



Preparasi dan Identifikasi Garam Tembaga(II): Sintesis $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ sebagai Garam Kompleks dan $[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ sebagai Garam Rangkap

Dwi Hermayantiningsih*, Universitas Palangka Raya

Muh. Supwatul Hakim, Universitas Palangka Raya

Tety Wahyuningsih Manurung, Universitas Palangka Raya

Irvan Maulana Fiqih, Universitas Palangka Raya

Laila Zahra, Universitas Palangka Raya

ABSTRACT

This study aims to compare the synthesis and characterization of the complex salt tetra ammine copper(II) sulfate monohydrate ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) with the double salt cupric ammonium sulfate hexahydrate ($[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$). The synthesis method involves crystallization from a solution of copper(II) sulfate pentahydrate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) with excess ammonia for the complex salt, and stoichiometric mixing with ammonium sulfate ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) for the double salt. The synthesis results show that the complex salt is dark blue due to d-d electronic transitions in the $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ion with a square planar geometry, while the double salt is light blue due to the octahedral environment of $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Solubility and stability tests against distilled water and concentrated NH_3 revealed that the complex salt is more susceptible to pH changes, resulting in a dark brown precipitate (Cu^0) when heated, whereas the double salt remains stable with a persistent light blue color. The synthesis yield of the double salt reached 91.765%, higher than that of the complex salt (75.804%), due to thermodynamic stability and resistance to dissociation. This study highlights the fundamental differences in the physicochemical properties of the two compounds, which are relevant for the application of copper-based materials in industry and coordination chemistry.

ARTICLE HISTORY

Submitted 02/06/2025

Revised 14/06/2025

Accepted 20/06/2025

KEYWORDS

Copper complex salts; tetraamminecopper(II) synthesis; copper double salts; Cu(II) coordination complexes; copper salt crystallography retry

CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ dwiherma@mipa.upr.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.11335>

1. PENDAHULUAN

Tembaga(II) (Cu^{2+}) termasuk dalam golongan logam transisi blok-d yang memiliki konfigurasi elektron $[\text{Ar}] 3d^9$ (Kusumawati & Wayan Dasna, 2022). Konfigurasi elektron d yang tidak terisi penuh memberikan sifat mampu membentuk senyawa koordinasi yang stabil dengan berbagai ligan (Reger et al., 2017). Sifat ini menjadikan tembaga(II) sangat penting dalam kimia anorganik dan material, terutama dalam sintesis senyawa kompleks dan garam rangkap. Kemampuannya berikatan dengan ligan seperti amonia (NH_3), air (H_2O), sulfat (SO_4^{2-}), serta anion lainnya memungkinkan pembentukan struktur yang beragam dengan sifat fisika-kimia yang unik (Hatimah, 2019). Senyawa tembaga(II) sering digunakan sebagai katalis (Sains & Ginting, 2009), pigmen (Musthofa et al., 2017), dan dalam sintesis senyawa koordinasi karena kemampuan ion Cu^{2+} untuk berikatan dengan ligan seperti amonia (NH_3) dan sulfat (SO_4^{2-}) (Krasnovskaya et al., 2020).

Garam kompleks adalah suatu jenis garam yang mengandung ion kompleks, yaitu ion logam yang terikat pada satu atau lebih ligan (molekul atau ion netral). Ligan ini berikatan dengan ion logam melalui ikatan kovalen koordinat. Garam kompleks dapat terbentuk dari anion kompleks atau kation kompleks. Sedangkan garam rangkap adalah senyawa kristalin yang terbentuk dari pencampuran dua garam sederhana dalam perbandingan stoikiometri tertentu dan mengkristal bersama dalam satu kisi kristal. Garam ini dapat terdisosiasi sempurna dalam air menjadi ion-ion penyusunnya (Rasmila, 2022).

