



DETECTION OF Pb(II) AND Cr(III) USING Dy(III) ION WITH PYRAZOLINE DERIVATIVES LIGAND

Yulian Syahputri*, Sutanto, M. Daud Mahmudin dan Mohammad Rommy Izha Ramadhan
Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan,
Jl. Pakuan P.O. Box 452, Bogor, 16143, Indonesia;

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 May 2024,

Revised 12 Jul 2024,

Accepted 15 Jul 2024,

Available online 30 Jul 2024

Keywords:

- ✓ dysprosium
- ✓ complex compound
- ✓ fluorescence
- ✓ heavy metal
- ✓ pyrazoline

*corresponding author:

syahputri.yulian@unpak.ac.id

Phone: +6281381149591;

[https://doi.org/10.31938/jsn.v](https://doi.org/10.31938/jsn.v14i3.733)

[14i3.733](https://doi.org/10.31938/jsn.v14i3.733)

ABSTRACT

Exposure to heavy metal ions Pb^{2+} and Cr^{3+} in Indonesia is getting more attention, especially in various industries and transportation. The sensor complex compound Dy^{3+} with fluorescence-based pyrazoline-derived ligands (fluorosensor) has the potential to detect heavy metal ions Pb^{2+} and Cr^{2+} . This research was initiated by synthesizing the pyrazoline derivative ligand and then reacting it with Dy^{3+} metal ion. The formed Dy^{3+} complex compounds was then characterized using spectroscopic methods. The results of scanning complex compounds using a UV-Vis spectrophotometer obtained two maximum wavelengths namely at 255 and 359 nm are indicating the presence of a transition type $n \rightarrow \pi^*$ and $\pi \rightarrow \pi^*$. The results of fluorescence spectrophotometer analysis obtained maximum fluorescence intensity of Dy^{3+} complex compound was in the wavelength at 370 nm with fluorescence intensity of 4273 a.u. Fluorescence based sensor studies of the Dy complex when Pb^{2+} and Cr^{3+} metal ions were added showed changes in fluorescence intensity so that the fluorosensor type was obtained for the Dy^{3+} metal ion complex compound with Pb^{2+} and Cr^{3+} , namely "turn-on-off" and "turn-off" respectively.

ABSTRAK

Deteksi Pb(II) dan Cr(III) Menggunakan Ion Dy(III) dengan Ligan Turunan Pirazolin

Paparan ion logam berat Pb^{2+} dan Cr^{2+} di Indonesia mendapatkan perhatian yang lebih terutama di berbagai industri dan transportasi. Sensor senyawa kompleks Dy^{3+} dengan ligan turunan pirazolin berbasis fluoresensi (fluorosensor) berpotensi mendeteksi ion logam berat Pb^{2+} dan Cr^{3+} . Penelitian ini diawali dengan mensintesis ligan turunan pirazolin lalu direaksikan dengan dengan ion logam Dy^{3+} . Senyawa kompleks Dy^{3+} yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi dengan metode spektroskopi. Hasil pemindaian senyawa kompleks menggunakan spektrofotometer UV-Vis menghasilkan dua panjang gelombang maksimum yaitu pada 255 dan 359 nm yang mengindikasikan adanya tipe transisi $n \rightarrow \pi^*$ dan $\pi \rightarrow \pi^*$. Hasil analisis spektrofotometer fluoresensi menunjukkan intensitas fluoresensi maksimum senyawa kompleks Dy^{3+} berada di panjang gelombang 370 nm dengan intensitas fluoresensi 4273 a.u. Studi sensor berbasis fluoresensi kompleks Dy ketika ditambahkan ion logam Pb^{2+} dan Cr^{3+} menunjukkan perubahan intensitas fluoresensi sehingga diperoleh masing-masing tipe fluorosensor untuk senyawa kompleks ion logam Dy^{3+} dengan Pb^{2+} dan Cr^{3+} yaitu "turn-on-off" dan "turn-off".

