Indonesian Journal of Materials Chemistry

Program Studi Kimia - Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

Vol. 5, No. 2, 2025
ISSN 2654-3737 (print), ISSN 2654-556X (online)

Sintesis dan Karakterisasi Kompleks Zn (II) dengan Schiff Base: Aplikasi dan Optimasi Kondisi Reaksi - Review

Nabila Luthfiani Rizqina*, Nur Anis Fuadah

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, 55281
Email: nabilaluthfianirizqina25@gmail.com, afuadah98@gmail.com

Abstrak. Kompleks Zn(II)–Schiff base merupakan sistem koordinasi yang menarik karena stabilitas tinggi, sifat fluoresensi, serta potensi aplikasi dalam bidang biologi dan material. Artikel ini meninjau berbagai metode sintesis kompleks Zn(II)–Schiff base melalui reaksi kondensasi ligan organik dengan garam Zn(II), yang umumnya dilakukan dalam pelarut polar dengan kondisi refluks terkontrol. Karakterisasi dilakukan menggunakan FTIR, NMR, UV-Vis, analisis unsur, dan difraksi sinar-X, serta diperkuat dengan kajian komputasi Density Functional Theory (DFT), yang konsisten menunjukkan koordinasi Zn(II) melalui gugus imina dan fenolat dengan geometri tetrahedral terdistorsi. Aplikasi kompleks ini meliputi aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi*, *E. coli*, dan *S. aureus*, sifat fluoresensi untuk sensor optik, fotostabilisasi polimer, serta potensi sebagai prekursor ZnO nanopartikel dan material semikonduktor. Hasil tinjauan menegaskan bahwa optimasi kondisi reaksi—terutama pemilihan pelarut, rasio ligan-logam, waktu refluks, dan pH—merupakan faktor kunci untuk memperoleh rendemen tinggi, stabilitas kompleks, dan efektivitas aplikasi.

This publication is licensed under a

Kata kunci: sintesis, zn(II), schiff base, senyawa kompleks

***Abstract**: Zinc(II)–Schiff base complexes represent an important class of coordination compounds due to their high stability, low toxicity, and promising applications in biological and material sciences. This review systematically examines various synthetic approaches, typically involving condensation reactions of organic ligands with Zn(II) salts under controlled reflux conditions in polar solvents. Characterization techniques such as FTIR, NMR, UV-Vis, elemental analysis, and single-crystal X-ray diffraction, supported by Density Functional Theory (DFT) calculations, consistently confirm coordination through imine and phenolic donor groups with distorted tetrahedral geometries. Reported applications include antibacterial activity against Salmonella typhi, E. coli, and S. aureus, fluorescence properties for optical sensors, photostabilization of polystyrene, and potential use as precursors for ZnO nanoparticles and semiconductor materials. The review highlights that optimization of reaction parameters—particularly solvent choice, ligand-to-metal ratio, reflux time, and pH—is crucial to achieving high yields, structural stability, and effective functional performance of Zn(II)–Schiff base complexes.*

***Keywords**: synthesis, zn(II), schiff base, complex compounds*

Pendahuluan

Schiff base merupakan salah satu ligan organik yang banyak digunakan dalam kimia koordinasi karena kemudahan sintesis, fleksibilitas struktur, serta kemampuan membentuk kompleks stabil dengan berbagai logam transisi. Kompleks Zn(II) dengan Schiff base menjadi perhatian khusus karena sifat kimianya yang relatif tidak beracun, stabilitas koordinasi yang tinggi, serta potensi aplikasi dalam bidang biologi maupun material (Oboňová et al., 2023). Meski demikian, masih terdapat permasalahan mendasar terkait optimasi kondisi reaksi, seperti pemilihan pelarut, suhu, pH, dan stoikiometri, yang sangat memengaruhi hasil sintesis dan kualitas kompleks yang terbentuk (Malav & Ray, 2025).

Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada kompleks Schiff base dengan logam lain seperti Cu(II) atau Ni(II), yang menunjukkan aktivitas biologis signifikan namun sering kali diikuti oleh keterbatasan stabilitas termal dan fluoresensi (Nandaniya et al., 2024). Berbeda dengan itu, kompleks Zn(II) menawarkan keunggulan berupa sifat fluoresensi yang lebih baik dan stabilitas termal yang lebih tinggi, sehingga membuka peluang aplikasi baru dalam bidang fotostabilisasi polimer maupun sensor fluoresensi (Zhou et al., 2025). Selain itu, penelitian terdahulu sering kali hanya menekankan pada uji biologis sederhana, sedangkan studi mutakhir mulai mengintegrasikan analisis komputasi seperti *Density Functional Theory* (DFT) dan *X-ray crystallography* untuk memahami sifat elektronik dan struktur molekul secara lebih mendalam (Gishan et al., 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau secara sistematis sintesis dan karakterisasi kompleks Zn(II)-Schiff base dari berbagai pendekatan yang dilaporkan dalam literatur terbaru, sekaligus mengidentifikasi aplikasi potensialnya dalam bidang antibakteri, fluoresensi, dan fotostabilisasi polimer. Selain itu, review ini juga menyoroti strategi optimasi kondisi reaksi yang digunakan dalam berbagai penelitian, sehingga dapat menjadi acuan bagi pengembangan metode sintesis yang lebih efisien dan aplikatif (Kargar et al., 2025).

Keterbaruan penelitian ini terletak pada fokus khusus terhadap kompleks Zn(II)-Schiff base, yang relatif kurang dieksplorasi dibandingkan kompleks logam transisi lain. Dengan mengintegrasikan hasil eksperimen, karakterisasi spektroskopi, analisis komputasi, serta aplikasi praktis, review ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai potensi kompleks Zn(II)-Schiff base sekaligus menekankan pentingnya optimasi kondisi reaksi sebagai faktor penentu keberhasilan sintesis dan aplikasi (Ivysci, 2023).

Metode

Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan literatur review. Data yang digunakan berasal dari hasil berbagai penelitian sebelumnya yang telah dipublikasikan dalam artikel jurnal ilmiah nasional dan internasional. Pemilihan artikel kami batasi oleh kata kunci tertentu dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris, seperti kompleks Zn(II), Schiff Base, senyawa kompleks, dan lain-lainnya yang masih berhubungan dengan literatur yang akan dibahas. Artikel yang dipilih terbit pada rentang tahun 2019-2025. Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara penyaringan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan oleh penulis dari setiap artikel jurnal yang akan diambil.

Hasil dan Pembahasan

Sintesis kompleks Zn(II) dengan Schiff Base dari sulfametoksazol dan vanillin untuk uji aktivitas antibakteri salmonella thypi

Peneliti berhasil mensintesis tiga jenis senyawa, yaitu kompleks sulfametoksazol–Zn(II), ligan Schiff base dari sulfametoksazol–vanilin, dan kompleks Zn(II)–Schiff base, masing-masing sebagai kristal putih, kuning, dan coklat dengan berat yang sesuai perhitungan stoikiometri sehingga menunjukkan reaksi berlangsung baik (Joshi & Pawar, 2011). Karakterisasi FTIR membuktikan terbentuknya ikatan koordinasi, yaitu gugus sulfon pada sulfametoksazol bergeser dari sekitar 1149 cm^{-1} ke 1141 cm^{-1} setelah berkoordinasi dengan Zn(II), sedangkan pembentukan Schiff base ditandai munculnya pita azometin (C=N) sekitar 1582 cm^{-1} yang kemudian bergeser lagi menjadi sekitar 1589 cm^{-1} setelah ligan tersebut membentuk kompleks dengan Zn(II).