Garam kompleks tembaga yang banyak digunakan adalah tetraamintembaga(II) sulfat ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$), yang berperan sebagai katalis dalam reaksi organik, seperti oksidasi senyawa hidrokarbon dan sintesis senyawa farmasi (Meijboom et al., 2025). Kompleks tembaga-ammonia juga digunakan dalam proses pelarutan selulosa untuk pembuatan rayon (serat sintesis), karena kemampuannya membentuk senyawa kompleks dengan polimer alami (Prianto et al., 2023). Selain itu, senyawa kompleks tembaga seperti tembaga(II) ftalosianin dimanfaatkan sebagai pigmen biru dan hijau pada cat, tinta, dan plastik karena stabilitas termal dan warna intens yang dihasilkan (Anghelone et al., 2015).



Sedangkan garam rangkap tembaga seperti amonium tembaga(II) sulfat ($[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$) banyak digunakan dalam elektroplating untuk melapisi logam dengan tembaga, meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan konduktivitas listrik (Ambo et al., 2020). Dalam bidang pertanian, garam rangkap tembaga berperan sebagai fungisida dan pestisida, misalnya dalam campuran Bordeaux ($\text{CuSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2$) yang digunakan untuk mengendalikan jamur pada tanaman (Ogunleye et al., 2020). Dengan demikian, baik garam kompleks maupun garam rangkap tembaga(II) memegang peranan krusial dalam perkembangan teknologi dan industri modern (Li et al., 2018).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian dan studi mengenai sintesis dan karakterisasi senyawa tembaga(II) penting dilakukan tidak hanya untuk memahami sifat koordinasi kimia, tetapi juga berguna dalam pengembangan material baru. Penelitian ini akan memberikan pemahaman mendalam tentang perbedaan sifat fisiko-kimia antara garam kompleks ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan garam rangkap ($[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$), termasuk mekanisme pembentukan, stabilitas, dan struktur. Hal ini penting dalam kimia anorganik, khususnya dalam studi senyawa koordinasi logam transisi.

Penelitian ini secara komprehensif bertujuan untuk melakukan analisis komparatif terhadap aspek sintesis dan karakterisasi antara garam kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dengan garam rangkap $[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$, dengan fokus utama pada elusidasi perbedaan mendasar dalam sifat fisiko-kimia kedua senyawa tembaga(II) tersebut. Selain itu penelitian ini juga mengidentifikasi perbedaan mendasar antara garam kompleks dan garam rangkap tembaga(II), khususnya dalam hal ikatan kimia, struktur kristal, dan perilaku dalam larutan.

Pemahaman mendalam tentang hubungan struktur-sifat ini diharapkan dapat mengungkap mekanisme pembentukan yang berbeda antara senyawa garam kompleks dengan senyawa garam rangkap, termasuk dinamika kesetimbangan larutan dan faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas masing-masing senyawa. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan material berbasis tembaga serta aplikasinya dalam bidang kimia anorganik dan material sains. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara penelitian dasar kimia koordinasi dengan aplikasi material inovatif berbasis tembaga.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan studi eksperimental dasar dengan pendekatan deskriptif-analitik karena menggabungkan metode eksperimen laboratorium dengan analisis komparatif untuk memahami sifat material.

2.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2025 di Laboratorium Prodi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya

2.3 Target/Subjek Penelitian

Target utama penelitian ini adalah dua senyawa tembaga(II) spesifik ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan $[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$) beserta proses sintesis dan karakterisasinya, dengan tujuan memahami perbedaan sifat dan mekanisme pembentukannya sebagai representasi dua kelas senyawa anorganik (garam kompleks dan garam rangkap).

Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi bunsen, tabung reaksi, rak tabung reaksi, penjepit tabung reaksi, corong gelas, cawan porselen, gelas ukur 10 mL, gelas beker 100 mL, pengaduk kaca, spatula, erlenmeyer 250 mL, kaca arloji, pipet tetes, pipet ukur 5 mL dan 10 mL, ball pipet, korek api, kompor listrik, neraca analitik, oven, dan desikator.

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Amonia (NH_3) pekat (13,35 M), akuades, Tembaga(II) sulfat penta hidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), etanol p.a, Amonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) dan kertas saring.

2.4 Prosedur

Proses sintesis garam kompleks dan garam rangkap menggunakan metode kristalisasi yaitu proses pembentukan bahan padat dari pengendapan larutan. Garam hasil sintesis kemudian diuji sifatnya dengan pengamatan fisik warna dan bentuk kristal, pengujian dalam larutan dan pemanasan. Garam yang telah dihasilkan dihitung rendemennya untuk mengukur keberhasilan sintesis serta mengevaluasi kelemahan dan kelebihan metode sintesis yang digunakan.