Kata kunci : Disprosium; Senyawa kompleks; Fluoresensi; Logam berat; Pirazolin

PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir, meningkatnya penggunaan logam berat di berbagai industri dan transportasi di Indonesia mendapatkan perhatian yang lebih akibat paparan ion logam berat timbal (Pb) dan kromium (Cr) terhadap manusia dan lingkungan yang juga semakin meningkat (Kamaluddin et al., 2020; Wahyuni & Pratiwi, 2019). Pada dosis tinggi, efek racun timbal (Pb) dan kromium (Cr) dapat

memiliki beberapa konsekuensi dalam tubuh manusia yaitu dapat merusak konstituen darah, merusak fungsi saraf pusat yang menyebabkan gangguan mental, dan dapat merusak paru-paru, hati, ginjal serta organ vital lainnya, sedangkan pada lingkungan dapat menyebabkan pencemaran dan bioakumulasi pada organisme hidup (Jaishankar et al., 2014; Syahputri et al., 2021). Oleh sebab itu, sensor untuk mendeteksi adanya ion logam berat di lingkungan sangat diperlukan. Sensor berbasis fluoresensi (fluorosensor) telah



banyak digunakan di berbagai bidang, seperti biokimia biomedis dan studi klinis, serta masalah pencemaran lingkungan seperti deteksi logam berat Pb²⁺ dan Cr³⁺ (Kamaluddin et al., 2020). Hal ini dikarenakan fluoresensor memiliki sensitivitas dan selektivitas tinggi, serta biaya rendah, dan deteksi cepat (Melnikov et al., 2022). Turunan pirazolin berpotensi untuk dijadikan fluorosensor karena sifatnya yang dapat berfluoresensi (Syahputri & Linda, 2021).

Liu et al. (2020) berhasil mensintesis senyawa kompleks logam Dy dengan ligan *pyridylcarboxaldehyde benzoyl hydrazone* yang berperan sebagai fluorosensor rodamin, hasil penelitiannya menunjukkan bahwa senyawa kompleks memiliki intensitas fluoresensi yang kuat. Logam Dy sebagai atom pusat termasuk logam golongan F yang stabil dan dapat berfluoresensi. Hakim & Agustino (2016) berhasil mensintesis turunan pirazolin 2-(1,5-*diphenyl-4,5-dihydro-1H-pyrazole-3-yl*)pyridine yang digunakan untuk mendeteksi ion logam La³⁺ dan Eu³⁺. Syahputri et al., (2021) berhasil mensintesis ligan turunan pirazolin yang berpotensi sebagai fluorosensor ion logam berat. Syarat senyawa kompleks berpotensi untuk dijadikan fluoresensor ialah senyawa tersebut merupakan senyawa heterosiklik, aromatik, ataupun molekul terkonjugasi yang membentuk ikatan kovalen koordinasi antara logam dan ligan (Hermawati et al., 2016). Sepengetahuan penulis, belum ada yang penelitian tentang senyawa kompleks ion logam Dy³⁺ dengan ligan turunan pirazolin dan digunakan untuk fluorosensor ion logam berat Pb²⁺ dan Cr³⁺. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk mengkomplekskan ligan turunan pirazolin yaitu para-di-2-(1-fenil-3-piridil-4,5-dihidro-1H-pirazol-5-il)benzena dengan logam Dy, serta potensinya sebagai fluoresensor ion logam berat Pb²⁺ dan Cr³⁺. Penggunaan logam Dy sebagai atom pusat diharapkan dapat meningkatkan intensitas fluoresensi, sehingga berpotensi sebagai fluoresensor untuk mendeteksi ion logam berat Pb²⁺ dan Cr³⁺.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang dipakai pada penelitian ini yaitu ligan para-di-2-(1-fenil-3-piridil-4,5-dihidro-1H-pirazol-5-il)benzena, kloroform p.a (Merck), Dy(NO₃)₃.6H₂O (Merck), metanol p.a (Merck),