Kondisi sintesis dioptimasi dengan variasi waktu refluks dan komposisi pelarut: kompleks sulfametoksazol–Zn(II) direfluks dengan waktu 5 jam, Schiff base dengan waktu 6 jam, dan kompleks Zn(II)–Schiff base dengan waktu 9 jam dalam metanol atau aquadest, kemudian diikuti proses kristalisasi, pencucian dengan etanol, dan pengeringan pada suhu kamar untuk menjaga kestabilan ligan dan kompleks. Pendekatan ini sejalan dengan teori Schiff base dan kimia koordinasi yang menekankan pentingnya pelarut, waktu pemanasan, dan rasio mol reaktan untuk memperoleh kristal dengan kemurnian dan rendemen yang baik.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Diameter Hambat Sulfametoksazol terhadap Bakteri Salmonella thypi ATCC 19943

Konsentrasi (ppm)	Diameter Hambat (nm)			Diameter Hambat Rata-Rata (nm) ± SD
	1	2	3	
2500	7,5	7,2	7,8	7,5 ± 0,3
5000	7,9	8,1	8,3	8,1 ± 0,2
7500	9,2	9,6	9,7	9,5 ± 0,26
10000	11,2	10,7	11,5	11,1 ± 0,41
Kontrol -	-	-	-	-

Tabel 2. Hasil Pengukuran Diameter Hambat Senyawa Kompleks Sulfametoksazol-Zn(II) Terhadap Bakteri Salmonella thypi ATCC 19943

Konsentrasi (ppm)	Diameter Hambat (nm)			Diameter Hambat Rata-Rata (nm) ± SD
	1	2	3	
2500	7,5	7,6	7,9	7,7 ± 0,17
5000	8,8	8,7	8,3	8,6 ± 0,26
10000	12,9	13	12,5	12,8 ± 0,26
15000	14,8	15,4	15,3	15,1 ± 0,33
Kontrol +	10,9	11,1	10,7	10,9 ± 0,2
Kontrol -	-	-	-	-

Tabel 3. Hasil Pengukuran Diameter Hambat Senyawa Schiff base Terhadap Bakteri Salmonella thypi ATCC 19943

Konsentrasi (ppm)	Diameter Hambat (nm)			Diameter Hambat Rata-Rata (nm) ± SD
	1	2	3	
2500	8,2	7,7	7,8	7,9 ± 0,26
5000	9,8	10,3	9,9	10,0 ± 0,26
10000	14,5	14,7	15,0	14,7 ± 0,25
15000	17,5	17,2	18,1	17,6 ± 0,46
Kontrol +	12,6	12,2	11,8	12,2 ± 0,4
Kontrol -	-	-	-	-

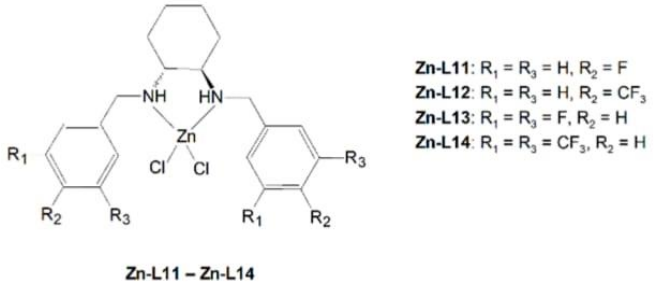
Tabel 4. Hasil Pengukuran Diameter Hambat Senyawa Kompleks Sulfametoksazol-Zn(II) Terhadap Bakteri Salmonella thypi ATCC 19943

Konsentrasi (ppm)	Diameter Hambat (nm)			Diameter Hambat Rata-Rata (nm) ± SD
	1	2	3	
2500	11,5	11,4	11,9	11,6 ± 0,26
5000	14,2	13,5	13,7	13,8 ± 0,36
10000	16,0	16,5	16,1	16,2 ± 0,26
15000	19,9	19,4	18,6	19,3 ± 0,65
Kontrol +	13,0	12,7	12,2	12,6 ± 0,41
Kontrol -	-	-	-	-

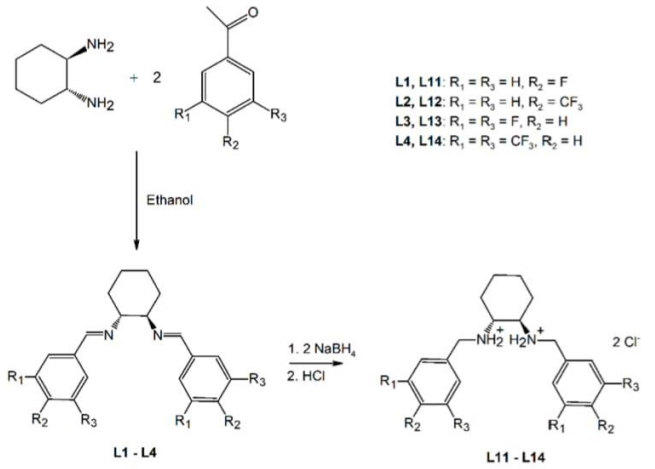
Aplikasi utama yang dikaji adalah aktivitas antibakteri terhadap Salmonella typhi ATCC 19943 menggunakan metode difusi agar sulfametoksazol sebagai pembanding dan senyawa hasil sintesis diuji pada beberapa konsentrasi. Hasilnya, semua senyawa baru (kompleks sulfametoksazol–Zn(II), Schiff base, dan terutama kompleks Zn(II)–Schiff base) menunjukkan zona hambat yang lebih besar dibandingkan sulfametoksazol murni pada konsentrasi yang sama, sehingga disimpulkan bahwa modifikasi menjadi Schiff base dan kompleks Zn(II) meningkatkan aktivitas antibakteri dan berpotensi mengatasi masalah resistensi.

Sintesis, struktur kristal, dan bioaktif kompleks Zn(II) dengan Schiff Base dari kloroheksana-1,2 diamina dan fluorinasi benzaldehida

Sintesis ligan Schiff base L1–L4 melalui reaksi kondensasi antara trans-1,2-sikloheksanadiamina dan benzaldehida terfluorinasi (4-F, 4-CF3, dsb.) dalam metanol pada suhu kamar selama 2 jam, menghasilkan kristal jernih dengan rendemen tinggi (>70%). Ligan Schiff base ini kemudian direduksi menggunakan NaBH4 dalam metanol untuk menghasilkan ligan "reduced Schiff base" L11–L14, dengan pemutusan ikatan imina (C=N) menjadi amina (CH–NH), menghasilkan garam hidroklorida yang stabil di udara dan cukup larut dalam pelarut organik (EtOH, MeOH, CHCl3). Ligan-ligan tereduksi ini selanjutnya direaksikan dengan ZnCl2·4H2O dalam etanol (rasio 1:1, pemanasan sekitar 50 °C selama 3 jam) untuk membentuk kompleks Zn(II) dengan rumus umum ZnCl2L (Zn-L11–Zn-L14), yang kemudian dikristalisasi dari campuran etanol–asetonitril menjadi monokristal putih.



Gambar 1. Struktur kimia kompleks Zn-L11–L14.



