



Sintesis, Karakterisasi, dan Potensi Pengaplikasian Kompleks Koordinasi Zn(II) sebagai Sensor Fluoresensi

Naora Muthia Aisyah Rahman¹, Inaeya Putri Ramadhani, Aziqoh Putri Al Zahra, Adelia Agustina

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281 Telp. +62-274-540-971

Email: 23106030058@student.uin-suka.ac.id

Abstrak

Peningkatan aktivitas industri telah mendorong meningkatnya pencemaran lingkungan oleh ion logam berat, sehingga diperlukan metode analisis yang sensitif, selektif, dan efisien. Sensor fluoresensi berbasis senyawa kompleks logam menjadi alternatif yang menjanjikan dibandingkan metode konvensional seperti AAS dan FTIR yang memiliki keterbatasan biaya dan portabilitas. Jurnal review ini membahas pengembangan dan potensi kompleks koordinasi Zn(II)-8-hidroksikuinolin sebagai sensor fluoresensi, dengan fokus pada aspek sintesis, karakterisasi, mekanisme fluoresensi, serta aplikasinya. Ion Zn(II) dipilih karena konfigurasi elektron d^{10} yang bersifat non-quenching, stabil, relatif tidak toksik, dan ramah lingkungan. Ligan 8-hidroksikuinolin berperan sebagai ligan bidentat melalui atom nitrogen dan oksigen, membentuk khelat stabil yang meningkatkan intensitas fluoresensi melalui mekanisme *chelation-enhanced fluorescence* (CHEF). Review ini menunjukkan bahwa variasi pelarut mempengaruhi efisiensi pembentukan kompleks, yang dibuktikan melalui karakterisasi FTIR dan AAS. Berbagai studi juga mengonfirmasi aplikasi kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin dalam sensor ion logam, material fluoresen, sistem polimer, hingga aplikasi biomedis dan OLED. Dengan demikian, kompleks ini memiliki potensi besar sebagai material sensor fluoresensi yang sensitif, selektif, dan berkelanjutan.

Kata kunci: Sintesis Zn, Senyawa kompleks, Kompleks Zn (II), 8-hidroksikuinolin, dan Fluoresensi.

Abstract

The increase in industrial activities has led to escalating environmental pollution by heavy metal ions, thereby necessitating analytical methods that are sensitive, selective, and efficient. Fluorescence sensors based on metal coordination complexes have emerged as promising alternatives to conventional techniques such as Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), which are limited by high operational costs and poor portability. This review article discusses the development and potential of Zn(II)-8-hydroxyquinoline coordination complexes as fluorescence sensors, with a focus on their synthesis, characterization, fluorescence mechanisms, and applications. Zn(II) ions are selected due to their d^{10} electronic configuration, which is non-quenching toward ligand emission, as well as their structural stability, relatively low toxicity, and environmental friendliness. The 8-hydroxyquinoline ligand acts as a bidentate ligand through nitrogen and oxygen donor atoms, forming stable chelate structures that enhance fluorescence intensity via the chelation-enhanced fluorescence (CHEF) mechanism. This review demonstrates that solvent variation influences the efficiency of complex formation, as confirmed by FTIR and AAS characterization. Numerous studies also confirm the application of Zn(II)-8-hydroxyquinoline complexes in metal ion sensing, fluorescent materials, polymer systems, as well as biomedical and organic light-emitting diode (OLED) applications. Therefore, these complexes exhibit strong potential as sensitive, selective, and sustainable fluorescence sensing materials.

Keywords: Zn synthesis, coordination compounds, Zn(II) complexes, 8-hydroxyquinoline, and fluorescence.

This publication is licensed under a



Pendahuluan

Seiring dengan pesatnya perkembangan sektor industri, masalah pencemaran lingkungan akibat ion logam berat dan zat kimia spesifik menjadi tantangan global yang serius. Kebutuhan mendesak untuk memantau polutan tersebut memerlukan teknik analisis yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi, akurasi tajam, serta respon yang cepat (Kamel *et al.*, 2024). Selama ini, metode konvensional seperti *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dan *Fourier Transformed Infrared* (FTIR) sering digunakan karena

ketepatannya dalam analisis laboratorium. Namun, metode ini memiliki kekurangan besar meliputi biaya operasional yang mahal, persiapan sampel yang rumit, serta dimensi instrumen yang tidak portabel (Hermawati *et al.*, 2016). Sebagai alternatif yang menjanjikan, sensor fluoresensi kini banyak dikembangkan karena memberikan sensitivitas tinggi, respon cepat, dan kemudahan dalam proses pengukuran (Wang *et al.*, 2023).

Efektivitas sensor fluoresensi sangat bergantung pada pemilihan jenis logam yang digunakan sebagai pusat aktif dalam

pembentukan kompleks koordinasi. Dalam hal ini, kompleks koordinasi Zn(II) muncul sebagai kandidat potensial karena memiliki konfigurasi elektronik d^{10} yang bersifat *non-quenching* terhadap emisi ligan (Hermawati *et al.*, 2016). Selain itu, Zn(II) dikenal memiliki kestabilan struktur yang baik, relatif tidak beracun, dan lebih ramah lingkungan dibandingkan logam berat lainnya (Kamel *et al.*, 2024). Meskipun demikian, pengembangan kompleks Zn(II) masih menghadapi tantangan dalam memilih ligan yang sesuai untuk memastikan intensitas fluoresensi yang tinggi. Hal ini krusial untuk menghasilkan selektivitas yang tajam terhadap target analit serta stabilitas di berbagai kondisi lingkungan yang kompleks (Nguyen *et al.*, 2024).

Salah satu ligan yang banyak dilaporkan memiliki afinitas tinggi terhadap ion Zn(II) adalah 8-hidroksikuinolin, yaitu ligan aromatik heterosiklik yang mampu berkoordinasi secara bidentat melalui atom nitrogen (N) dan oksigen (O) (Cipurković *et al.*, 2021). Struktur bidentat tersebut memungkinkan pembentukan cincin khelat yang stabil, sehingga meningkatkan kestabilan kompleks serta efisiensi transfer muatan yang berperan penting dalam peningkatan emisi fluoresensi (Wang *et al.*, 2008). Selain itu, 8-hidroksikuinolin dikenal sebagai fluorofor yang menunjukkan peningkatan intensitas emisi secara signifikan setelah berkoordinasi dengan Zn(II) melalui mekanisme *chelation-enhanced fluorescence* (CHEF) (Bronson *et al.*, 2004).