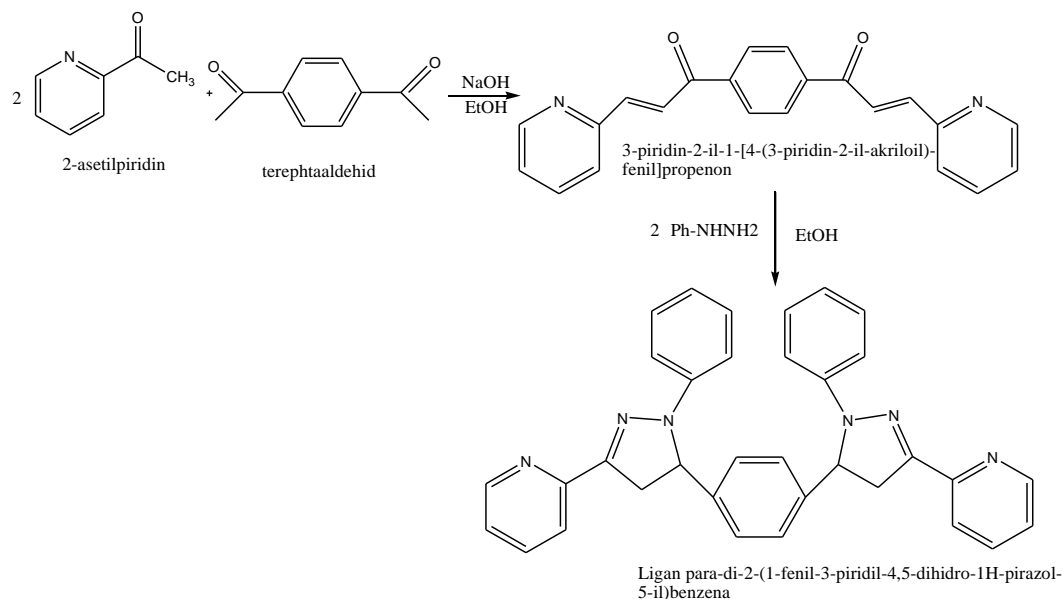
timbang(II) nitrat (Merck), dan krom(III) nitrat (Merck). Peralatan yang dipakai yaitu neraca analitik, penangas, batang pengaduk, rotatory evaporator, labu didih, pengaduk magnetik, pipet volumetri, erlenmeyer, kertas saring whatman, desikator, vial, gelas Beaker, kaca arloji, mikropipet, *bulb*, dan indikator universal. Instrumen yang dipakai adalah *melting point* (RY-2), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR Shimadzu IR Spirit), spektrofotometer UV-Vis (Thermoscientific), dan spektrofotometer fluoresensi (Hitachi F-2700).

Metode

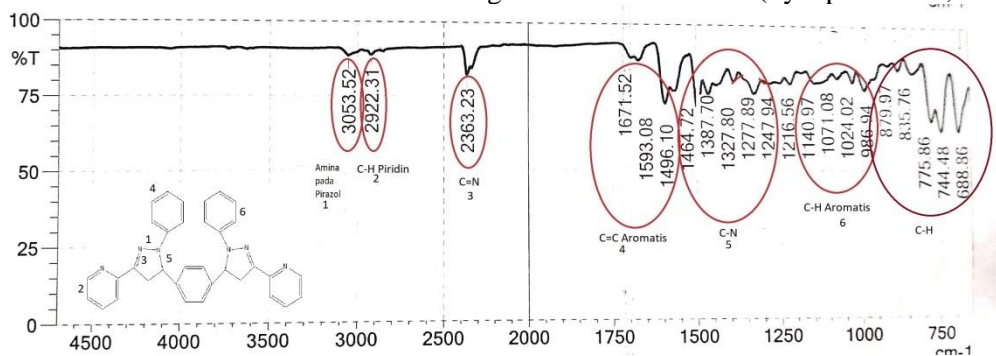
Penelitian diawali dengan mensintesis senyawa kompleks logam Dy(NO₃)₃.6H₂O dengan ligan turunan pirazolin seperti yang dilakukan penelitian sebelumnya oleh Muneera & Joseph (2016) dan Syahputri & Linda (2021). Sedangkan, sintesis senyawa kompleks mengikuti prosedur sebelumnya oleh Vidya et al (2017) dan Liu et al (2020). Senyawa kompleks yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Visibel, FTIR, serta titik leleh. Kemudian, studi fluorosensor senyawa kompleks ketika ditambahkan ion logam berat Pb²⁺ dan Cr³⁺ menggunakan spektrofotometer fluoresensi, yang dimulai dari senyawa kompleks konsentrasi 10⁻⁵ M dilarutkan dalam campuran kloroform : metanol dengan perbandingan 1:1 (v/v). Kemudian, pemindaian pada panjang gelombang (λ) 190-550 nm. Selanjutnya, senyawa kompleks dengan konsentrasi 10⁻⁵ M dilarutkan dalam pelarut dengan perbandingan yang sama lalu ditambahkan ion logam Pb²⁺ ke dalamnya pada rentang konsentrasi 10⁻⁴ - 10⁻⁷ M. Hal yang sama diterapkan pada ion logam Cr³⁺. Pemindaian dilakukan pada λ 220-700 nm dengan spektrofotometer fluoresensi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sintesis ion logam Dy³⁺ dan ligan turunan pirazolin berupa padatan berwarna kuning dengan titik leleh sebesar 318°C dan titik leleh ligan sebesar 231°C. Pembentukan senyawa kompleks dapat terlihat dari titik leleh senyawa kompleks lebih besar daripada titik leleh ligan (titik leleh senyawa kompleks 318°C dan titik leleh ligan 231°C). Perkiraan reaksi pembentukan ligan dan karakterisasinya dengan FTIR dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Perkiraan Reaksi Pembentukan Ligan Turunan Pirazolin (Syahputri et al., 2021)