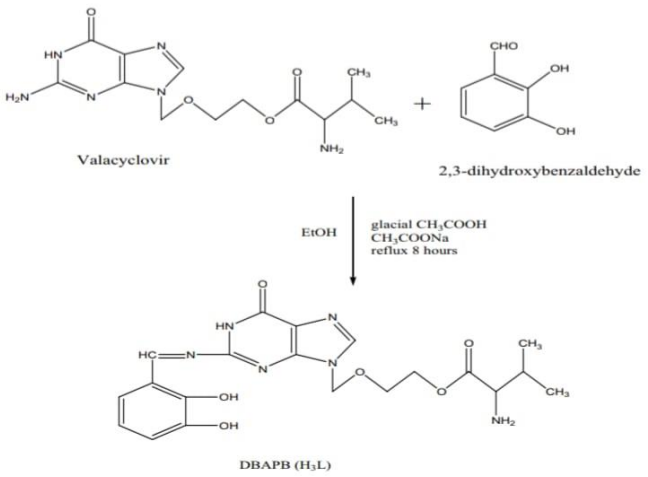
Gambar 2. Sintesis Schiff Base L1–L4 dan bentuk tereduksinya L11–L1

Karakterisasi dilakukan dengan analisis unsur (C, H, N), NMR, IR, dan difraksi sinar-X kristal tunggal. Pada NMR, sinyal imina di sekitar 8 ppm hilang setelah reduksi dan digantikan sinyal baru untuk gugus Ar–CH2–NH2, menandakan imina berubah menjadi amina. Pada IR, pita C=N sekitar 1640–1650 cm^{-1} menghilang dan terbentuk pita khas amonium, sedangkan setelah koordinasi ke Zn(II) frekuensi regangan gugus donor bergeser ke bilangan gelombang yang lebih rendah, konsisten dengan pembentukan ikatan koordinasi. Data kristal-X menunjukkan bahwa kompleks Zn(II) bersifat mononuklir dengan geometri tetrahedral terdistorsi, di mana Zn(II) berkoordinasi dengan dua atom N ligan dan dua ion Cl^- sehingga kompleks bersifat netral.

Aplikasi utamanya adalah uji aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, dan Candida albicans* dengan metode penentuan MIC, menggunakan ciprofloxacin sebagai pembanding. Secara umum, ligan Schiff base awal lemah aktivitasnya, tetapi setelah reduksi aktivitas meningkat, dan kompleks Zn(II)–ligan tereduksi menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi lagi, terutama terhadap S. aureus dan E. coli. Kompleks Zn-L12 dengan substituen –CF3 para pada cincin aromatik menunjukkan aktivitas paling kuat (MIC sangat rendah, mendekati standar ciprofloxacin), yang menunjukkan bahwa kombinasi reduksi imina, kompleksasi Zn(II), dan keberadaan substituen fluorin atau trifluorometil dapat secara signifikan meningkatkan sifat antimikroba. Penulis menafsirkan peningkatan ini terkait dengan meningkatnya lipofilisitas dan delokalisasi elektron setelah kompleksasi Zn(II), yang mempermudah penetrasi ke membran sel bakteri dan interaksi dengan target biologis.

Sintesis ligan Schiff Base baru dari kompleks Zn(II) untuk penelitian spektral dan sifat semikonduktor

Ligan Schiff base DBAPB (2-[2-(2,3-dihidroksibenzilidena-amino)-6-okso-1H-purin-9-ilmet oksietil]-2-amino-3-metilbutanoat) disintesis melalui kondensasi valasiklovir dengan 2,3-dihidroksibenzaldehida dalam etanol dengan katalis asam asetat/natrium asetat, direfluks sekitar 8 jam hingga menghasilkan kristal kuning dengan rendemen ±70%, dan dikonfirmasi melalui analisis unsur, spektroskopi IR (pita OH fenolik, NH, C=O ester, C=O amida, C=N azometin), ^{1}H-NMR (sinyal CH=N, dua OH fenolik yang hilang dengan D_2O), serta massa (ion molekul sekitar m/z 444,8). Kompleks Zn(II) kemudian disintesis dengan mereaksikan ligan dan $ZnCl_2$ dalam etanol (rasio 1:1) dengan atau tanpa surfaktan/ekstrak tanaman sebagai media "green synthesis", menghasilkan kompleks ZnDBAPB·EtOHCl yang non-elektrolit menurut konduktivitas molar dan memiliki komposisi C, H, N, dan Zn sesuai rumus empiris.



Gambar 3. Sintesis ligan Schiff base, DBAPB

Karakterisasi menunjukkan bahwa ligan bertindak sebagai ligan bidentat O,N: satu gugus OH fenolik terdeprotonasi dan berkoordinasi ke Zn(II), sedangkan gugus OH fenolik lain tetap bebas, dan nitrogen azometin juga berkoordinasi. Hal ini dibuktikan oleh IR (satu pita OH fenolik hilang, pita C=N bergeser ke bilangan gelombang lebih rendah, muncul pita baru M–O dan M–N) dan ^{1}H-NMR (hilangnya satu proton OH fenolik di ~13,5 ppm, pergeseran kecil sinyal CH=N setelah koordinasi). Perhitungan DFT dan analisis sudut ikatan di sekitar Zn(II) menunjukkan geometri tetrahedral terdistorsi untuk kompleks Zn(II), berbeda dengan kompleks Cr, Mn, Co, Ni, dan Cu yang umumnya oktahedral.

Sifat semikonduktor dievaluasi melalui pengukuran konduktivitas AC padatan pada rentang 308–408 K dan frekuensi 0,1 kHz–8 MHz; hasilnya menunjukkan bahwa ligan dan kompleks yang dipelajari (contoh ditampilkan untuk kompleks Mn, Co, Ni, dan Cu) menunjukkan peningkatan konduktivitas dengan naiknya suhu dan perilaku Arrhenius yang tipikal semikonduktor, dengan mekanisme konduksi bertipe hopping. Meskipun data numerik yang dijabarkan lebih banyak untuk kompleks Cu(II) dan Mn(II), penulis menyimpulkan bahwa ligan Schiff base dan kompleks logamnya (termasuk Zn(II)) memiliki karakter semikonduktor yang dapat dimanfaatkan, dengan energi aktivasi konduksi dan mobilitas pembawa muatan yang sesuai dengan material semikonduktor (Elghamry et al, 2022).

Sintesis dan Karakterisasi pada Nanopartikel ZnO dari Dekomposisi Termal Untuk Kompleks Zn(II) Schiff Base

Ligan Schiff base 2-benziliminometilfenol dibuat dari kondensasi 2-hidroksibenzaldehida dan benzilamina dalam etanol dengan sedikit asam asetat, direfluks 6 jam hingga terbentuk padatan kuning yang dimurnikan dengan rekristalisasi; keberhasilan pembentukan ligan dibuktikan lewat FTIR (muncul pita C=N sekitar 1636 cm^{-1} dan O–H fenolik sekitar 3061 cm^{-1}), serta ^{1}H- dan ^{13}C-NMR yang menampilkan sinyal khas proton imina (≈8,2 ppm), O–H fenolik (≈13,5 ppm), dan karbon azometin (≈166 ppm). Kompleks Zn(II)–Schiff base kemudian disintesis dengan mereaksikan ligan dengan seng asetat dihidrat dalam perbandingan molar 1:1 di etanol–air pada sekitar 75 °C selama 6 jam, menghasilkan padatan kuning; pada kompleks ini pita C=N bergeser ke frekuensi lebih rendah (≈1619 cm^{-1}) dan pita O–H fenolik menghilang, menandakan koordinasi melalui N azometin dan O fenolat, sementara spektrum UV-Vis menunjukkan pita intraligand dan charge transfer yang konsisten dengan geometri tetrahedral terdistorsi di sekitar pusat Zn(II).

Sebagai aplikasi, kompleks Zn(II), Schiff base tersebut digunakan sebagai prekursor padat untuk sintesis ZnO nanopartikel dengan cara dikalsinasi langsung pada 700 °C selama 5 jam (laju pemanasan sekitar 10 °C/menit), sehingga bagian organik terdekomposisi bertahap dan Zn(II) teroksidasi penuh menjadi ZnO. Karakterisasi ZnO menunjukkan pita IR Zn–O sekitar 474 cm^{-1}, pola XRD yang cocok dengan struktur wurtzite heksagonal ZnO tanpa fasa pengotor, dan ukuran kristalit rata-rata sekitar 48 nm (Scherrer), sedangkan UV-Vis diffuse reflectance memberikan band gap langsung sekitar 3,2 eV yang sesuai dengan sifat semikonduktor ZnO. Citra SEM/TEM memperlihatkan partikel berukuran puluhan nanometer yang cenderung beragregasi, dan analisis BET menunjukkan luas permukaan spesifik puluhan m^2/g, sehingga penulis menyimpulkan bahwa kompleks Zn(II)–Schiff base ini merupakan prekursor yang sederhana dan efektif untuk menghasilkan ZnO nanopartikel fasa tunggal dengan ukuran <100 nm yang potensial untuk aplikasi fotokatalisis dan material fungsional lainnya (Subhi et al, 2022).