Senyawa kompleks Zn(II) merupakan senyawa koordinasi yang terbentuk dari 7 interaksi antara ion seng divalen (Zn^{2+}) sebagai atom pusat dengan ligan donor elektron, seperti ligan aromatik heterosiklik yang mengandung atom nitrogen dan oksigen, misalnya 8-hidroksikuinolin. Ion Zn(II) banyak digunakan dalam pembentukan kompleks fluoresen karena memiliki konfigurasi elektronik d^{10} tanpa elektron tak berpasangan, sehingga tidak bersifat *quenching* terhadap emisi fluoresensi ligan dan mampu membentuk struktur koordinasi yang stabil (Abendrot *et al.*, 2020). Pemilihan 8-hidroksikuinolin sebagai ligan utama didasarkan pada kemampuannya dalam memodulasi sifat elektronik kompleks serta meningkatkan intensitas fluoresensi secara selektif terhadap ion Zn(II) (Chen & Zhang, 2021). Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Hermawati *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa banyak penelitian sebelumnya hanya menggunakan ligan sederhana tanpa optimasi struktur mendalam, atau hanya berhenti pada pengujian sifat fluoresensi tanpa aplikasi pada sistem nyata, dan dipertegas

dalam penelitian oleh Kamel *et al.*, (2024) bahwa sebagian besar riset justru lebih banyak berfokus pada logam transisi lain seperti Cu, Fe, atau Co yang sering bertindak sebagai *quencher*. Maka dari itu, perbedaan dari penelitian ini hanya khusus pada pemanfaatan ion Zn(II) yang mendukung emisi fluoresensi serta stabilitas koordinasi yang unggul dan penggunaan ligan 8-hidroksikuinolin memberikan keunggulan tambahan karena strukturnya mudah dimodifikasi secara kimia untuk meningkatkan selektivitas sensor terhadap analit tertentu (Nguyen *et al.*, 2024).

Ion Zn(II) digunakan sebagai atom pusat karena merupakan logam transisi divalen dengan konfigurasi elektron d^{10} yang tidak memiliki elektron tak berpasangan. Konfigurasi ini menjadikan Zn(II) tidak bersifat *quenching* terhadap emisi fluoresensi ligan, sehingga mampu membentuk kompleks koordinasi yang stabil. Hal ini dibuktikan melalui keberhasilan sintesis menggunakan $ZnCl_2$ dalam berbagai pelarut seperti asetonitril, metanol, dan etanol dengan rendemen yang relatif tinggi (Hermawati *et al.*, 2016). Penelitian serupa oleh Li *et al.*, (2024) menyatakan bahwa Zn(II) sangat rasional untuk pengembangan polimer koordinasi karena tidak menimbulkan transisi d-d yang merusak emisi. Sifat Zn(II) yang memiliki fleksibilitas geometri koordinasi serta afinitas tinggi terhadap atom donor N dan O memungkinkan terbentuknya kerangka struktur yang terorganisasi. Terbentuknya ikatan koordinasi Zn-N dan Zn-O yang teridentifikasi pada spektra FTIR menegaskan adanya interaksi yang kuat antara logam dan ligan. Dengan demikian, penggunaan Zn(II) dinilai sangat tepat dan efektif untuk menghasilkan karakteristik spektral yang konsisten pada daerah UV. Selain itu, material berbasis Zn(II) juga menunjukkan kestabilan struktural yang baik bahkan dalam media berair, yang sangat menguntungkan untuk aplikasi di lapangan. Dari sisi ekonomi, Zn(II) bersifat melimpah, murah, dan relatif tidak toksik bagi ekosistem lingkungan (Li *et al.*, 2024). Hal ini semakin memperkuat potensi pemanfaatan kompleks Zn(II) dalam pemantauan lingkungan secara luas dan berkelanjutan. Sehingga fokus utama penelitian ini adalah pengembangan kompleks koordinasi Zn(II) dengan desain ligan yang lebih kompleks untuk meningkatkan selektivitas terhadap target spesifik (Wang *et al.*, 2023). Melalui pendekatan ini, diharapkan tantangan teknis terkait efisiensi sensor dapat terjawab secara komprehensif.

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis kompleks koordinasi Zn(II) dengan ligan tertentu yang dirancang khusus sebagai kandidat sensor fluoresensi yang efektif. Dilakukan pula karakterisasi menyeluruh menggunakan teknik spektroskopi dan analisis struktur untuk memverifikasi pembentukan ikatan koordinasi tersebut (Hermawati *et al.*, 2016). Penelitian ini juga menganalisis sifat fluoresensi kompleks yang meliputi intensitas emisi, panjang gelombang eksitasi, serta evaluasi respon terhadap keberadaan analit target (Nguyen *et al.*, 2024). Sehingga, kompleks Zn(II) ini akan diterapkan sebagai sensor untuk mendeteksi analit secara akurat dan sensitif pada sampel nyata di lingkungan (Kamel *et al.*, 2024). Integrasi antara tahapan sintesis dan aplikasi praktis ini memberikan nilai tambah yang membedakan studi ini dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Pengembangan sensor fluoresensi berbasis logam transisi menjadi topik penting dalam kimia material dan analitik. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan pendekatan baru melalui optimasi desain ligan untuk meningkatkan kinerja sensor fluoresensi berbasis ion Zn(II) sebagai aspek keterbaruan utama (Nguyen *et al.*, 2024). Seluruh tahapan penelitian, mulai dari sintesis, karakterisasi, hingga evaluasi aplikasi sensor, yang diintegrasikan secara sistematis dalam satu rangkaian kerja yang utuh (Wang *et al.*, 2023). Sehingga pemanfaatan ion Zn(II) dengan konfigurasi elektron d^{10} yang bersifat non-*quenching* memberikan keunggulan dibandingkan sensor berbasis logam transisi lainnya (Hermawati *et al.*, 2016). Dengan demikian, sistem sensor ini berpotensi diterapkan secara luas dalam pemantauan lingkungan, keamanan pangan, dan sistem biologis, serta dalam bidang pengembangan material sensor kimia masa kini.

Metode

Dalam menyusun jurnal review ini, metode penelitian yang digunakan berupa teknik literature review atau studi pustaka dengan menggunakan basis data dari hasil penelitian-penelitian yang sudah dilakukan. Penelusuran pustaka dibatasi dengan kata kunci sintesis Zn, senyawa kompleks, kompleks Zn (II), 8-hidroksikuinolin, dan fluoresensi. Literatur yang dipilih berupa literatur dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris. Basis data yang digunakan dalam jurnal review ini didasarkan dengan menggunakan media online seperti Google Scholar, Elsevier, ScienceDirect, dll.

Hasil dan Pembahasan

Sintesis Senyawa Kompleks Zink(II) dengan Ligan 8-Hidroksikuinolin dalam Pelarut Asetonitril, Metanol dan Etanol