2.5 Sintesis garam kompleks tetra amin tembaga(II) sulfat monohidrat, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Diencerkan sebanyak 4 mL larutan ammonia 15 M dengan 2,5 mL aquades dalam gelas beker. Ditimbang 2,49 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan ditambahkan kristal tersebut kedalam ammonia. Selanjutnya ditambahkan 4 mL etanol p.a secara perlahan-lahan melalui dinding gelas beker sehingga tertutupi etanol kemudian didiamkan selama 1 jam. Kristal yang terbentuk kemudian dipisahkan melalui proses dekantasi, dilanjutkan dengan pemindahan kristal ke kertas saring. Proses pencucian dilakukan menggunakan 5 mL campuran ammonia-etanol (1:1 v/v) untuk menghilangkan pengotor yang terlarut, mempertahankan integritas kristal dan meningkatkan kemurnian produk. Kristal yang telah dicuci kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga mencapai berat konstan, kemudian disimpan dalam desikator selama 24 jam untuk menjamin penghilangan sisa pelarut secara sempurna.

2.5.1 Sintesis garam rangkap kupri ammonium sulfat heksahidrat, $[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$

Sintesis dilakukan dengan melarutkan 2,49 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan 1,32 gram $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam 5 mL aquades menggunakan gelas. Campuran garam tersebut kemudian dipanaskan secara perlahan menggunakan pada suhu $60-70^\circ\text{C}$ untuk memastikan kedua garam tetap stabil selama proses pelarutan. Pengadukan secara kontinu dengan batang pengaduk dilakukan selama pemanasan hingga diperoleh larutan jenuh berwarna biru yang homogen. Larutan jenuh ini kemudian didinginkan secara bertahap pada suhu ruang ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) selama 1 jam untuk memfasilitasi proses kristalisasi. Kristal garam rangkap yang terbentuk kemudian dipisahkan menggunakan teknik dekantasi. Produk kristalin selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam untuk menghilangkan air bebas, kemudian disimpan dalam desikator selama 24 jam untuk mencapai kondisi anhidrat sempurna. Tahap akhir meliputi penimbangan massa kristal kering yang dihasilkan.

2.5.2 Perbandingan sifat garam kompleks dan garam rangkap

1. Pengujian menggunakan aquades (H_2O)

Dimasukkan 0,1 gram $\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ke dalam tabung 1, selanjutnya dimasukkan 0,1 gram $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$ ke dalam tabung 2. Tambahkan masing-masing 5 mL aquades ke dalam tabung reaksi 1 dan 2 selanjutnya dikocok dan diamati perubahan yang terjadi. Panaskan tabung reaksi 1 dan 2, lalu diamati perubahan warna dan bau yang terbentuk.

2. Pengujian menggunakan ammonia (NH_3)

Dimasukkan 0,1 gram $\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ke dalam tabung 1, selanjutnya dimasukkan 0,1 gram $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4$ ke dalam tabung 2. Tambahkan masing-masing 5 mL NH_3 pekat ke dalam tabung reaksi 1 dan 2 selanjutnya dikocok dan diamati perubahan yang terjadi. Panaskan tabung reaksi 1 dan 2, lalu diamati perubahan warna dan bau yang terbentuk.

2.6 Teknik Analisis Data

Perhitungan rendemen dalam penelitian dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi reaksi dengan membandingkan massa produk yang diperoleh secara eksperimen terhadap massa produk yang dihitung secara teoritis. Rendemen (%) dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{Massa kristal hasil}}{\text{Massa kristal teoritis}} \times 100\% \quad (1)$$

Massa kristal teoritis ditentukan berdasarkan stoikiometri reaksi dan massa reaktan pembatas, sedangkan massa kristal hasil eksperimen diperoleh dari penimbangan produk kering setelah pemurnian. Hasil perhitungan rendemen ini menjadi indikator kualitatif keberhasilan sintesis dan kemurnian produk, serta digunakan untuk optimasi kondisi reaksi pada penelitian selanjutnya.