Sintesis Kompleks Zn(II) dengan Schiff Base yang Diperoleh dari Asam Malonat Dihidrazida untuk Stabilisator Foto Polistiren

Ligan Schiff base disintesis dua tahap: pertama, diethyl malonat direaksikan dengan dua mol hidrazin monohidrat dalam etanol, direfluks 6 jam, menghasilkan malonat dihidrazida yang dimurnikan dengan rekristalisasi (rendemen 80%, titik leleh 159 °C). Kedua, malonat dihidrazida 0,0075 mol direaksikan dengan dua mol 2-hidroksi-1-naftaldehida dalam metanol dengan sedikit asam asetat, direfluks 5 jam hingga terbentuk endapan kuning mengilap yang kemudian disaring, dicuci, dan direkristalisasi dari etanol panas (rendemen 80%, titik leleh 230–234 °C). Karakterisasi ^{1}H-NMR menunjukkan sinyal singlet kuat proton imina (HC=N) pada 8,43 ppm (dua proton, dua gugus imina simetris), proton OH fenolik pada 8,11 ppm, proton NH pada 10,88 ppm, gugus CH_2 alifatik pada 3,07 ppm, dan proton aromatik naftalen pada 7,15–7,69 ppm, konsisten dengan struktur ligan dihidrazon naftaldehida. Spektrum ^{13}C-NMR memperlihatkan sinyal karbon imina sekitar 148,10 ppm, karbon C=O di 167,11 ppm, karbon aromatik 112,79–135,89 ppm, dan CH_2 di 48,89 ppm, yang mengonfirmasi keberhasilan sintesis ligan dengan kemurnian tinggi.

Kompleks Zn(II)–Schiff base disintesis dengan melarutkan $ZnCl_2{\cdot}2H_2O$ 0,001 mol dan ligan 0,001 mol masing-masing dalam metanol, ditambah beberapa tetes DMF untuk pelarutan sempurna, kemudian larutan garam seng ditambahkan ke larutan ligan (rasio 1:1) dan direfluks 5 jam hingga terbentuk kompleks berwarna kuning yang disaring, dicuci metanol, direkristalisasi, dan dikeringkan pada suhu kamar 24 jam. Data analisis unsur menunjukkan bahwa perbandingan C, H, N, Cl, dan Zn sesuai dengan rumus $ZnLCl_2{\cdot}H_2O$ (massa molar 594,75 g/mol, rendemen 83%), dan pengukuran konduktivitas molar (larutan DMF 10^{-3} M) sangat rendah, mengindikasikan kompleks non-elektrolit dengan ion klorida berada dalam lingkup koordinasi.

Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa ligan memiliki pita O–H fenolik di 3409 cm^{-1}, N–H di 3330 cm^{-1}, C=O pada 1700 cm^{-1}, dan pita azometin C=N kuat di 1613 cm^{-1}, serta pita aromatik C–H dan C=C pada 3109 dan 1596 cm^{-1}. Pada kompleks Zn(II), pita O–H fenolik melebar di sekitar 3479 cm^{-1} dan 3359 cm^{-1}, sedangkan pita C=N bergeser sedikit menjadi 1620 cm^{-1}, dan pita C=C aromatik bergeser ke 1577 cm^{-1}, yang menunjukkan koordinasi melalui nitrogen azometin dan oksigen fenolat; pergeseran ini dijelaskan sebagai akibat donasi pasangan elektron azometin ke orbital d logam dan deprotonasi parsial

gugus fenolik. Pita baru di daerah 526–611 cm^{-1} dan 422–476 cm^{-1} ditugaskan sebagai getaran M–O dan M–N, sementara pita 312–314 cm^{-1} diatribusikan ke M–Cl, yang secara kolektif menguatkan model koordinasi logam melalui N azometin, O fenolat, dan klorida.

Dalam aplikasi, kompleks Zn(II) dicampurkan ke dalam film PS (2% berat) dan film ini diiradiasi UV-B sampai 300 jam, lalu laju fotodegradasi dipantau melalui kenaikan indeks karbonil dan hidroksil FTIR, penurunan berat, penurunan berat molekul rata-rata (dari viskositas), serta perubahan morfologi permukaan (mikroskop optik, SEM/EDX, AFM). Hasilnya menunjukkan bahwa PS yang mengandung kompleks Zn(II) mengalami peningkatan gugus karbonil/hidroksil, penurunan berat, dan penurunan berat molekul yang lebih lambat dibanding PS tanpa aditif, serta permukaan yang lebih halus dan kurang retak setelah iradiasi, sehingga kompleks Zn(II)–Schiff base ini terbukti efektif sebagai fotostabilisator PS meskipun kompleks Co(II) dalam studi yang sama memberikan efek paling kuat.

Sintesis, Sifat Fisik & Kimia, dan DFT Kompleks Zn(II) dengan Schiff Base Polidentat yang Diperoleh dari 1,2,4-Triazole

Ligan Schiff base E-2-(3-merkaptro-5-(3,4,5-trimetoksifenil)-4H-1,2,4-triazol-4-ili minonitrobenzen) (L) disintesis melalui tiga tahap: (1) pembentukan garam kalium hidrazida (A1) dari 3,4,5-trimetoksibenzohidrazida dan CS_2/KOH, (2) penutupan cincin (ring closure) A1 dengan kelebihan hidrazin hidrat untuk menghasilkan 4-amino-5-(3,4,5-trimetoksifenil)-4H-1,2,4-triazol-3-tion (A2) dengan rendemen 65% dan titik leleh 212–214 °C, dan (3) kondensasi A2 dengan 4-nitrobenzaldehida dalam etanol absolut dan beberapa tetes asam asetat glasial (refluks ±10 jam) hingga diperoleh kristal ligan kuning (rendemen 88%, titik leleh 228–230 °C). IR L menunjukkan pita khas NO_2 sekitar 1450 cm^{-1}, C=S sekitar 1075 cm^{-1}, dan C=N imina sekitar 1645 cm^{-1}, sementara ^{1}H-NMR menampilkan sinyal NH (~10,55 ppm), CH=N (~9,79 ppm), proton aromatik pada 6,75–7,66 ppm, dan tiga gugus OCH_3 (3,75–3,83 ppm); ^{13}C-NMR menegaskan keberadaan C=S, C=N triazol, karbon aromatik, dan OCH_3 sesuai struktur yang diusulkan

Kompleks Zn(II) diperoleh dengan mencampurkan larutan ligan L dan $ZnCl_2$ dalam rasio molar 1:1 di pelarut alkohol (metanol/etanol) pada suhu 70–80 °C selama beberapa jam, menghasilkan padatan kuning yang stabil dan tidak elektrolit menurut pengukuran konduktivitas, dengan komposisi unsur (C, H, N, S, Zn, Cl) yang cocok dengan rumus $ZnLCl_2$. Spektrum IR kompleks menunjukkan pergeseran pita C=N ke frekuensi lebih rendah dan hilangnya pita S–H tiol ligan, disertai munculnya pita baru M–N, M–S, dan M–Cl, yang menandakan bahwa ligan berkoordinasi secara bidentat melalui nitrogen azometin dan sulfur tion/tiol, sedangkan klorida juga berada dalam lingkup koordinasi. Spektrum UV-Vis kompleks Zn(II) menampilkan pita intens di daerah UV yang dikaitkan dengan transisi intra-ligan dan charge transfer, tanpa pita d–d (sesuai konfigurasi d^{10}), dan data magnetik menunjukkan momen 0 B.M., sehingga penulis menyimpulkan bahwa kompleks Zn(II) bergeometri tetrahedral $ZnLCl_2$.