Sintesis senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin dilakukan melalui reaksi antara garam $ZnCl_2$ dengan ligan-8-hidroksikuinolin yang juga dikenal dengan sebutan reagen oksin (oxine), yang berperan sebagai ligan bidentat melalui atom oksigen pada gugus $-OH$ dan atom nitrogen pada cincin aromatik. 8-HQ yang dikenal memiliki afinitas tinggi terhadap ion logam karena kemampuan senyawa kompleksnya telah banyak dilaporkan dalam berbagai penelitian untuk aplikasi seperti material luminesen, sensor, dan pemisahan logam (Huang *et al.*, 2022). Senyawa 8-hidroksikuinolin memiliki dua atom donor yakni atom oksigen dari gugus hidroksil dan atom nitrogen pada cincin aromatik, yang mampu berkoordinasi dengan ion Zn(II) melalui pembentukan ikatan Zn-O dan Zn-N. Reaksi dimulai dengan melarutkan $ZnCl_2$ dalam pelarut organik pilihan dan melarutkan ligan HQ dalam pelarut yang sama. Larutan HQ kemudian ditambahkan secara bertahap ke larutan $ZnCl_2$ sambil diaduk, kemudian direfluks selama sekitar satu jam pada suhu pemanasan yang telah ditentukan untuk memfasilitasi pembentukan kompleks. Setelah direfluks, campuran reaksi didiamkan pada suhu kamar untuk memungkinkan kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin mengendap sebagai padatan berwarna kuning. Endapan ini kemudian disaring, dicuci dengan pelarut yang sama untuk menghilangkan sisa pereaksi, dan dikeringkan dalam desikator untuk mendapatkan produk murni. Metode seperti ini menunjukkan adanya pembentukan kompleks koordinasi Zn(II) dengan ligan 8-hidroksikuinolin melalui ikatan koordinasi yang kuat antara ion Zn(II) dan atom pengikat ligan (O dan N) yang dibuktikan melalui karakterisasi spektroskopi FTIR dan AAS.

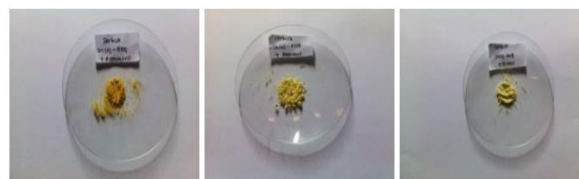
Pada proses ini menggunakan variasi dengan beberapa jenis pelarut yang berbeda yaitu asetonitril, metanol, dan etanol. Pemilihan jenis pelarut dan variasi ini didasarkan pada nilai konstanta dielektrik masing-masing pelarut, karena sifat kepolaran pelarut dapat mempengaruhi kelarutan reaktan, stabilitas ion Zn^{2+} , serta efektivitas interaksi antara ion logam dan ligan (Hermawati *et al.*, 2016).

Tabel 1. Hasil sintesis senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin

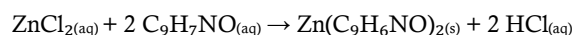
No	Pelarut	KD	Berat Zn(II)-8-Hidroksikuinolin	Rendemen Presentase (%)
1	Asetonitril	38	0,38 gram	73,03
2	Metanol	33	0,33 gram	63,46
3	Etanol	30	0,25 gram	48,07

Hasil pada tabel 1 menunjukkan bahwa penggunaan pelarut yang berbeda akan menghasilkan kelarutan yang berbeda pula. Hal ini dilaporkan dalam penelitian oleh Hermawati *et al.*, (2016) yaitu adanya korelasi antara konstanta dielektrik dengan polaritas, dimana pelarut dengan konstanta dielektrik yang paling tinggi akan menghasilkan rendemen yang lebih besar. Susunan Koordinasi biasanya melibatkan dua ligan HQ yang berkoordinasi pada ion Zn(II) melalui gugus N dan O. Seperti yang dilaporkan dalam tulisan Huang *et al.*, (2022) bahwa 8-HQ dapat mengadopsi sterik dan elektronik yang mempengaruhi geometri kompleks, tetapi secara umum Zn(II)-8-HQ membentuk kompleks tetrahedral atau bis (8-hydroxyquinolate) sesuai dengan sifat donor ligan dan kondisi sintesisnya. Fenomena ini merupakan pengaruh pelarut terhadap pembentukan kompleks logam-ligan, dimana solvent yang lebih polar cenderung akan menstabilkan ion logam dan ligan dalam larutan, meningkatkan solvasi dan menurunkan interaksi elektrostatik antara ion sehingga mempermudah koordinasi ligan ke logam. Hal ini ditegaskan dalam laporan Payehghadr & Hashemi, (2017) tentang pengaruh pelarut pada reaksi kompleks logam-ligan yang menunjukkan bahwa sifat dielektrik pelarut berperan penting dalam konstanta pembentukan dan energi solvasi kompleks. Selain itu, pada laporan Manna *et al.*, (2024) juga menegaskan bahwa perubahan energi solvasi dan distribusi muatan dalam pelarut dengan polaritas yang berbeda dapat mempengaruhi stabilitas dan mekanisme pembentukan kompleks logam transisi, yang menunjukkan bahwa pelarut dengan polaritas yang lebih tinggi memberikan kondisi yang menguntungkan terhadap pembentukan dan stabilitas kompleks.

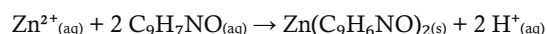
Terbentuknya senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin dapat dikenali secara fisik dari munculnya endapan berwarna kuning terang seperti pada gambar berikut.

**Gambar 1.** Bentuk fisik senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin

Endapan yang dihasilkan memiliki karakteristik yang seragam, yaitu berupa serbuk putih halus, dimana ciri warna dan bentuk tersebut menjadi indikator bahwa reaksi antara ion Zn(II) dan ligan 8-hidroksikuinolin telah berlangsung baik dan menghasilkan senyawa kompleks yang diharapkan (Gao *et al.*, 2013). Adapun persamaan reaksi keseluruhannya sebagai berikut.



$\text{C}_9\text{H}_7\text{NO}$ merupakan 8-hidroksikuinolin, dan $\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}^-$ adalah anion 8-hidroksikuinolin. dan pembentukan kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin dapat dilihat dalam persamaan reaksi berikut.



Pada mekanisme pembentukan senyawa kompleks, pelarut asetonitril, metanol, dan etanol berperan sebagai media yang mendisosiasi ZnCl_2 menjadi ion Zn^{2+} dan Cl^- melalui interaksi ion dipol sehingga ion logam tersedia dalam larutan untuk proses koordinasi (Prachayasittikul *et al.*, 2013). Secara bersamaan, ligan 8-hidroksikuinolin terlarut dalam pelarut polar dan mengalami deprotonasi pada gugus $-\text{OH}$, yang menghasilkan atom donor oksigen bermuatan negatif (Khan *et al.*, 2025). Ligan yang telah terprotonasi kemudian berkoordinasi dengan ion pusat Zn^{2+} melalui atom nitrogen dan oksigen membentuk ikatan koordinasi yang stabil sehingga terbentuk senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin (Prachayasittikul *et al.*, 2013). Hal ini terjadi karena pelarut hanya berfungsi sebagai media solvasi dan tidak terlibat langsung dalam ikatan koordinasi, pada dasarnya mekanisme pembentukan kompleks pada ketiga pelarut tersebut sama (Dash & Dash, 1987).

Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin dan Filtratnya menggunakan Spektrofotometer FTIR dan AAS

Karakterisasi senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin biasanya dilakukan menggunakan

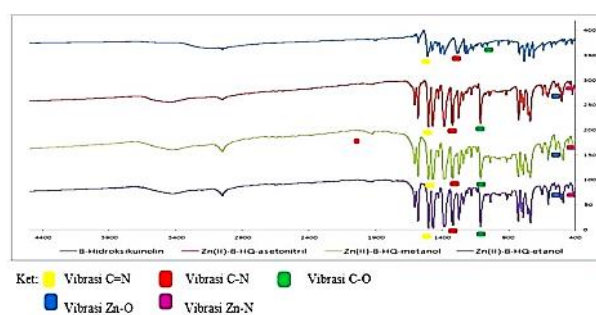
spektrofotometer FTIR dan AAS sebagai metode yang saling melengkapi. Hal ini dijelaskan dalam penelitian Singh *et al.*, (2014) dan penelitian oleh Diana & Panunzi, (2020) dimana analisis FTIR diterapkan pada endapan kompleks untuk mengidentifikasi perubahan pita serapan gugus fungsi ligan, khususnya pergeseran yang berkaitan dengan ikatan Zn–O dan Zn–N, yang menandakan terjadinya koordinasi antara ion Zn(II) dan 8-hidroksikuinolin. Sementara itu, analisis AAS digunakan pada filtrat hasil penyaringan untuk menentukan konsentrasi ion Zn(II) yang tersisa dalam larutan, sehingga dapat dievaluasi seberapa efektif proses pembentukan kompleks dan kemampuan ligan dalam mengikat ion logam.

Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin menggunakan Spektrofotometer FTIR

FTIR (*Fourier Transformed Infrared*) merupakan alat instrumen yang digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa, dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel melalui interaksi antara energi dan materi. Metode yang digunakan pada FTIR merupakan metode yang bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif, dan dapat mengukur kadar hormon secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis yang dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum IR menggunakan spektrum senyawa pembanding (Sari *et al.*, 2018). FTIR bertujuan untuk mengetahui pergeseran serapan gugus fungsi yang terdapat pada senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin dalam berbagai macam pelarut (Hermawati *et al.*, 2016).

Terjadinya pergeseran pita serapan gugus C=N dan C-O pada spektrum kompleks menunjukkan bahwa kedua gugus terlibat dalam proses koordinasi dengan ion pusat Zn²⁺. Selain itu, munculnya pita serapan baru yang berkaitan dengan ikatan Zn–N dan Zn–O menjadi bukti terbentuknya ikatan koordinasi antara logam Zn dan ligan, yang menandakan keberhasilan pembentukan senyawa kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin (Khan *et al.*, 2025). Terbentuknya ikatan antara ion logam Zn(II) dan ligan 8 hidroksikuinolin dapat dibuktikan dari hasil analisis FTIR yang menunjukkan munculnya pita serapan khas pada daerah bilangan gelombang rendah. Pada kompleks yang disintesis menggunakan pelarut asetonitril, metanol, dan etanol, terdeteksi pita serapannya masing-masing sekitar

439,79 cm⁻¹, 513,09 cm⁻¹, dan 448,47 cm⁻¹ yang menandakan adanya ikatan antara Zn dan atom nitrogen (Zn–N). Selain itu, muncul pula pita serapan pada sekitar 542,98 cm⁻¹, 543,95 cm⁻¹, dan 543,95 cm⁻¹ yang menunjukkan terbentuknya ikatan antara Zn dan atom oksigen (Zn–O) (Hermawati *et al.*, 2016). Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Colak *et al.*, (2010) bahwa vibrasi antara logam dengan gugus O dari ligan muncul pada bilangan gelombang antara 450-550 cm⁻¹. Sedangkan vibrasi antara logam dengan gugus N, ligan muncul pada bilangan gelombang 420-450 cm⁻¹.



Gambar 2. spektra IP 8-Hidroksikuinolin dan Zn(II)-8-Hidroksikuinolin dalam pelarut asetonitril, metanol, dan etanol

Ketiga spektrum IR dari kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin yang disintesis menggunakan tiga pelarut yang berbeda menunjukkan pola serapan yang hampir sama.

Tabel 2. Serapan gugus fungsi 8-hidroksikuinolin dan Zn(II)-8-hidroksikuinolin dalam pelarut asetonitril, metanol dan etanol.

Serapan	8-HQ (cm ⁻¹)	Zn(II)-8-HQ-asetonitril (cm ⁻¹)	Zn(II)-8-HQ-metanol (cm ⁻¹)	Zn(II)-8-HQ-etanol (cm ⁻¹)	Referensi (cm ⁻¹)
v C-O ulur	1094,65	1110,08	1109,12	1109,12	1200-1050
v C=N ulur aromatik	1508,40	1500,68	1499,72	1499,72	1689-1471
v C-N ulur aromatik	1285,61	1320,33	1320,33	1317,44	1342-1266
v Zn-N		439,79	513,09	448,47	420-450
v Zn-O		542,98	543,95	543,95	450-550

Hal ini terjadi karena senyawa kompleks yang terbentuk memiliki gugus fungsi yang sama, sehingga jenis ikatan dan interaksi kimia yang terdeteksi oleh IR secara signifikan tidak kelihatan berbeda (Hermawati *et al.*, 2016).

Karakterisasi Filtrat Senyawa Kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin menggunakan Spektrofotometer AAS

Karakterisasi filtrat pada sintesis senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dilakukan untuk menentukan konsentrasi ion Zn²⁺ yang masih tersisa dalam filtrat setelah proses pembentukan kompleks berlangsung, sehingga memberikan informasi kuantitatif mengenai keberhasilan koordinasi logam–ligan. Prinsip penggunaan AAS dalam penelitian ini didasarkan pada kemampuan teknik tersebut untuk mengukur serapan radiasi oleh atom Zn bebas pada panjang gelombang karakteristiknya, sehingga sangat efektif untuk analisis logam pada konsentrasi rendah dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi (Asmorowati *et al.*, 2025; Fakhrudin & Dyah, 2024). Pengukuran konsentrasi Zn²⁺ dalam filtrat dilakukan setelah pemisahan endapan kompleks, dengan tujuan membandingkan kadar Zn sebelum dan sesudah reaksi sebagai indikator jumlah ion Zn²⁺ yang telah berikatan dengan ligan 8-hidroksikuinolin.

Tabel 3. Konsentrasi logam Zn dalam filtrat

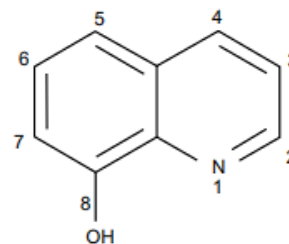
No	Pelarut	[Zn ²⁺] awal (ppm)	[Zn ²⁺] sisa (ppm)	[Zn ²⁺] yang bereaksi (ppm)
1	Asetonitril	40070	4797	35273
2	Metanol	40070	5280	34790
3	Etanol	40070	11334	28736

Hasil analisis AAS menunjukkan adanya penurunan konsentrasi Zn²⁺ yang signifikan dalam filtrat, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar ion Zn²⁺ telah terkoordinasi dengan ligan membentuk senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin. Perbedaan konsentrasi Zn²⁺ tersisa pada filtrat yang menggunakan variasi pelarut, seperti metanol, etanol, dan asetonitril, menunjukkan bahwa jenis pelarut berpengaruh terhadap efisiensi pembentukan kompleks koordinasi (Payehghadr & Hashemi, 2017; Hermawati *et al.*, 2016). Filtrat dari mekanisme reaksi dengan pelarut asetonitril dilaporkan memiliki konsentrasi Zn²⁺ tersisa paling rendah, yang menunjukkan bahwa proses koordinasi Zn²⁺ dengan ligan berlangsung paling efektif pada kondisi tersebut. Efektivitas

asetonitril dalam meningkatkan pembentukan kompleks dikaitkan dengan sifat polaritas dan konstanta dielektriknya yang relatif tinggi, sehingga mampu melarutkan reaktan secara optimal dan memfasilitasi interaksi antara ion Zn²⁺ dan atom donor nitrogen serta oksigen pada ligan 8-hidroksikuinolin (Jabłońska-Wawrzycka *et al.*, 2025; Payehghadr & Hashemi, 2017). Data AAS ini membuktikan bahwa ion Zn²⁺ tidak hanya berada dalam larutan sebagai ion bebas, melainkan telah terikat secara koordinatif dalam struktur kompleks yang terbentuk selama reaksi sintesis (Nguyen *et al.*, 2024).