Gambar 2. Spektrum IR Ligan Turunan Pirazolin

Hasil analisis senyawa kompleks yang dikarakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan adanya ikatan logam-ligan seperti ditunjukkan Gambar 3. Gambar 3, menunjukkan adanya ikatan amina, C-H dari cincin piridin dan senyawa aromatik yang berasal dari ligan (Ameen et al., 2018; Hakim & Agustino, 2016; Nandiyanto et al., 2018). Bilangan gelombang $484,95\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terbentuknya ikatan antara Dy-N (Ameen et al., 2018; Liu et al., 2020), nitrogen (N) ini berasal dari ligan turunan pirazolin. Untuk mengetahui adanya puncak serapan maksimum yang bergeser dan peningkatan atau penurunan serapan menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang ditunjukkan oleh Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, diperoleh dua puncak serapan maksimum untuk ligan turunan pirazolin pada wilayah 249 nm dan 364 nm (Tabel 1) dengan larutan berwarna kuning. Pada panjang gelombang maksimum 249 nm terjadi proses

absorpsi pita serapan gugus kromofor aromatis yaitu gugus benzena, dan pada panjang gelombang 364 nm terjadi proses absorpsi pita serapan gugus kromofor ligan yaitu gugus piridin dan gugus pirazolin. Menurut literatur, pita serapan gugus kromofor piridin dan pirazolin pada ligan turunan pirazolin dan piridin berada pada kisaran panjang gelombang maksimum 360-400 nm (Al-jibouri et al., 2018).

Tabel 1. Hasil Analisis λ Maksimum

Analisis	λ Maksimum (nm)
Ligan	249; 364
Dy(NO ₃) ₃ .6H ₂ O	236
Senyawa Kompleks Dy ³⁺	255; 359

Indikasi awal terbentuknya senyawa kompleks ialah terjadinya pergeseran panjang gelombang maksimum. Spektrum senyawa kompleks Dy dengan ligan turunan pirazolin memiliki dua pita serapan yang signifikan untuk

