$. Adanya serapan piridin $C=N$ pada $1604,83\text{ cm}^{-1}$ juga menunjukkan bahwa ligan 2,6-bis(4-nitrobenzamido)piridin telah berhasil disintesis.



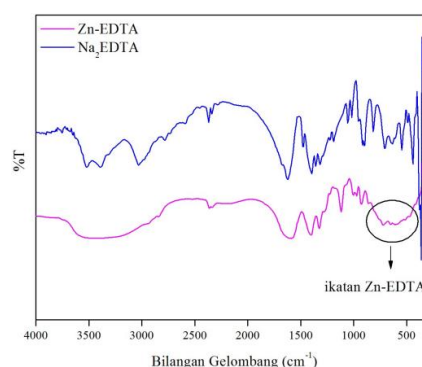
Gambar 5. Spektrum FTIR Ligan BNBP dan Kompleks Zn-BNBP [12]

Hasil FTIR senyawa kompleks ditunjukkan pada Gambar 5 yang membuktikan adanya perbedaan bilangan gelombang antara ligan dan kompleks. Karakteristik pita serapan vibrasi kibasan N–H pada ligan yang muncul pada $715,61\text{ cm}^{-1}$ bergeser ke bilangan gelombang $717,54\text{ cm}^{-1}$ pada kompleks. Perubahan bilangan gelombang ini menunjukkan bahwa adanya ikatan antara gugus nitrogen amida dengan ion logam Zn(II). Data tersebut didukung dengan munculnya puncak baru pada bilangan gelombang $445,57\text{ cm}^{-1}$ yang membuktikan munculnya ikatan M–N (M = Logam Zn) pada kompleks tersebut. Gugus asimetris dan simetris NO_2 pada kompleks Zn(II)-BNBP juga mengalami pergeseran bilangan gelombang yang lebih besar dibandingkan ligan BNBP. Hal ini disebabkan adanya ikatan antara gugus nitrogen amida dengan ion logam Zn(II). Ikatan yang terjadi pada pembentukan kompleks tersebut memperkuat ikatan antar atom lain seperti N–O dan N–H. Sehingga terlihat jarak antar atom semakin dekat karena adanya gaya tarik elektron terhadap ion logam Zn(II) yang semakin besar [12].

5. Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-EDTA

Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-EDTA ini diawali dengan perbandingan molar logam:ligan=1:1. Masing-masing senyawa dilarutkan dalam akuades, kemudian kedua larutan dicampur dan dipanaskan pada suhu rendah selama 1 jam. Lalu sintesis dihentikan ketika volume larutan mencapai 1/3 dari volume semula. Selanjutnya larutan didinginkan dan disaring hingga diperoleh endapan dan filtrat. Filtrat yang dihasilkan didiamkan selama beberapa hari pada suhu kamar sampai terbentuk kristal. Kristal yang terbentuk selanjutnya direkristalisasi dan dihasilkan kristal berwarna putih keruh.

Berdasarkan hasil FTIR pada Gambar 6 terlihat bahwa pembentukan kompleks Zn(II)-EDTA dibuktikan oleh adanya vibrasi gugus Zn dengan gugus O dan gugus N pada ligan EDTA. Pada spektrum tersebut, vibrasi gugus Zn–O muncul pada bilangan gelombang $478,35\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi gugus Zn–N muncul pada bilangan gelombang $516,92\text{ cm}^{-1}$ [13].



Gambar 6. Spektrum FTIR pada senyawa kompleks Zn-EDTA [13]

Selain itu, dapat dilihat juga pada Tabel 1 yang menunjukkan perbedaan warna senyawa kompleks berdasarkan ligan. Ligan yang digunakan berpengaruh terhadap warna yang dihasilkan oleh senyawa kompleks.

Tabel 1. Warna senyawa kompleks yang dihasilkan dari logam Zn(II) dengan berbagai ligan

Ligan	Warna
Katekin	-
8-hidroksikuinolin	Kuning terang
Schiff base	Cokelat
BNBP	Kuning kehijauan
EDTA	Putih keruh