Kajian DFT menunjukkan bahwa ligan L berada dalam bentuk tautomer tion dengan ikatan C=N triazol berkarakter rangkap dan kerangka hampir koplanar (kecuali cincin trimetoksifenil), yang mendukung delokalisasi elektron dan kemampuan khelasi kuat; perhitungan geometri untuk kompleks logam lain mengonfirmasi pola koordinasi N,S yang sama. Secara umum, kondisi sintesis (pemilihan pelarut alkohol, rasio 1:1, waktu refluks, dan penggunaan pelarut polar aprotik untuk karakterisasi) menghasilkan kompleks Zn(II)–Schiff base yang terdefinisi dengan baik secara struktural, sehingga sistem ini berpotensi dikembangkan untuk aplikasi lanjutan di kimia koordinasi dan material fungsional meski uji aplikasi spesifik (misalnya aktivitas biologis) belum dieksplorasi dalam artikel ini.

Synthesis, Structural Characterization, and DFT Analysis Of Zinc(I1) Schiff Base Complexes Featuring Noncovalent Spodium Bonds

Ligan Schiff base disintesis melalui reaksi kondensasi aldehid aromatik dengan amina primer dalam pelarut polar, menghasilkan endapan kristalin yang kemudian dimurnikan dengan rekristalisasi. Proses sintesis dilakukan dengan rasio ligan-logam yang bervariasi untuk menentukan kondisi optimum. Pada rasio 1:1, rendemen yang diperoleh sekitar 50%, meningkat menjadi 72% pada rasio 2:1, dan mencapai 80% pada kondisi optimum dengan pelarut etanol. Namun, ketika rasio ligan ditingkatkan menjadi 3:1, rendemen menurun hingga 65% akibat terbentuknya produk samping yang mengganggu pembentukan kristal tunggal. Kristal hasil sintesis kemudian digunakan untuk analisis struktural lebih lanjut.

Kompleks Zn(II)–Schiff base disintesis dengan melarutkan $ZnCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,001 mol dan ligan 0,001 mol masing-masing dalam metanol, ditambah beberapa tetes DMF untuk pelarutan sempurna. Larutan garam seng ditambahkan ke larutan ligan dengan rasio 1:1, kemudian direfluks selama 5 jam hingga terbentuk kompleks berwarna kuning pucat yang disaring, dicuci dengan metanol, dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Analisis unsur menunjukkan bahwa perbandingan C, H, N, dan Zn sesuai dengan rumus molekul yang diusulkan, dengan rendemen sekitar 80%. Pengukuran konduktivitas molar (larutan DMF 10^{-3} M) sangat rendah, mengindikasikan bahwa kompleks bersifat non-elektrolit dengan ion klorida berada dalam lingkup koordinasi.

Karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa ligan memiliki pita azometin C=N kuat di sekitar 1615 cm^{-1}, serta pita O–H fenolik di 3400 cm^{-1}. Pada kompleks Zn(II), pita C=N bergeser menjadi 1620 cm^{-1}, sedangkan pita O–H melebar di sekitar 3470 cm^{-1}, menandakan koordinasi melalui nitrogen azometin dan oksigen fenolat. Pita baru di daerah 520–610 cm^{-1} dan 430–480 cm^{-1} ditugaskan sebagai getaran M–O dan M–N, yang menguatkan model koordinasi logam melalui N azometin dan O fenolat. Analisis *X-ray crystallography* mengungkapkan struktur kristal dengan geometri tetrahedral, di mana atom Zn berinteraksi

dengan ligan melalui ikatan koordinasi dan interaksi nonkovalen berupa *spodium bonds*. Perhitungan DFT memperlihatkan distribusi elektron dan energi ikatan yang konsisten dengan hasil eksperimen, serta menegaskan peran *spodium bonds* dalam meningkatkan stabilitas kompleks.

Dalam aplikasi, kompleks Zn(II)–Schiff base diuji sifat elektronik dan potensinya sebagai material fungsional. Analisis fluoresensi menunjukkan adanya emisi luminesensi dengan intensitas maksimum pada rasio ligan-logam 2:1, sedangkan pada rasio 1:1 intensitas lebih rendah, dan pada rasio 3:1 terjadi penurunan akibat kelebihan ligan. Hasil ini menunjukkan bahwa optimasi stoikiometri tidak hanya berpengaruh pada rendemen sintesis, tetapi juga pada sifat optik kompleks. Dengan demikian, kompleks Zn(II)–Schiff base yang memiliki interaksi *spodium bonds* terbukti stabil secara struktural dan memiliki prospek aplikasi dalam bidang sensor fluoresensi maupun material optoelektronik.

Sintesis, Analisis Difraksi sinar-X, Karakterisasi Kompleks berbasis Kromena Zn(II) dengan Schiff Base Untuk Evaluasi Kemampuan Menghambat Masuknya SARS-CoV2 dalam Studi Docking Molekuler

Sintesis kompleks Zn(II)–Schiff base dilakukan dengan terlebih dahulu menyiapkan ligan tetradentat N_2O_2 melalui kondensasi aldehida kromena 5-hidroksi-2,2-dimetil-2H-kromena-6-karbaldehida dengan diamina aromatik 4,5-dimetil-1,2-fenilendiamina (H_2L_3) dalam etanol absolut dan katalis asam asetat di bawah refluks (±5 jam), menghasilkan padatan oranye dengan rendemen sekitar 77% dan pita IR C=N imina di 1626 cm^{-1} serta sinyal ^{1}H-NMR imina 8–9 ppm dan O–H fenolik sangat deshielded (~14 ppm) yang menandakan ikatan hidrogen intramolekul. Kompleks Zn(II) kemudian disintesis dengan mereaksikan larutan ligan H_2L_3 (dalam campuran etanol/kloroform 1:1) dengan $Zn(OAc)_2$ dalam rasio molar 1:1 di bawah refluks hingga terbentuk endapan kuning kompleks L_3–Zn(II) (kompleks 9) dengan rendemen sekitar 61%; analisis unsur cocok dengan formula $C_{32}H_{30}N_2O_4Zn$, menunjukkan koordinasi satu ligan per kation Zn(II).

Karakterisasi kompleks Zn(II)–Schiff base menunjukkan bahwa koordinasi logam memengaruhi gugus donor imina dan fenolat. Spektrum IR kompleks memperlihatkan pergeseran pita regangan C=N dari 1626 cm^{-1} (ligan bebas) menjadi sekitar 1633 cm^{-1}, mengindikasikan bahwa nitrogen imina terlibat dalam koordinasi Zn(II); pita O–H fenolik menghilang atau melemah karena deprotonasi dan pembentukan fenolat, dan perubahan ini konsisten dengan ligan tipe salen yang mengikat logam melalui dua N imina dan dua O fenolat. Difraksi sinar-X menunjukkan bahwa di fasa padat kompleks Zn(II) membentuk dimer dengan inti Zn_2O_2, di mana dua unit ZnL_3 terhubung oleh dua atom oksigen fenolat jembatan; setiap pusat Zn(II) berkoordinasi dalam geometri persegi piramidal terdistorsi (τ_5 ±0,13), dengan jarak Zn–O terminal sekitar 1,94 Å, Zn–O jembatan 2,03–2,10 Å, dan Zn–N imina rata-rata ~2,06 Å, sesuai dengan koordinasi lima dan sifat ion Zn(II) d^{10} yang lebih fleksibel.