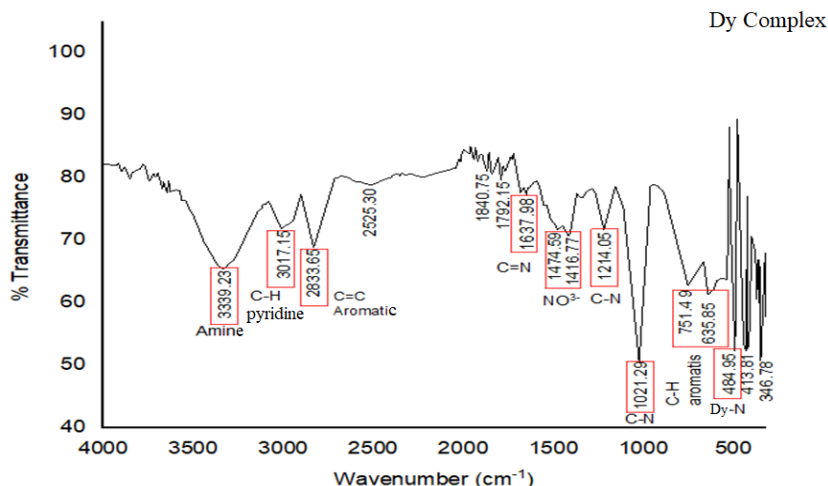
transisi $\pi - \pi^*$ (C=C) pada wilayah 255 nm, dan transisi $n - \pi^*$ (elektron bebas pada atom donor N) pada wilayah 359 nm, dimana pergeseran panjang gelombang senyawa kompleks dibandingkan ligan ini disebabkan adanya interaksi baru yang mempengaruhi energi ikatan. Panjang gelombang maksimum pada transisi $\pi - \pi^*$ lebih pendek jika dibandingkan dengan transisi $n - \pi^*$ hal ini dikarenakan energi yang dibutuhkan elektron untuk mengalami eksitasi dari orbital π ke orbital π^* lebih tinggi daripada energi yang dibutuhkan untuk eksitasi elektron dari orbital n non-ikatan ke orbital π^* (Nasaruddin et al., 2021).

Tabel 2. Nilai Absorptivitas Molar Pada λ Maksimum

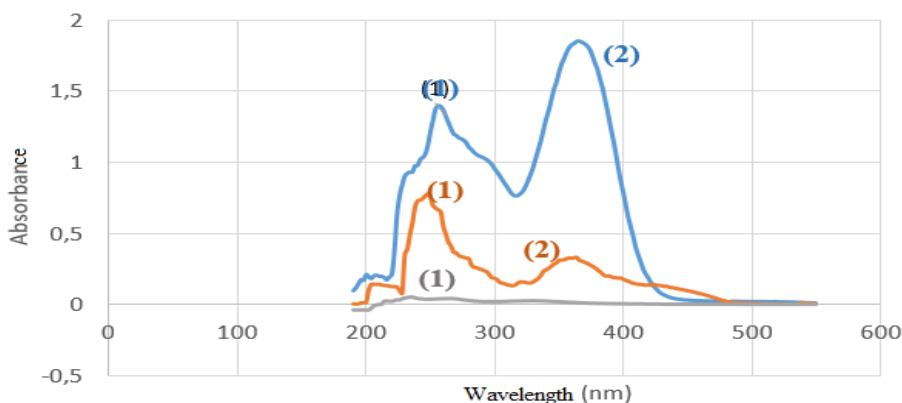
λ maks, nm (ϵ , M \cdot cm $^{-1}$)	Absorbansi	Log ϵ
255	1,008	4,30
359	0,671	4,13

Berdasarkan Tabel 2, transisi elektron $\pi - \pi^*$ ditandai dengan harga absorptivitas molar (ϵ) yang relatif besar (255 dan 359 nm). Selain itu, harga absorptivitas molar yang besar menandakan bahwa senyawa ini memiliki intensitas fluoresensi yang kuat (Nasaruddin et al., 2021), yang dapat dilihat pada hasil analisis fluoresensi senyawa kompleks.