KESIMPULAN

Sintesis senyawa kompleks dapat menghasilkan senyawa dengan sifat-sifat yang unik dan aplikasi yang beragam dalam berbagai bidang ilmu dan industri. Beberapa penelitian terkait sintesis senyawa kompleks dengan ligan-ligan

organik yang menggunakan logam Zn(II) menghasilkan warna yang unik misalnya dengan ligan 8-Hidroksikuinolin yang menghasilkan endapan berwarna kuning terang. Pada ligan *schiff base* yang menghasilkan kristal berwarna cokelat. Pada ligan BNPB diperoleh padatan berwarna kuning kehijauan dan ligan EDTA menghasilkan kristal berwarna putih keruh. Senyawa kompleks dengan logam Zn(II) telah terbentuk dengan berbagai ligannya. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui pergeseran serapan gugus fungsional dalam spektrum FTIR yang menandakan telah terbentuknya ikatan antara ion logam Zn(II) dengan ligan-ligannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengapresiasi dan mengucapkan terima kasih kepada FMIPA Universitas Palangka Raya atas dukungan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sembiring, Z., Bahri, S., Rinawati, R., Sukma Ramadhania, A and Dhayang Fiarizky, A, "Pengaruh Ligan Pada Sintesis Senyawa Kompleks Co(II) Dengan Ligan Basa Schiff N,N-Dimetil-4-(Feniliminometil)Anilin Dan 1,10-Fenantrolin," *Analit: Analytical and Environmental Chemistry.*, vol. 6(02), pp. 180–188, 2021. <https://doi.org/10.23960/aec.v6.i2.2021.p180-188>
- [2] Lestari, I., Afrida and Sanova, A, "Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Logam Kadmium (II) dengan Ligan Kufperon," *Jurnal Penelitian Universitas Jambi: Seri Sains.*, vol. 16(1), pp. 1–8, 2014.
- [3] Anggraini, D. I., Suhartana and Pardoyo, "Pengaruh pH terhadap Pembentukan Senyawa Kompleks Kobal(II)Hipoksantin," *Media Farmasi Indonesia.*, vol.6(2), pp. 184-192, 2011.
- [4] Triyani, N. F., Suhartana and Sriatun, "Sintesis dan Karakterisasi Kompleks Ni(II)-EDTA dan Ni(II)-Sulfanilamid," *Chem Info.*, vol. 1(1), pp. 354–361, 2013.
- [5] Rahmalia, W and Prayitno, D. I, "Sintesis dan Uji Fotostabilitas Kompleks Zn(II)-Astaxanthin. *Jurnal Riset Kimia*," vol. 14(1)(II), pp. 52–60, 2023.
- [6] Hermawati, E. S., Suhartana and Taslimah, "Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*," vol. 19(3), pp. 94–98, 2016a. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.3.94-98>
- [7] Handayani, N. C., Shafira, P. N and Fadhilah, S. G, "Potensi Pengembangan Agen Antibakteri dari Senyawa Kompleks Logam Transisi di Indonesia. *The Indonesian Green Technology Journal*," vol. 8, pp. 1–6, 2015. <https://doi.org/10.21776/ub.igtj.2021.010.01.02>
- [8] Kartina, D. "Sintesis Dan Karakterisasi Kompleks Zn(II) Dan Te(IV) Ditiokarbamat Dan Potensinya Sebagai Anti Tuberkulosis," 2013. Thesis: Universitas Hasanuddin.
- [9] Putri, A. L., Setyawati, H and Sumarsih, S, "Sintesis, Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Senyawa Kompleks Zn(II)-Katekin Sebagai Inhibitor Enzim Lipase," *Jurnal Kimia Riset*, vol. 4(1), pp. 33–39, 2019. <https://doi.org/10.20473/jkr.v4i1.13154>
- [10] Lely, N., Yulisa, S and Sirumapea, L, "Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II) Sulfametoksazol dan Schiff Base dari Sulfametoksazol dan Vanillin serta Uji Aktivitas Antibakteri Salmonella thypi," *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 21(2), pp. 59-65, 2019.

- [11] Hermawati, E. S., Suhartana and Taslimah, "Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*," vol. 19(3), pp. 94–98, 2016b. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.3.94-98>
- [12] Fithri, L. "*Sintesis, Karakterisasi dan Uji Toksisitas Senyawa Kompleks dari Ion Logam Zn(II) dengan Ligan 2,6-Bis(4-Nitrobenzamido)-Piridin*," 2016. Thesis: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [13] Setyawati, H., Sumarsih, S and Ayuningtyas, S, "Sintesis Dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II)-Edta Sebagai Senyawa Antialga Pada Cooling Water Industri," *Jurnal Kimia Riset*, vol. 2(1), pp. 43–50, 2017. <https://doi.org/10.20473/jkr.v2i1.3689>