Potensi Fluoresensi Senyawa Kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin

Senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin memiliki kombinasi yang unik antara stabilitas struktur dan respon optik yang kuat. Ligan 8-hidroksikuinolin merupakan ligan bidentat dengan atom donor nitrogen pada cincin kuinolin dan oksigen pada gugus hidroksil, sehingga mampu membentuk khelat yang stabil dengan ion Zn²⁺ (Hermawati *et al.* 2016; Prachayasittikul *et al.* 2013).



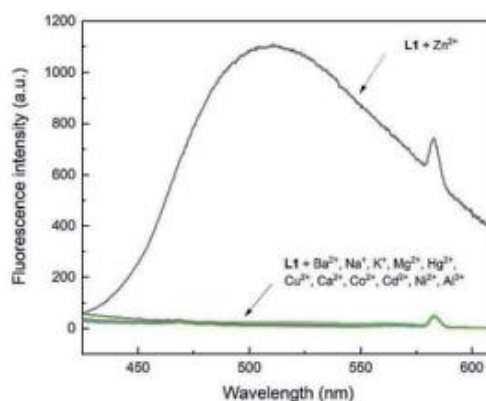
Gambar 4. Struktur ligan 8-hidroksikuinolin

Hal ini dilaporkan oleh Hermawati *et al.*, (2016), bahwa pembentukan kompleks menghasilkan endapan berwarna kuning dengan koordinasi Zn-N dan Zn-O yang teridentifikasi melalui analisis FTIR yang menunjukkan adanya pergeseran gugus fungsi senyawa kompleks tersebut, sehingga terjadi perubahan struktur elektronik ligan akibat interaksi dengan ion Zn(II), yang berkontribusi terhadap sifat fluoresensi pada kompleks (Diana & Panunzi, 2020).

Potensi fluoresensi kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin dipengaruhi oleh konfigurasi elektron ion Zn(II) yang bersifat d¹⁰ penuh, sehingga tidak mengalami transisi d-d yang umumnya *quenching* fluoresensi pada ion logam transisi lain (Diana & Panunzi, 2020; Wang *et al.*, 2012). Zn(II) bertindak sebagai pusat

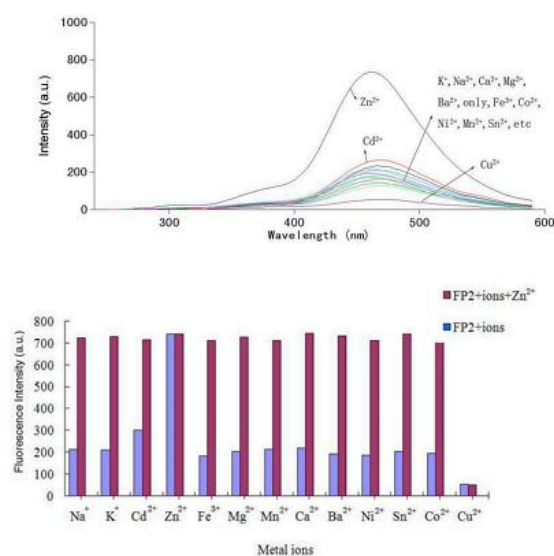
koordinasi yang secara optiknya tidak bergerak, sehingga fluoresensi pada kompleks Zn(II)–8-hidroksikuinolin terutama berasal dari transisi intraligan $\pi \rightarrow \pi^*$ atau $n \rightarrow \pi^*$, yang relatif efisien dan stabil (Xie *et al.*, 2024). Ion paramagnetik cenderung meningkatkan jalur relaksasi non-radiatif melalui *spin-orbit coupling* dan efek deaktivasi elektronik lainnya, sehingga intensitas fluoresensi kompleks umumnya lebih rendah dibandingkan dengan Zn²⁺ (Silvia *et al.*, 2013). Berdasarkan hasil uji oleh Kong *et al.*, (2022) pada sistem sensor berbasis 8-hidroksikuinolin di mana intensitas Zn(II) memberikan efek peningkatan yang paling tinggi, diikuti oleh Mg(II), Ca(II), dan Al(III) dengan tingkat signifikansi yang lebih rendah. Sebaliknya, kehadiran ion paramagnetik seperti Fe(III), Co(II), Ni(II), dan Cu(II) justru mengakibatkan *quenching* pada fluoresensi.

Keunggulan Zn²⁺ sebagai pusat fluoresen berkaitan erat dengan kemampuannya membentuk kompleks koordinasi yang stabil dengan ligan donor nitrogen, oksigen, atau sulfur, yang secara umum meningkatkan intensitas fluoresensi dalam banyak sensor molekuler karena pembentukan ikatan logam-ligan yang kuat dan integrasi struktur yang efisien (Heredia-moya *et al.*, 2025). Koordinasi antara Zn²⁺ dan ligan tersebut terbukti meningkatkan rigiditas molekul, sehingga membatasi kebebasan rotasi dan vibrasi intramolekul yang sering menjadi jalur relaksasi non-radiatif pada ligan bebas, keadaan ini mengarah pada peningkatan efisiensi emisi setelah kompleksasi Zn²⁺ (Wang *et al.*, 2012). Peningkatan efisiensi emisi banyak dijelaskan melalui mekanisme *chelation-enhanced fluorescence* (CHEF), di mana pembentukan kompleks menyebabkan struktur molekul menjadi lebih kaku dan menekan jalur relaksasi non-radiatif, sehingga intensitas fluoresensi kompleks meningkat dibandingkan ligan bebas (Nguyen *et al.*, 2024; Heredia-moya *et al.*, 2025). Berdasarkan Hermawati *et al.*, (2016) kompleks Zn(II)–8-hidroksikuinolin menunjukkan adanya pergeseran pita serapan pada spektrum FTIR di gambar 2, yang mengkonfirmasi terjadinya koordinasi logam–ligan dan peningkatan kekakuan struktur setelah kompleksasi, sehingga berkontribusi langsung terhadap perubahan dan peningkatan sifat optik kompleks tersebut (Li *et al.*, 2024).