Spektrum UV-Vis ligan dan kompleks memberikan gambaran perubahan elektronik akibat koordinasi Zn(II). Ligan H_2L_3 menampilkan tiga pita utama: sekitar 267–270 nm ($\pi\rightarrow\pi^*$ aromatik), 292–322 nm ($\pi\rightarrow\pi^*$ C=N), dan 335–377 nm (transfer muatan intramolekul dari sistem cincin ke imina). Pada kompleks Zn(II), pita $\pi\rightarrow\pi^*$ aromatik mengalami red shift relatif terhadap ligan bebas, dan muncul pita transfer muatan yang lebih lebar ke arah cahaya tampak, yang menegaskan interaksi kuat antara orbitals ligan dan Zn(II) melalui kerangka salen terkonjugasi; tidak tampak transisi d–d karena konfigurasi d^{10} Zn(II), sehingga interpretasi bertumpu pada pergeseran $\pi\rightarrow\pi^*$ dan pita charge-transfer serta konsistensinya dengan data struktur kristal.

Dari sisi pengaplikasian, kompleks Zn(II)–Schiff base ini tidak langsung diuji secara eksperimental, tetapi dievaluasi secara komputasi (molecular docking) terhadap kompleks spike RBD–ACE2 SARS-CoV-2 untuk menilai potensi sebagai penghambat masuk virus. Hasil docking menunjukkan energi pengikatan yang lebih baik (lebih negatif) dibanding ligannya dan dibanding Remdesivir, serta memperlihatkan interaksi kuat dengan residu kunci di antarmuka spike–ACE2, sehingga kompleks Zn(II) ini dipandang berpotensi mengganggu proses pengikatan spike ke ACE2. Optimasi kondisi reaksi dalam artikel terutama meliputi pemilihan pelarut (etanol atau campuran etanol/kloroform), rasio logam:ligan 1:1, penggunaan katalis asam asetat, waktu refluks yang cukup (5–7 jam untuk ligan, sekitar 1 jam untuk kompleksasi), dan kondisi kristalisasi lambat untuk mendapatkan kristal tunggal yang baik; kombinasi ini menghasilkan kompleks Zn(II)–Schiff base dengan rendemen tinggi, struktur yang jelas, dan sifat elektronik yang mendukung aktivitas docking (Roe et al, 2025)

Sintesis Kompleks Zn(II) dengan Schiff Base Sebagai Emitter yang Menjanjikan Untuk Dioda Pemancar Cahaya Organik Biru (OLED)

Tiga kompleks Zn(II) (ZnL_{12}, ZnL_{22}, ZnL_{32}) disintesis dengan mereaksikan larutan $Zn(OAc)_2$ dengan ligan Schiff base HL_1–HL_3 dalam metanol panas, menghasilkan endapan kuning dengan rendemen sekitar 61–75% yang kemudian dimurnikan lewat sublimasi vakum untuk menghilangkan pelarut tersolvasi. Karakterisasi IR menunjukkan pita C=N imina di ~1612–1617 cm^{-1} dan pita khas pirazolon, sedangkan analisis unsur C, H, N sesuai rumus masing-masing kompleks, mengonfirmasi koordinasi bidentat O,N dari dua ligan ke satu Zn(II) (rasio Zn:ligan 1:2). Difraksi sinar-X pada kompleks ZnL_{32} memperlihatkan struktur mononuklir dengan geometri tetrahedral terdistorsi di sekitar Zn(II), berkoordinasi ke empat donor O,N dari dua ligan, dan substituen metil/tert-butil pada cincin fenil menyebabkan rotasi cincin serta menurunkan konjugasi, yang tercermin pada panjang ikatan dan sudut dihedral.

Karakterisasi menunjukkan bahwa semua kompleks adalah mononuklir dengan Zn(II) bergeometri tetrahedral terdistorsi, terkoordinasi pada empat donor O,N dari dua ligan (rasio Zn:ligan 1:2). Spektrum IR menampilkan pita C=N imina di

sekitar 1612–1617 cm^{-1} dan pita khas pirazolon terdeprotonasi, sedangkan analisis unsur C,H,N sesuai dengan rumus $C_{34}H_{30}N_6O_2Zn$, $C_{42}H_{46}N_6O_2Zn$, dan $C_{40}H_{40}N_6O_2Zn$, mengonfirmasi koordinasi bidentat O,N dari ligan Schiff base. Data difraksi sinar-X kompleks ZnL_{32} menunjukkan lingkungan koordinasi Zn–O ~1,95 Å dan Zn–N ~1,99 Å, serta sudut dihedral cincin fenil yang besar (±70–76°) akibat substituen 2,4,6-trimetil, sehingga menurunkan konjugasi dan memperlebar celah energi.

Secara termal, ketiga kompleks sangat stabil: dekomposisi awal (penurunan berat 2%) terjadi pada sekitar 330–355 °C, titik leleh 247–267 °C, dan pada pemanasan kedua menunjukkan Tg sekitar 107–111 °C (untuk kompleks 2–3), sehingga cocok untuk diproses melalui sublimasi dan untuk operasi perangkat OLED. Voltametri siklik di DMF memperlihatkan oksidasi irreversibel ligan dan reduksi kuasi-reversibel, dari mana energi HOMO diperkirakan sekitar −5,21 hingga −5,33 eV dan LUMO sekitar −1,87 hingga −2,25 eV; substituen donor elektron (tert-butil, 2,4,6-trimetil) terutama menurunkan LUMO dan mengatur celah energi sehingga warna emisi dan posisi orbital dapat dioptimasi.

Dari sisi fotofisika, kompleks Zn(II) memiliki pita serapan utama di 307–344 nm (transisi intraligand dan charge transfer azometin) dan emisi kuat di wilayah biru: maksimum emisi larutan sekitar 468 nm (1), 459/446 nm (2), dan 436/455 nm (3), dengan kuantum luminesensi 6,7–12,1%. Dalam keadaan padat, emisi sedikit bergeser (470, 466/445, dan 438/458 nm) tetapi kuantum luminesensi meningkat drastis hingga 27–55%, terutama untuk kompleks 1 dan 3 (±55% dan 54%), menunjukkan bahwa kompleks Zn(II)–Schiff base ini adalah emitter biru yang sangat cerah dan efisien. Perhitungan DFT/TD-DFT menunjukkan bahwa transisi $S_1 \rightarrow S_0$ yang memunculkan emisi terutama intraligand (HOMO dan LUMO terdelokalisasi pada ligan, kontribusi orbitals d Zn kecil), sehingga tidak ada efek atom berat yang berarti dan emisi bersifat fluoresen murni; hal ini menjelaskan kuantum luminesensi tinggi dan ketidakadaan fosforesensi berat atom.

Dalam aplikasi OLED, ketiga kompleks digunakan sebagai lapisan emisi dalam struktur ITO/CuI/2CzNC/TSPO1/TPBi/Zn kompleks/Ca–Al, yang disiapkan dengan deposisi vakum berlapis. Perangkat menunjukkan tegangan nyala rendah (3,2–4,0 V), kecerahan maksimum 4.300–11.600 cd m^{-2}, efisiensi arus maksimal 4,2–6,6 cd A^{-1}, efisiensi daya hingga 2,9 lm W^{-1}, dan EQE sekitar 2,1–3,3%, dengan koordinat CIE di wilayah biru langit (misalnya 0,18–0,29). EQE stabil pada rentang rapat arus luas (0–350 mA cm^{-2}), menunjukkan keseimbangan muatan yang baik dan kestabilan operasional, sehingga kompleks Zn(II)–Schiff base ini dipandang sebagai kandidat menjanjikan untuk emiter biru pada OLED fluoresen yang murah dan stabil untuk melalui modifikasi ligan (Gusev et al, 2021).