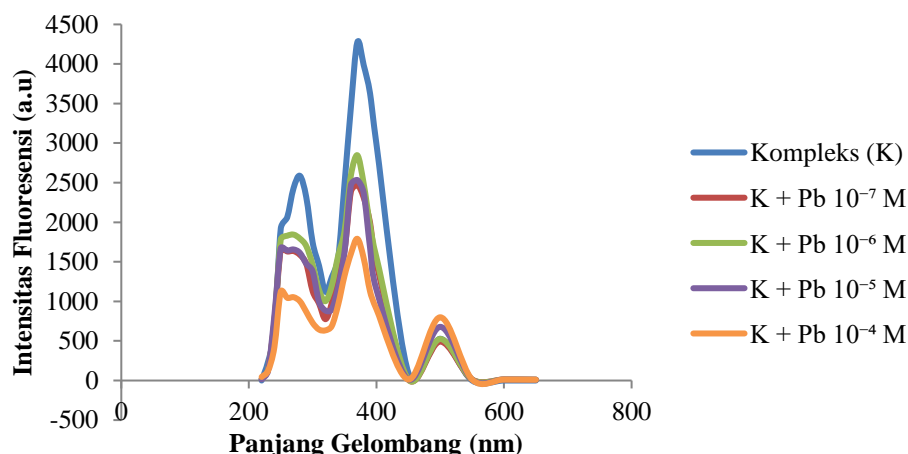
Untuk mengetahui besarnya intensitas fluoresensi senyawa kompleks Dy, maka digunakan spektrofotometer fluoresensi yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada Gambar 3, intensitas fluoresensi maksimum yaitu 4.273 a.u pada λ 370 nm. Pada dasarnya, *probe* yang baik memiliki intensitas fluoresensi yang tinggi serta pergeseran stokes yang cukup lebar, hal ini untuk menghindari terjadinya interferensi pada lingkungan yang dideteksi apabila terdapat senyawa-senyawa pengganggu yang dapat berfluoresensi (Afrida, 2013).



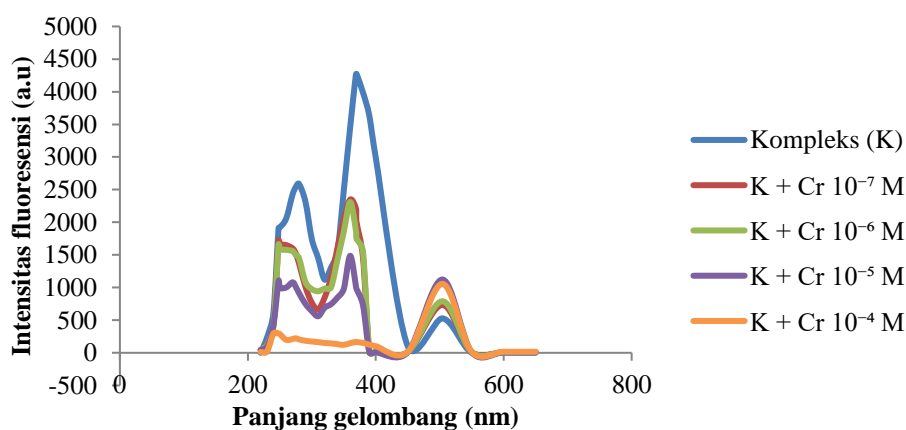
Gambar 3. Spektrum FTIR Senyawa Kompleks Dy dengan Ligan Turunan Pirazolin



Gambar 4. Hasil Pemindaian Panjang Gelombang Maksimum Larutan Ligan Pirazolin (jingga), Larutan Dy(NO₃)₃.6H₂O (abu), Larutan Senyawa Kompleks Dy³⁺ (biru)



Gambar 5. Spektrum Fluoresensi Senyawa Kompleks Terhadap Penambahan Ion Logam Berat Pb^{2+} Pada Rentang Konsentrasi 10^{-4} - 10^{-7} M



Gambar 6. Spektrum Fluoresensi Senyawa Kompleks Terhadap Penambahan Ion Logam Berat Cr^{3+} Pada Rentang Konsentrasi 10^{-4} - 10^{-7} M

Penambahan ion logam berat Pb^{2+} dan Cr^{3+} dilakukan pada rentang konsentrasi 10^{-4} M - 10^{-7} M ke dalam senyawa kompleks Dy 10^{-5} M dalam campuran metanol:kloroform (1:1). Penurunan atau peningkatan intensitas fluoresensi senyawa kompleks Dy ketika ditambahkan ion logam berat Pb^{2+} dan Cr^{3+} ditunjukkan oleh Gambar 5 dan 6. Penambahan ion logam berat baik Pb^{2+} maupun Cr^{3+} mengakibatkan intensitas fluoresensinya menurun. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh elektron yang berada pada tingkat energi tereksitasi, kembali ke keadaan dasar dengan melepaskan energi dalam bentuk fluoresensi (emisi radiatif) lebih kecil dibandingkan dengan elektron yang mengalami emisi non-radiatif (Lacowicz, 2006).