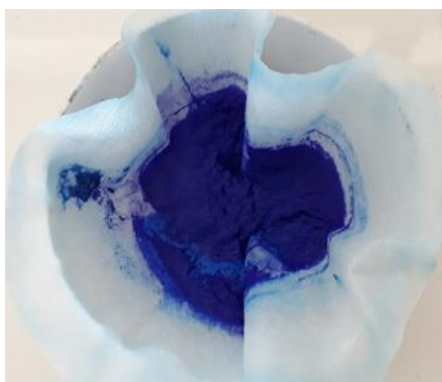
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sintesis garam kompleks tetra amin tembaga(II) sulfat monohidrat, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Proses sintesis garam kompleks tetra amin tembaga(II) sulfat monohidrat, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dilakukan melalui pencampuran larutan amonia 13,35 M dengan aquades dalam gelas beker. Penambahan kristal tembaga sulfat penta hidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ke dalam larutan ammonia dilakukan secara bertahap sambil diaduk konstan hingga diperoleh larutan homogen berwarna biru tua yang menunjukkan pembentukan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$. Pemanasan secara perlahan memastikan kedua garam tetap stabil selama proses pelarutan. Sedangkan pengadukan secara kontinu bertujuan untuk menghindari supersaturasi lokal yang bisa memicu pembentukan kristal tidak merata. Warna awal kristal $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ adalah biru cerah (Fitrony et al., 2013). Reaksi yang terjadi dalam proses ini adalah:

Berdasarkan reaksi diatas, terbentuknya ion kompleks tetraaminakuprat(II), $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, merupakan hasil dari reaksi koordinasi antara ion tembaga(II) (Cu^{2+}) yang berasal dari disosiasi tembaga(II) sulfat penta hidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dalam larutan dan ligan amonia (NH_3) yang bersifat monodentat. Proses ini melibatkan substitusi ligan air (H_2O) yang terkoordinasi dengan ion Cu^{2+} dalam keadaan hidrat menjadi ligan amonia. Perubahan warna larutan dari biru muda (karena adanya $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$) menjadi biru tua intensif menandakan keberhasilan pembentukan kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$, yang lebih stabil akibat konstanta pembentukan kompleks (K_f) yang tinggi dan efek medan ligan yang kuat dari amonia

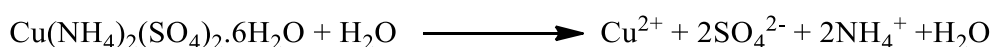
Proses kristalisasi diinduksi dengan penambahan etanol secara perlahan melalui dinding gelas beker untuk meminimalkan gangguan pada larutan, kemudian sistem dibiarkan tertutup selama 1 jam tanpa agitasi untuk memungkinkan nukleasi dan pertumbuhan kristal optimal (A. Rasyidi Fachry, Juliyadi Tumanggor, 2008). Kristal yang terbentuk kemudian dipisahkan melalui filtrasi menggunakan kertas saring, menghasilkan filtrat berwarna biru tua yang menunjukkan masih adanya ion kompleks dalam larutan. Proses pemurnian dilakukan dengan mencuci kristal menggunakan campuran etanol-ammonia (1:1 v/v) untuk menghilangkan pengotor yang mungkin teradsorpsi pada permukaan kristal. Produk akhir yang diperoleh setelah pengeringan memiliki massa 1,861 gram dengan karakteristik warna biru tua yang khas untuk senyawa kompleks tembaga(II)-ammonia. Warna ini disebabkan oleh transisi elektronik d-d pada ion pusat Cu^{2+} dalam lingkungan ligan amonia dengan geometri koordinasi bujur sangkar.