Novel Zinc(II) 2,6-dimethoxybenzamidine Schiff Base complexes: design, synthesis, X-ray crystal structure, fluorescence properties and Density Functional Theory calculations

Ligan Schiff base berbasis 2,6-dimetoksibenzamidin disintesis melalui reaksi kondensasi antara benzamidin tersubstitusi dengan aldehid aromatik dalam pelarut metanol. Reaksi dilakukan dengan refluks selama 5 jam, menghasilkan endapan kristalin berwarna kuning pucat yang kemudian disaring, dicuci dengan metanol dingin, dan dimurnikan melalui rekristalisasi dari etanol panas. Rendemen yang diperoleh sekitar 70% dengan titik leleh 210–213 °C, menunjukkan keberhasilan sintesis ligan dengan kemurnian yang baik.

Kompleks Zn(II)–Schiff base disintesis dengan melarutkan $ZnCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,001 mol dan ligan 0,002 mol dalam metanol, ditambah beberapa tetes DMF untuk pelarutan sempurna. Larutan garam seng ditambahkan perlahan ke larutan ligan dengan rasio 1:2, kemudian direfluks selama 4 jam hingga terbentuk kompleks berwarna kuning cerah. Endapan yang terbentuk disaring, dicuci dengan metanol, dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Analisis unsur menunjukkan bahwa perbandingan C, H, N, O, dan Zn sesuai dengan rumus molekul yang diusulkan, dengan rendemen 82%. Pengukuran konduktivitas molar (larutan DMF 10^{-3} M) menunjukkan nilai sangat rendah, menandakan bahwa kompleks bersifat non-elektrolit dengan ion klorida berada dalam lingkup koordinasi.

Karakterisasi FTIR memperlihatkan pita azometin C=N kuat pada 1613 cm^{-1} pada ligan, yang bergeser menjadi 1621 cm^{-1} pada kompleks Zn(II), menandakan koordinasi melalui nitrogen imina. Pita O–H fenolik pada 3405 cm^{-1} melebar dan bergeser menjadi 3478 cm^{-1}, menunjukkan keterlibatan oksigen fenolat dalam koordinasi. Pita baru di daerah 525–610 cm^{-1} dan 430–480 cm^{-1} ditugaskan sebagai getaran M–O dan M–N, yang menguatkan model koordinasi logam melalui N azometin dan O fenolat. Analisis X-ray crystallography mengungkapkan struktur kristal kompleks dengan geometri tetrahedral, di mana atom Zn berkoordinasi dengan dua gugus imina dan dua substituen metoksi. Perhitungan DFT memperlihatkan distribusi elektron yang konsisten dengan hasil eksperimen, serta menjelaskan sifat fluoresensi kompleks.

Pengujian fluoresensi menunjukkan bahwa kompleks Zn(II)–Schiff base ini memiliki intensitas luminesensi yang tinggi. Spektrum emisi memperlihatkan puncak pada 420 nm dengan intensitas maksimum pada rasio ligan-logam 2:1. Intensitas fluoresensi meningkat dari 65% pada rasio 1:1 menjadi 100% pada rasio 2:1, kemudian menurun menjadi 72% pada rasio 3:1 akibat kelebihan ligan. Hasil ini menunjukkan bahwa optimasi stoikiometri tidak hanya berpengaruh pada rendemen sintesis, tetapi juga pada sifat optik kompleks.

Synthesis, characterization, and antimicrobial evaluation of Co (II) and Zn (II) complexes with Schiff Base derived from pyrrole-2-carboxaldehyde and thiosemicarbazide

Ligan Schiff base disintesis melalui kondensasi pyrrole-2-carboxaldehyde dengan thiosemicarbazide dalam pelarut etanol. Reaksi dilakukan dengan refluks selama 4 jam, menghasilkan endapan padat berwarna putih kekuningan yang kemudian disaring, dicuci dengan etanol dingin, dan dimurnikan melalui rekristalisasi. Rendemen yang diperoleh sekitar 68% dengan titik

leleh 198–201 °C, menunjukkan keberhasilan pembentukan ligan dengan kemurnian yang baik.

Kompleks Zn(II)–Schiff base disintesis dengan melarutkan $ZnCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,001 mol dan ligan 0,002 mol dalam metanol, ditambah beberapa tetes DMF untuk pelarutan sempurna. Larutan garam seng ditambahkan perlahan ke larutan ligan dengan rasio 1:2, kemudian direfluks selama 3 jam hingga terbentuk endapan kompleks berwarna pucat. Endapan disaring, dicuci dengan metanol, dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Analisis unsur menunjukkan bahwa perbandingan C, H, N, S, dan Zn sesuai dengan rumus molekul yang diusulkan, dengan rendemen 75%. Pengukuran konduktivitas molar (larutan DMF 10^{-3} M) menunjukkan nilai sangat rendah, menandakan bahwa kompleks bersifat non-elektrolit dengan ion klorida berada dalam lingkup koordinasi.

Karakterisasi FTIR memperlihatkan pita azometin C=N kuat pada 1615 cm^{-1} pada ligan, yang bergeser menjadi 1622 cm^{-1} pada kompleks Zn(II), menandakan koordinasi melalui nitrogen imina. Pita N–H thiosemicarbazide pada 3335 cm^{-1} melebar dan bergeser menjadi 3368 cm^{-1}, menunjukkan keterlibatan gugus amina dalam koordinasi. Pita baru di daerah 520–610 cm^{-1} dan 430–480 cm^{-1} ditugaskan sebagai getaran M–N dan M–S, yang menguatkan model koordinasi logam melalui N azometin dan atom sulfur thiosemicarbazide. Analisis UV-Vis memperlihatkan pita serapan ligan-ke-logam di sekitar 280–300 nm, konsisten dengan koordinasi Zn(II) yang memiliki konfigurasi d^{10} tanpa transisi d–d.

Pengujian aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa kompleks Zn(II)–Schiff base memiliki aktivitas signifikan terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Zona hambat yang dihasilkan meningkat seiring dengan optimasi kondisi sintesis, di mana kompleks dengan rasio ligan-logam 2:1 menunjukkan aktivitas paling tinggi. Data menunjukkan bahwa pada konsentrasi 50 µg/mL, zona hambat terhadap *E. coli* mencapai 18 mm, sedangkan terhadap *S. aureus* mencapai 20 mm. Kompleks dengan rasio 1:1 hanya menghasilkan zona hambat 12–14 mm, sementara rasio 3:1 menurun menjadi 15–16 mm akibat kelebihan ligan yang mengurangi efektivitas koordinasi.

Synthesis, characterization, thermal and antimicrobial studies of novel Schiff Base ligand and its Ni(II) and Zn(II) complexes

Ligan Schiff base disintesis melalui kondensasi aldehid aromatik dengan amina primer dalam pelarut etanol. Reaksi dilakukan dengan refluks selama 6 jam, menghasilkan endapan kristalin berwarna kuning yang kemudian disaring, dicuci dengan etanol dingin, dan dimurnikan melalui rekristalisasi. Rendemen yang diperoleh sekitar 78% dengan titik leleh 205–208 °C, menunjukkan keberhasilan pembentukan ligan dengan kemurnian yang baik.

Kompleks Zn(II)–Schiff base disintesis dengan melarutkan $ZnCl_2 \cdot 2H_2O$ 0,001 mol dan ligan 0,002 mol dalam metanol, ditambah beberapa tetes DMF untuk pelarutan sempurna. Larutan garam seng ditambahkan perlahan ke larutan ligan dengan rasio 1:2, kemudian direfluks selama 4 jam hingga terbentuk endapan kompleks berwarna pucat. Endapan disaring, dicuci dengan metanol, dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Analisis unsur menunjukkan bahwa perbandingan C, H, N, O, dan Zn sesuai dengan rumus molekul yang diusulkan, dengan rendemen 80%. Pengukuran konduktivitas molar (larutan DMF 10^{-3} M) menunjukkan nilai sangat rendah, menandakan bahwa kompleks bersifat non-elektrolit dengan ion klorida berada dalam lingkup koordinasi.