Pada Gambar 5, penambahan ion logam Pb^{2+} pada konsentrasi 10^{-6} M terjadi peningkatan intensitas fluoresensi yang disebabkan oleh *inner filter effect* (IFE) yaitu hubungan tidak linear

antara intensitas fluoresensi dan konsentrasi (Ding et al., 2017), sedangkan pada penambahan ion logam Pb^{2+} 10^{-4} - 10^{-5} M terjadi penurunan intensitas fluoresensi yang kemungkinan disebabkan oleh pergeseran puncak emisi pada panjang gelombang maksimum menghasilkan efek pemadaman (*quenching*) (Lacowicz, 2006). Hal ini menandakan bahwa senyawa kompleks ini berpotensi untuk dijadikan sebagai fluorosensor dengan tipe *on-off* untuk ion Pb^{2+} . Pada Gambar 6 terlihat perubahan intensitas fluoresensi seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion Cr^{3+} yang ditambahkan. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi memberikan pengaruh yang relatif besar pada sensitivitas sensor. Penambahan ion logam berat Cr^{3+} pada rentang konsentrasi 5×10^{-4} - 5×10^{-7} M mengalami penurunan intensitas fluoresensi. Selain itu, menurut Kamaluddin., et al (2020), sifat kemagnetan suatu logam berpengaruh pada

intensitas fluoresensi, ion logam Cr³⁺ merupakan logam paramagnetik yang lebih cenderung menurunkan intensitas fluoresensi. Oleh karena itu, senyawa kompleks ini berpotensi untuk dijadikan sebagai fluorosensor dengan tipe *off* untuk ion Cr³⁺.

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa senyawa kompleks ion logam Dy³⁺ dengan ligan turunan pirazolin berhasil disintesis yang dapat dilihat dari hasil analisis titik leleh senyawa kompleks yang lebih tinggi dibandingkan ligan, spektrum FTIR menunjukkan terbentuknya ikatan antara logam-ligan yaitu Dy-N, dan hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Visibel menunjukkan adanya pergeseran λ maksimum. Nilai absorptivitas molar senyawa kompleks yang tinggi menunjukkan bahwa intensitas fluoresensinya kuat, hal ini dapat dilihat dari studi fluoresensi yang menunjukkan bahwa senyawa kompleks Dy menghasilkan intensitas fluoresensi senilai 4273 a.u pada λ 370 nm. Senyawa kompleks ion logam Dy³⁺ dengan ligan turunan pirazolin ini berpotensi untuk digunakan sebagai sensor berbasis fluoresensi untuk ion logam berat Pb²⁺ tipe "turn-on-off" dan Cr³⁺ tipe "turn-off". Fluorosensor logam berat ini mampu mendeteksi keberadaan ion Pb²⁺ dan Cr³⁺ sampai konsentrasi yang cukup rendah yaitu 5×10^{-7} M.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti berterimakasih karena penelitian ini didanai oleh Yayasan Pakuan Siliwangi dan LPPM, Jalan Pakuan P.O. BOX 452, Bogor, 16144.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrida, M. (2013). Sintesis Senyawa Kompleks [Zn^{II}(4'-(2-thienyl)-2,2':6',2''-terpyridine)(NO₃)₂] dan Aplikasinya Sebagai Fluorosensor Logam Berat (Master's thesis). Universitas Indonesia, Depok.
- Al-jibouri, M. N., Jabbar, A. I., & Musa, T. M. (2018). Synthesis and characterization of chromium(III), molybdenum(II), nickel(II), palladium(II), and platinum(II) complexes, derived from mixed ligands of pyrazole and 2,2-bipyridine. *Oriental Journal of Chemistry*, 34(3), 1518–1525. <https://doi.org/10.13005/ojc/340343>
- Ameen, I., Tripathi, A. K., Siddiqui, A., Kapil, G., Pandey, S. S., & Tripathi, U. N. (2018). Synthesis, characterizations and photophysical properties of novel lanthanum(III) complexes. *Journal of Taibah University for Science*, 12(6), 796–808. <https://doi.org/10.1080/16583655.2018.1516028>
- Ding, P., Xia X., Lingli Z., Zengchun X., Qinghong Z., Jianmei J., and Guiying X. 2017. On-Off-On Fluorescent Oligomer as a Chemosensor For The Detection Of Manganese(VII), Sulfur(II), and Aldehydes Based On The Inner Filter Effect. *RSC Advances*. 7, 3051-3058.
- Hakim, Y.Z., & Agustino, Z. (2016). A Fluorescence Study of Pyrazole Derivative 2-(1,5-diphenyl-4,5-dihydro-1H-pyrazole-3-yl)pyridine Upon Addition of La³⁺ and Eu³⁺ Ions. *International Conference on Materials, Manufacturing and Mechanical Engineering*. ISBN: 978-1-60595-413-4.
- Hermawati, E.S., Suhartana., dan Taslimah. (2016). Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn(II)-8Hidroksokuinolin. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 19(3), 94-98.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60–72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>.
- Kamaluddin, A. F., Zulys, A., & Ivandini, T. A. (2020). Synthesis of lanthanum-perylene complex compounds as fluorosensors for selective detection of Cu²⁺ and Pb²⁺. *AIP Conference Proceedings*, 2242 (June). <https://doi.org/10.1063/5.0013011>
- Lakowicz, J.R. (2006a). *Principles of Fluorescence Spectroscopy* (3rd Ed). University of Maryland School of Medicine Baltimore: Maryland, USA.