Gambar 1: Kristal garam kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ hasil sintesis

3.2 Sintesis garam rangkap kupri ammonium sulfat heksahidrat, $[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$

Proses sintesis garam rangkap kupri amonium sulfat heksahidrat ini menggunakan metode pemanasan disertai dengan pendinginan larutan. Sintesis dilakukan dengan mencampurkan kristal $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan kristal ammonium sulfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ yang dilarutkan dalam akuades. Garam rangkap kupri ammonium sulfat heksahidrat dikristalisasi melalui pemanasan terkontrol. Proses ini melibatkan reaksi kimia antara ion kupri (Cu^{2+}) dengan ion ammonium (NH_4^+) dan sulfat (SO_4^{2-}), yang kemudian mengkristal menjadi garam rangkap heksahidrat. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Fungsi pemanasan dalam sintesis garam rangkap adalah memastikan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ terdisosiasi sempurna dalam air menjadi Cu^{2+} dan SO_4^{2-} serta memfasilitasi supaya terjadi pencampuran hingga homogen dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Larutan dipanaskan secara perlahan ($60-80^\circ\text{C}$) untuk menguapkan air berlebih dan mendorong pembentukan kristal. Pemanasan membantu mengurangi kelarutan garam, sehingga memicu supersaturasi dan nukleasi kristal. Setelah mencapai larutan homogen, kemudian didinginkan selama ± 1 jam untuk memfasilitasi pertumbuhan kristal. Kristal yang terbentuk disaring kemudian di oven pada suhu 100°C hingga kering dan disimpan dalam desikator selama 24 jam hingga berat

konstan. Kristal yang dihasilkan berwarna biru muda dengan berat kristal garam rangkap yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 3,666 gram.



Gambar 2: Kristal garam rangkap $\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hasil sintesis

Warna biru muda pada garam rangkap ini adalah manifestasi dari geometri koordinasi oktahedral ion Cu^{2+} yang dikelilingi ligan H_2O dan SO_4^{2-} , dengan energi transisi $d-d$ yang khas. Perbedaan intensitas warna dibandingkan garam kompleks tetra amin tembaga(II) sulfat monohidrat (biru tua) disebabkan oleh kekuatan medan ligan yang berbeda.

(cahaya, O_2), dan anomali pada proses nukleasi akibat geometri kompleks yang tidak simetris.

3.3 Rendemen kristal

Rendemen kristal dalam sintesis garam rangkap dan garam kompleks dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor termodinamika, kinetika, dan teknis, dengan karakteristik yang berbeda untuk masing-masing senyawa. Rendemen adalah persentase perbandingan antara massa kristal aktual yang berhasil diperoleh dari percobaan dengan massa kristal teoritis yang seharusnya terbentuk berdasarkan perhitungan stoikiometri reaksi, kemudian dikalikan dengan 100% (Megawati & Kurniawan, 2015). Massa kristal teoritis garam kompleks dan garam rangkap diperoleh melalui perhitungan stoikiometri reaksi berdasarkan persamaan kimia yang setara dan reagen pembatas yang digunakan. Sedangkan massa kristal hasil diperoleh dari berat kristal konstan hasil sintesis.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diperoleh rendemen sintesis garam kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ adalah 75,804% dan rendemen sintesis garam rangkap $\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ adalah 91,765%. Rendemen garam kompleks umumnya lebih rendah karena adanya kesetimbangan disosiasi kompleks, sensitivitas terhadap kondisi lingkungan (cahaya, O_2), dan anomali pada proses nukleasi akibat geometri kompleks yang tidak simetris.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

Dalam penelitian ini, berhasil disintesis dua senyawa tembaga(II) dengan karakteristik yang berbeda. Garam kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ terbentuk dengan rendemen 75,804% dan menunjukkan warna biru tua yang khas, disebabkan oleh adanya ion kompleks $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ yang stabil. Di sisi lain, garam rangkap $[\text{Cu}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ menghasilkan kristal berwarna biru muda dengan rendemen lebih tinggi sebesar 91,765%, dimana warna ini berasal dari lingkungan oktahedral $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ dengan pengaruh medan ligan sulfat. Analisis komparatif menunjukkan perbedaan sifat yang signifikan antara kedua senyawa: garam rangkap memiliki stabilitas yang lebih tinggi terhadap perubahan pH dan reaksi redoks, sementara garam kompleks cenderung lebih reaktif karena sifat ligan NH_3 yang labil dan kemampuannya untuk berpartisipasi dalam reaksi redoks.