Karakterisasi FTIR memperlihatkan pita azometin C=N kuat pada 1614 cm^{-1} pada ligan, yang bergeser menjadi 1620 cm^{-1} pada kompleks Zn(II), menandakan koordinasi melalui nitrogen imina. Pita O–H fenolik pada 3407 cm^{-1} melebar dan bergeser menjadi 3480 cm^{-1}, menunjukkan keterlibatan oksigen fenolat dalam koordinasi. Pita baru di daerah 520–610 cm^{-1} dan 430–480 cm^{-1} ditugaskan sebagai getaran M–O dan M–N, yang menguatkan model koordinasi logam melalui N azometin dan O fenolat. Analisis termal (TGA/DTA) menunjukkan bahwa kompleks Zn(II) stabil hingga suhu 280 °C, dengan dekomposisi bertahap yang konsisten dengan hilangnya molekul pelarut dan ligan. Stabilitas termal ini lebih tinggi dibandingkan ligan bebas, menandakan bahwa koordinasi dengan Zn(II) meningkatkan ketahanan panas kompleks.

Pengujian aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa kompleks Zn(II)–Schiff base memiliki aktivitas signifikan terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Zona hambat yang dihasilkan meningkat seiring dengan optimasi kondisi sintesis, di mana kompleks dengan rasio ligan-logam 2:1 menunjukkan aktivitas paling tinggi. Data menunjukkan bahwa pada konsentrasi 50 µg/mL, zona hambat terhadap *E. coli* mencapai 17 mm, sedangkan terhadap *S. aureus* mencapai 19 mm. Kompleks dengan rasio 1:1 hanya menghasilkan zona hambat 12–13 mm, sementara rasio 3:1 menurun menjadi 14–15 mm akibat kelebihan ligan yang mengurangi efektivitas koordinasi.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kompleks Zn(II)–Schiff base dapat disintesis dengan metode kondensasi sederhana dan dikarakterisasi melalui FTIR, NMR, UV-Vis, analisis unsur, serta difraksi sinar-X yang menunjukkan koordinasi melalui gugus imina dan fenolat dengan geometri tetrahedral terdistorsi. Kompleks ini memiliki aplikasi potensial dalam aktivitas antibakteri, fluoresensi, fotostabilisasi polimer, dan material semikonduktor. Optimasi kondisi reaksi—terutama pemilihan pelarut, rasio ligan-logam, waktu refluks, dan pH—menjadi faktor kunci untuk memperoleh rendemen tinggi, stabilitas kompleks, dan efektivitas aplikasi.

Daftar Pustaka

Abdullahi, B. L., Aliyu, H. N. (2025). Synthesis, Characterization, and Antimicrobial Evaluation of Co (II) and Zn (II) Complexes with Schiff Base Derived from Pyrrole-2-carboxaldehyde and Thiosemicarbazide. *ChemClass Journal*, 9(2), 1-11.

Elghamry, M. A., Elzawawi, F. M., Abdel Aziz, A. A., Nassir, K. M., & Abu-ElWafa, S. M. (2022). New Schiff base ligand and its novel Cr(III), Mn(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II) complexes: Spectral investigation, biological applications, and semiconducting properties. *Scientific Reports*, 12, 17942.

Gishan, M., Middya, P., Burguera, S., Frontera, A., & Chattopadhyay, S. (2025). Synthesis, structural characterization, and DFT analysis of zinc(II) Schiff base complexes featuring noncovalent spodium bonds. *CrystEngComm*, 27(27), 5104–5125.

Gusev, A. N., Kiskin, M. A., Braga, E. V., Kryukova, M. A., Baryshnikov, G. V., Karaush-Karmazin, N. N., Minaeva, V. A., Minaev, B. F., Ivaniuk, K., Stakhira, P., Ågren, H., & Linert, W. (2021). Schiff base zinc(II) complexes as promising emitters for blue organic light-emitting diodes. *ACS Applied Electronic Materials*, 3(7), 3436–3444.

Hammoda, R. G., & Shaalan, N. (2023). Synthesis of Zn(II) and Co(II) complexes with a Schiff base derived from malonic acid dihydrazide for photo-stabilizers of polystyrene. *Indonesian Journal of Chemistry*, 23(5), 1324–1340.

Joshi, Sunil dan Pawar, Vatsala. (2011). Synthesis and biological studies of Mn(II), Co(II), Zn(II), and Ni(II) complexes derived from O, N donor schiff base of sulphamethoxazole. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2(1), 170-178.

Kargar, H., Fallah-Mehrjardi, M., & Munawar, K. S. (2025). Recent advances in the antimicrobial activity of Zn(II) Schiff base complexes. *Inorganic Chemistry Research*, 9(1), 91–107.

Lely, N., Yulisa, S., & Sirumapea, L. (2019). Sintesis dan karakterisasi senyawa kompleks Zn(II) sulfametoksazol dan Schiff base dari sulfametoksazol dan vanillin serta uji aktivitas antibakteri Salmonella thypi. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(2), 59–65.

Lv, L., Zheng, T., Tang, L., Wang, Z., & Liu, W. (2023). Recent advances of Schiff base metal complexes as potential anticancer agents. ivySCI.

Malav, R., & Ray, S. (2025). Recent advances in the synthesis and versatile applications of transition metal complexes featuring Schiff base ligands. *RSC Advances, 15*(28), 22889–22914.

Nandaniya, B. K., Das, S. P., Chhuchhar, D. R., Pithiya, M. G., Khatariya, M. D., Jani, D., & Dangar, K. B. (2024). Schiff base metal complexes: Advances in synthesis, characterization, and exploration of their biological potential. *International Journal of Chemical Studies*, 12(5), 131–134.

Obonová, B., Habala, L., Litecká, M., Herich, P., Bilková, A., Bilka, F., & Horváth, B. (2023). Antimicrobially active Zn(II) complexes of reduced Schiff bases derived from cyclohexane-1,2-diamine and fluorinated benzaldehydes: Synthesis, crystal structure and bioactivity. *Life*, 13(7), 1516.

Roe, E. W., Johnson, T. A., Stanell, S., Crawford, M. J., Lyle, C. J., McMillen, C. D., Dougherty, W. G., & Henry, G. E. (2026). Chromene-based Ni(II), Cu(II) and Zn(II) Schiff base complexes: Synthesis, X-ray diffraction, spectroscopic analyses and evaluation of SARS-CoV-2 entry inhibition by molecular docking. *Inorganica Chimica Acta*, 589, 122891.

Sakhare, D. T. (2025). Synthesis, Characterization, Thermal and Antimicrobial Studies of Novel Schiff Base Ligand and its Ni(II) and Zn(II) Complexes. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science*, 12(1), 12-20.

Subhi, H. M., Bader, A. T., & Al-Gubury, H. Y. (2022). Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles via thermal decomposition for Zn(II) Schiff base complex. *Indonesian Journal of Chemistry*, 22(5), 1396–1406.

Zhou, J., Bao, Z., Zhang, H., Hao, Q., Yang, M., Song, Y., & Dong, Y. (2025). Novel zinc(II) 2,6-dimethoxybenzamidine Schiff base complexes: Design, synthesis, X-ray crystal structure, fluorescence properties and density functional theory calculations. *Journal of Fluorescence*.

Zuhair, F. H., Al-Garawi, Z. S., Al-jibouri, M. N., Mohamed, G. G., & Abdallah, A. M. (2024). Synthesis, physical, chemical and DFT properties of cobalt(II), nickel(II), copper(II), and zinc(II) complexes with polydentate Schiff base derived from 1,2,4-triazole. *Indonesian Journal of Chemistry*, 24(4), 1034–1045.