- Lakowicz, J.R. (2006b). Principles of fluorescence spectroscopy. Springer Science & Business Media.
- Liu, M. J., Wu, S. Q., Li, J. X., Zhang, Y. Q., Sato, O., & Kou, H. Z. (2020). Structural Modulation of Fluorescent Rhodamine-Based Dysprosium(III) Single-Molecule Magnets. *Inorganic Chemistry, pubs.acs.org*.
<https://dx.doi.org/10.1021/acs.inorgchem.9b03105>.
- Melnikov, Andrey G. Bykov, Denis A. Varezchnikov, Alexey S. Sysoev, Victor V. Melnikov, Gennady V. (2022). Toward a Selective Analysis of Heavy Metal Salts in Aqueous Media with a Fluorescent Probe Array. *Sensors*, 22(4), 1465-1478.
- Muneera, M. S., & Joseph, J. (2016). Design, synthesis, structural elucidation, and pharmacological evaluation of metal complexes with pyrazoline derivatives. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 163, 57–68.
<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.08.010>
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118.
<https://doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806>
- Nasaruddin, N. H., Ahmad, S. N., Bahron, H., Rahman, N. M. M. A., & Yusof, N. S. M. (2021). Schiff bases and their la(III) complexes: Conventional and microwave-assisted synthesis, physicochemical and spectroscopic analysis. *Malaysian Journal of Chemistry*, 23(2), 91–101.
<https://doi.org/10.55373/mjchem.v23i2.1002>
- Syahputri, Y., Sutanto, S., & Kusumawardani, L. J. (2021). Synthesis of Ligand para-di-2-(1-phenyl-3-pyridyl-4,5-dihydro-1H-pyrazol-5-yl) benzene by Aldol Condensation Method. *Helium: Journal of Science and Applied Chemistry*, 1(1), 25–29.
<https://doi.org/10.33751/helium.v1i1.2953>
- Vidya Sagar Babu, S., Krishna Rao, K. S. V., & Lee, Y. I. (2017). Synthesis, characterization, luminescence and DNA binding properties of Ln (III)-Schiff base family. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 62(2), 3447–3453.
<https://doi.org/10.4067/S0717-97072017000200006>
- Wahyuni, S., & Pratiwi, R. (2019). Penggunaan Kemosensor Untuk Mendeteksi Ion Logam. *Farmaka*, 4(3).