Gambar 5. Spektrum fluoresensi dengan adanya berbagai ion logam (K^+ , Na^+ , Ba^{2+} , Mg^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , CO^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , dan Zn^{2+})

Fenomena CHEF pada berbagai sensor fluoresen berbasis Zn²⁺, seperti sistem Schiff base atau heteroaromatik di gambar 5. Penambahan Zn²⁺ menyebabkan penghambatan jalur *photo-induced electron transfer* (PET) dan penguatan emisi fluoresensi yang jelas setelah kompleksasi. Peningkatan fluoresensi yang kuat diamati ketika Zn²⁺ ditambahkan, yang dapat dikaitkan dengan peningkatan *chelation-enhanced fluorescence* (CHEF) (Tas *et al.*, 2021). Efek ini menjadikan Zn²⁺ sangat efektif dalam sistem fluoresensi *turn-on* dalam aplikasi sensor analitik karena memberikan sensitivitas dan selektivitas yang tinggi terhadap ion Zn²⁺ dalam kehadiran ion lain (Hu *et al.*, 2020).



Gambar 7. Respons fluoresensi terhadap berbagai ion logam

Spektrum emisi pada gambar bagian atas menunjukkan bahwa penambahan Zn^{2+} menghasilkan peningkatan intensitas fluoresensi yang paling signifikan, dengan puncak emisi yang jelas dan intens. Sebaliknya, ion logam lain seperti Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , dan Fe^{3+} hanya memberikan respons fluoresensi yang lemah atau bahkan menurunkan intensitas emisi. Fenomena ini konsisten dengan sifat ion-ion tersebut yang bersifat paramagnetik dan cenderung menginduksi relaksasi non-radiatif melalui interaksi *spin-orbit coupling* atau proses transfer energi, sehingga efisiensi emisi ligan menjadi berkurang. Hubungan ini diperjelas pada grafik batang di bagian bawah, yang memperlihatkan bahwa intensitas fluoresensi sistem FP2- Zn^{2+} jauh lebih tinggi dibandingkan FP2 yang berinteraksi dengan ion logam lain, termasuk ion alkali dan alkali tanah seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} . Hal ini mengindikasikan bahwa koordinasi Zn^{2+} secara efektif meningkatkan rigiditas struktur ligan dan menekan jalur relaksasi non-radiatif, sesuai dengan mekanisme *chelation-enhanced fluorescence* (CHEF) (Xie *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2024; Hu *et al.*, 2020).

Aplikasi Senyawa Kompleks Zn(II)-8-Hidroksikuinolin Berbasis Fluoresensi

Kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin banyak dikembangkan sebagai sensor fluoresen selektif terhadap ion Zn(II) karena menunjukkan peningkatan emisi yang signifikan dan respon yang sensitif terhadap perubahan konsentrasi ion logam. Selain itu, kestabilan kompleks serta fleksibilitas modifikasi struktur ligan memungkinkan penerapannya dalam berbagai bidang, seperti sensor kimia, analisis lingkungan, dan material luminesen. Beberapa penelitian juga melaporkan penggunaan derivat 8-HQ untuk meningkatkan selektivitas dan sensitivitas fluoresensi, sehingga memperluas potensi aplikasinya dalam sistem analitik modern (Bronson *et al.*, 2004; Chen & Zhang, 2021).

Tabel 4. Pengaplikasian senyawa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin berbasis fluoresensi

No.	Peneliti	Aplikasi	Hasil Penelitian
1.	Kamel <i>et al.</i> , 2024	Analisis Zn^{2+} dalam sampel	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor fluoresen yang dikembangkan

No.	Peneliti	Aplikasi	Hasil Penelitian
		rambut manusia	memberikan peningkatan intensitas fluoresensi yang signifikan dan selektif terhadap ion Zn^{2+} melalui mekanisme <i>chelation-enhanced fluorescence</i> (CHEF), dengan batas deteksi pada tingkat nanomolar dan konstanta pengikatan yang tinggi. Aplikasi pada sampel rambut manusia menghasilkan nilai kadar Zn^{2+} yang selaras dengan hasil analisis <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i> (AAS), menegaskan akurasi dan keandalan metode. Selain itu, evaluasi keberlanjutan menunjukkan bahwa metode ini bersifat ramah lingkungan dan berpotensi diaplikasikan pada analisis Zn^{2+} dalam matriks biologis dan lingkungan.
2.	Côrte-Real <i>et al.</i> , 2023	Agen antikanker potensial dan kemoterapi alternatif	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompleks Zn(II)-8-hidroksikuinolin memiliki aktivitas biologis yang lebih tinggi dibandingkan ligan bebas, yang ditunjukkan oleh penurunan signifikan viabilitas sel kanker pada uji <i>in vitro</i> . Nilai IC_{50} kompleks yang lebih rendah mengindikasikan peningkatan efektivitas sitotoksik akibat proses

No.	Peneliti	Aplikasi	Hasil Penelitian
			kompleksasi, yang dikaitkan dengan meningkatnya stabilitas struktur dan lipofilisitas senyawa sehingga mempermudah penetrasi ke dalam sel. Peran ion Zn^{2+} sebagai pusat koordinasi berkontribusi dalam menstabilkan ligan dan memodulasi distribusi elektron, yang secara keseluruhan meningkatkan interaksi kompleks dengan target biologis, sehingga mendukung potensinya sebagai kandidat awal agen antikanker berbasis senyawa koordinasi.
3.	Wang <i>et al.</i> , 2023	Material fungsional dalam sistem berbasis polimer, terutama untuk sensor optik dan material fluoresen	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompleks Zn(II) yang disintesis berhasil terdispersi secara homogen dalam matriks polimer dan mempertahankan sifat fluoresensinya tanpa mengalami quenching yang signifikan. Karakterisasi menggunakan FTIR, UV-Vis, dan spektroskopi fluoresensi mengonfirmasi terbentuknya ikatan koordinasi yang stabil antara Zn(II) dan ligan, serta peningkatan intensitas emisi dibandingkan ligan bebas. Selain itu, material polimer berbasis kompleks Zn(II) yang dihasilkan

No.	Peneliti	Aplikasi	Hasil Penelitian
			menunjukkan kestabilan termal dan fotostabilitas yang baik, sehingga dinilai layak untuk aplikasi sensor fluoresensi dan material optik fungsional.
4.	Rohini <i>et al.</i> , 2020	Sensor fluoresen untuk deteksi ion logam dan anion	Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa kompleks yang disintesis berhasil menampilkan perubahan intensitas fluoresensi yang signifikan ketika berinteraksi dengan ion logam dan anion target. Karakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis, fluoresensi, dan FTIR mengkonfirmasi terbentuknya ikatan koordinasi yang stabil antara ion logam dan ligan. Selain itu, sistem sensor yang dikembangkan memiliki sensitivitas dan selektivitas yang baik, serta menunjukkan potensi aplikasi praktis dalam deteksi ion pada konsentrasi rendah, sehingga mendukung pemanfaatannya sebagai sensor fluoresen berbasis senyawa kompleks logam.
5.	Paul <i>et al.</i> , 2025	Material emisi fluoresen pada OLED	Hasil kajian menunjukkan bahwa kompleks Zn(II) efektif digunakan sebagai emitor fluoresen pada OLED dengan emisi yang

No.	Peneliti	Aplikasi	Hasil Penelitian
		(<i>Organic Light-Emitting Diode</i>)	dikendalikan oleh ligan melalui transisi ligand-centered dan ligand-to-ligand charge transfer. Material ini memiliki stabilitas termal tinggi, biaya rendah, dan ramah lingkungan, dengan performa perangkat mencapai luminansi tinggi, tegangan nyala rendah, serta EQE sekitar 2–5%. Meski efisiensinya lebih rendah dibanding emitor fosforesen, kompleks Zn(II) berpotensi besar untuk pengembangan OLED berkelanjutan.

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilaporkan pada tabel 4, dapat disimpulkan bahwa senyawa kompleks Zn(II)–8-hidroksikuinolin memiliki potensi aplikasi yang sangat luas dan multifungsi, khususnya karena sifat fluoresensinya yang kuat, stabil, dan responsif terhadap interaksi dengan ion atau lingkungan sekitarnya. Studi oleh Kamel *et al.*, (2024) dan Rohini *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa kompleks ini efektif digunakan sebagai sensor fluoresen dengan mekanisme *chelation-enhanced fluorescence* (CHEF) yang mampu memberikan sensitivitas dan selektivitas tinggi terhadap ion logam dan anion, bahkan pada sampel nyata dengan hasil yang sebanding dengan metode instrumen seperti AAS. Di sisi lain, penelitian oleh Côte-Real *et al.*, (2023) memperluas cakupannya ke bidang biomedis, di mana kompleksasi Zn(II)–8-hidroksikuinolin terbukti meningkatkan aktivitas antikanker melalui stabilisasi struktur ligan dan peningkatan interaksi biologis.

Selain itu, pemanfaatan kompleks Zn(II)–8-hidroksikuinolin ke dalam matriks polimer sebagaimana dilaporkan oleh Wang *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa sifat fluoresensi dapat dipertahankan tanpa quenching, disertai kestabilan termal dan fotostabilitas yang baik, sehingga mendukung pengembangan material optik dan sensor fungsional.

Penelitian oleh Paul *et al.*, (2025) juga menegaskan bahwa kompleks Zn(II) memiliki kestabilan termal yang tinggi, biaya sintesis yang relatif rendah, serta bersifat lebih ramah lingkungan dibanding emitor fosforesen berbasis logam berat, sehingga menjadikannya kandidat menjanjikan untuk pengembangan OLED berkelanjutan. Secara keseluruhan, temuan-temuan tersebut menegaskan bahwa kompleks Zn(II)–8-hidroksikuinolin merupakan sistem koordinasi yang prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut dalam bidang sensor kimia, material fluoresen, dan aplikasi biologisnya (Bronson *et al.*, 2004; Chen & Zhang, 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, dapat disimpulkan bahwa sintesis kompleks koordinasi Zn(II) dengan ligan yang dirancang khusus sebagai kandidat sensor fluoresensi telah berhasil dicapai. Pembentukan kompleks Zn(II) terkonfirmasi melalui karakterisasi spektroskopi dan analisis struktur, yang menunjukkan terbentuknya ikatan koordinasi Zn–N dan Zn–O secara jelas, sebagaimana dibuktikan oleh pergeseran pita serapan pada spektrum FTIR serta penurunan konsentrasi ion Zn^{2+} bebas berdasarkan analisis AAS. Evaluasi sifat fluoresensi menunjukkan bahwa kompleks Zn(II) memiliki intensitas emisi yang tinggi dengan panjang gelombang eksitasi yang sesuai, serta memberikan respon fluoresensi yang signifikan terhadap keberadaan analit target. Peningkatan emisi fluoresensi tersebut dikaitkan dengan mekanisme *chelation-enhanced fluorescence* (CHEF) akibat kompleksasi ion Zn(II) dengan ligan, yang meningkatkan kekakuan struktur dan menekan jalur relaksasi non-radiatif. Dengan demikian, kompleks koordinasi Zn(II) yang disintesis berpotensi diaplikasikan secara efektif sebagai sensor fluoresensi yang sensitif dan selektif untuk deteksi analit dalam berbagai sistem, termasuk aplikasi lingkungan dan analitik.

Daftar Pustaka

- Abendrot, M., Checinska, L., Kusz, J., Lisowska, K., Zawadzka, K., Felczak, A., & Kalinowska-Lis, U. (2020). Zinc(II) Complexes with Amino Acids for Potential Use in Dermatology: Synthesis, Crystal Structures, and Antibacterial Activity 2. *Molecules*, 25(11), 951. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7070670/pdf/molecules-25-00951.pdf>
- Asmorowati, D. S., Azmi, K. U., & Sumarti, S. (2025).

- Optimization of the AAS Method with Variations in Air Speed, Wavelength, and Light Current. *Indonesian Journal of Chemical Science*, *14*(2).
- Bronson, R., Montalti, M., Prodi, L., Zaccheroni, N., Lamb, R., Dalley, N., Izatt, R., Bradshaw, J., & Savage, P. (2004). Origins of “on—off” Fluorescent Behavior of 8-Hydroxyquinoline Containing Chemosensors. *Tetrahedron*, *60*, 11139–11144. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2004.08.062>
- Chen, Y., & Zhang, W. (2021). Synthesis, Characterization and Fluorescence Property of a New Zinc(II) Complex Based on 2,6-Bis(imino)pyridyl Ligand. *Journal of Chemical Crystallography*, *51*(1), 132–138. <https://doi.org/10.1007/s10870-020-00828-3>
- Cipurković, A., Horozić, E., Marić, S., Mekić, L., & Junuzović, H. (2021). *Metal Complexes with 8-Hydroxyquinoline: Synthesis and In Vitro Antimicrobial Activity*. 1–10. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2021.111001>
- Côrte-Real, L., Pósa, V., Martins, M., Colucas, R., May, N. V., Fontrodona, X., Romero, I., Mendes, F., Reis, C. P., Gaspar, M. M., Pessoa, J. C., Enyedy, E. A., & Correia, I. (2023). Cu (II) and Zn (II) Complexes of New 8 - Hydroxyquinoline Schiff Bases: Investigating Their Structure , Solution Speciation , and Anticancer Potential. *Inorganic Chemistry*, *62*, 11466–11486. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.3c01066>
- Dash, A. C., & Dash, N. (1987). *Effect of Solvent on the Reactions*. *83*(8), 2505–2514.
- Diana, R., & Panunzi, B. (2020). The Role of Zinc (II) Ion in Fluorescence Tuning of Tridentate Pincers: A Review. *Molecules*, *25*.
- Fakhrudin, M. M., & Dyah, P. (2024). Kajian Pemanfaatan Tailing Pengolahan Emas Untuk Pembuatan Batako Sebagai Aplikasi Zero Waste Material Di PT Global Minerallium Corporindo Kecamatan Batu Sopang Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik (JUPRIT)*, *3*(1), 149–166.
- Gao, B., Fang, L., Zhang, R., & Men, J. (2013). Synthesis and luminescence properties of polymeric complexes of Cu(II), Zn(II) and Al(III) with 8-hydroxyquinoline side group-containing polysulfone. *Synthetic Metals*, *165*, 27–34. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2012.12.031>
- Heredia-moya, J., Fiallos-ayala, A., & Cevallos-vallejo, A. (2025). Phenylthiadiazole-Based Schiff Base Fluorescent Chemosensor for the Detection of Al³⁺ and Zn²⁺ Ions. *Chemistry*, *7*, 1–16.
- Hermawati, E. S., Suhartana, & Taslimah. (2016). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn (II) -8-. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, *19*(3), 94–98.
- Hu, Y., Du, L., & Yang, J. (2020). A highly sensitive and selective chemosensors for detection of Zn²⁺ and its application in live cell imaging. *Inorganica Chimica Acta*, *509*, 119675. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ica.2020.119675>
- Huang, Q., Hu, T., Changlu, Z., Jin, B., & Peng, R. (2022). New approach to synthesis Zinc(II)-(8-hydroxyquinoline) complex and its luminescent property. *Optical Materials*, *134*, 113163. <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2022.113163>
- Jabłońska-Wawrzycka, A., Rogala, P., Czerwonka, G., & Hodorowicz, M. (2025). Chloride and Acetonitrile Ruthenium (IV) Complexes: Crystal Architecture , Chemical Characterization , Antibiofilm Activity , and Bioavailability in Biological Systems. *Molecules*, *30*(3), 1–28.
- Kamel, R. M., El, S. S., Maram, S., & Soliman, M. A. A. M. H. A. (2024). Eco-friendly Fluorescent Sensor for Sensitive and Selective Detection of - Zn²⁺ and - Fe³⁺ Ions: Applications in Human Hair Samples. *Journal of Fluorescence*, *35*(6), 4213–4224. <https://doi.org/10.1007/s10895-024-03798-3>
- Khan, M., Izhar, D. U., Madiha, A., Huma, M., Batool, F., Jan, M., & Fayaz, M. (2025). Global Research journal of Natural Science and Technology (Grjnst) Synthesis and characterization of Cu (II), Zn (II), Cd (II), and Mn (II) Complexes with heterocyclic N-donor ligands and carboxylic acid derivatives and their antibacterial activ. *Global Research Journal of Natural Science and Technology (Grjnst)*, *3*(4). <https://doi.org/10.53762/grjnst.03.04.22>
- Kong, M., Xing, F., & Zhu, S. (2022). A new tripodal 8-hydroxyquinoline as a high sensitivity fluorescence sensor for Zn(II) in ethanol and its two morphology in solid. *Inorganic Chemistry Communications*, *141*, 109530. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109530>
- Li, Y., Zhang, M., Wang, Y., Guan, L., Zhao, D., Hao, X., & Guo, Y. (2024). A Zn (II) Coordination Polymer for Fluorescent Turn-Off. *Molecules*, *29*(2943). <https://doi.org/10.3390/molecules29122943>
- Manna, D., Lo, R., Miriyala, V. M., Nachtigallová, D., Trávníček, Z., & Hobza, P. (2024). Impact of dielectric constant of solvent on the formation of transition metal-ammine complexes. *Journal of Computational Chemistry*, *45*(4), 204–209. <https://doi.org/10.1002/jcc.27230>
- Nguyen, T.-C.-T., Huynh, T.-K.-C., Truong, H. B., Nguyen, T.-H.-A., Nguyen, H., Ton, A.-K., Nguyen, V.-T., & Thi-Hong-No Nguyen, and T.-K. H. (2024). Rapid and Efficient Dual Detection Of Zn²⁺ Ions and Oxytetracycline Hydrochloride Using a Responsive Fluorescent “On-Off” Sensor Based on Simple Salen-Type Schiff Base Ligand. *Chemistry – An Asian Journal*, *19*(23). <https://doi.org/10.1002/asia.202400636>

- Paul, J. J., Sai, K., Ganesan, R., Jha, P., Venkata, K., Chandra, G., & Sindhu, S. (2025). Zinc based organic metal complexes for OLED applications. *Synthetic Metals*, 316(June 2025), 117980. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2025.117980>
- Payehghadr, M., & Hashemi, S. (2017). Solvent effect on complexation reactions. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, 89. <https://doi.org/10.1007/s10847-017-0759-8>
- Prachayasittikul, V., Prachayasittikul, S., Ruchirawat, S., & Prachayasittikul, V. (2013). 8-Hydroxyquinolines: a review of their metal chelating properties and medicinal applications. *Drug Design, Development and Therapy*, 7, 1157–1178. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S49763>
- Rohini, Paul, K., & Luxami, V. (2020). 8-Hydroxyquinoline Fluorophore for Sensing of Metal Ions and Anions. *THE CHEMICAL RECORD*, 20(1), 1–45. <https://doi.org/10.1002/tcr.202000082>
- Sari, N. W., Fajri, M., Terpadu, L., Unggul, U. E., Barat, J., & Jeruk, K. (2018). ANALISIS FITOKIMIA DAN GUGUS FUNGSI DARI EKSTRAK ETANOL PISANG Pendahuluan Metodologi Penelitian Waktu dan Tempat Penelitian Alat dan Bahan Persiapan Sampel Ekstraksi Pemeriksaan Alkaloid Pemeriksaan Flavonoid. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(1), 30–34.
- Silvia, L., Rosyidah, K. C., & Zainuri, M. (2013). Pengaruh Ion Doping Zn pada Sifat Kemagnetan Barium M-Heksaferit BaFe₁₂ – x Zn x O₁₉ berbasis Pasir Besi Tulungagung. *JURNAL FISIKA DAN APLIKASINYA*, 9(3), 121–124.
- Singh, L. K., Karlo, T., & Pandey, A. (2014). Author ' s personal copy Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Performance of fruit extract of Melastoma malabathricum L . as sensitizer in DSSCs. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Performance of Fruit Extract of Melastoma Malabathricum L . as Sensitizer in DSSCs*.
- Tas, H., Namyslo, J. C., & Schmidt, A. (2021). RSC Advances Zn²⁺ detection of a benzimidazole 8-. *RSC Advances*, 11(58), 36450–36458. <https://doi.org/10.1039/D1RA05591G>
- Wang, D., Du, L.-H., Li, L., Yu-MengWei, TaoWang, Cheng, J., Du, B., Jia, Y., & Yu, B.-Y. (2023). Zn(II)-Based Mixed-Ligand-Bearing Coordination Polymers as Multi-Responsive Fluorescent Sensors for Detecting Dichromate, Iodide, Nitenpyram, and Imidacloprid. *Polymers*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/polym15112570>
- Wang, F., Peng, R., & Sha, Y. (2008). Selective dendritic fluorescent sensors for Zn(II). *Molecules*, 13(4), 922–930. <https://doi.org/10.3390/molecules13040922>
- Wang, Y., Peng, X., Shi, J., Tang, X., Jiang, J., & Liu, W. (2012). Highly selective fluorescent chemosensor for Zn²⁺ derived from inorganic-organic hybrid magnetic core / shell Fe₃O₄@ SiO₂ nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*, 7(1), 1–13.