4.2 Saran

Perlu dilakukan analisis lebih mendalam menggunakan teknik karakterisasi seperti XRD dan spektroskopi serapan atom (AAS) untuk memvalidasi kemurnian dan struktur kristal, serta eksplorasi aplikasi kedua senyawa dalam bidang material fungsional. Selain itu pengembangan penelitian juga dapat dilakukan dengan **eksplorasi ligan alternatif** guna memperoleh kompleks tembaga dengan stabilitas termal dan reaktivitas lebih baik. Potensi aplikasi penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan material tembaga bernilai tambah tinggi yang menjawab kebutuhan industri sekaligus isu keberlanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ambo, A., Glassa, H., & Peng, C. (2020). Electrodeposition Behaviour of Copper From ore Leachate and Copper Ammonium Sulphate. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 55(3), 229–236. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v55i3.49397>
- Anghelone, M., Jembrih-Simbürger, D., & Schreiner, M. (2015). Identification of Copper Phthalocyanine Blue Polymorphs in Unaged and Aged Paint Systems by Means of Micro-Raman Spectroscopy and Random Forest. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 149, 419–425. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.04.094>
- Hatimah, H. (2019). Pengaruh Ion Hg(II) Terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Cu(II) Terkatalisis TiO₂ dalam Limbah Cair Industri Kerajinan Perak di Desa Ungga Kec. Praya Lombok Tengah. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 6(1), 75. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v6i1.1602>
- Krasnovskaya, O., Naumov, A., Guk, D., Gorelkin, P., Erofeev, A., Beloglazkina, E., & Majouga, A. (2020). Copper Coordination Compounds as Biologically Active Agents. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(11), 3965. <https://doi.org/10.3390/ijms21113965>
- Kusumawati, L., & Wayan Dasna, I. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Ion Tembaga(II) dengan Ligan Ion Tiosianat dan Isokuinolina. *Universitas Negeri Malang*, 2(Ii), 1–10.
- Li, H., Wang, K., Cheng, S., & Jiang, K. (2018). Controllable Electrochemical Synthesis of Copper Sulfides as Sodium-Ion Battery Anodes with Superior Rate Capability and Ultralong Cycle Life. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 10(9), 8016–8025. <https://doi.org/10.1021/acsami.7b19138>
- Megawati, & Kurniawan, R. D. (2015). Ekstraksi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis (Citrus Sinensis) Dengan Metode Vacuum Microwave Assisted Hydrodistillation. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), 14–20. <https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4143>
- Meijboom, R., Iroegbu, A. O. C., & Ray, S. S. (2025). Advancing Cancer Therapy: The Role of Silver(I) Phosphine Complexes in Overcoming Resistance and Toxicity. *Discover Oncology*, 16(1). <https://doi.org/10.1007/s12672-025-02657-2>
- Musthofa, S. A. F., Yulianto, A., & Aji, M. P. (2017). Sintesis Pigmen Magnetik Copper Ferrite (CuFe₂O₃) Berbahan Dasar Pasir Besi Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Unnes Physics Journal*, 5(2), 14–20.
- Ogunleye, I. O., Taiwo, O., & Olu-Owolabi, B. (2020). Comparative Study on The Availability, Impact, Fate and Mobility of Copper in The Soil of Cocoa Plantations in Oyo, Ondo And Ogun States of Nigeria Due to The Use of Boudreaux Mixture. *Journal of Physical Science and Environmental Studies*, 6(1), 1–10. https://doi.org/10.36630/jpses_18033
- Prianto, C. I., Aziz, R. A., & Dermawan, D. (2023). Pembuatan dan Pengaplikasian Scavenger Formaldehyde dengan Menggunakan Larutan Kompleks [Cu (NH₃)₄] SO₄.
- Rasmila. (2022). Pelatihan Pembuatan Garam Kompleks Tetraamin Copper (II) Sulfat Monohidrat (CU(NH₃)₄SO₄.H₂O dan Garam Rangkap. *BARAKATI: Journal of Community Service*, 1(1), 1–9.
- Reger, D. L., Pascui, A. E., Foley, E. A., Smith, M. D., Jezierska, J., Wojciechowska, A., Stoian, S. A., & Ozarowski, A. (2017). Dinuclear Metallacycles with Single M-X-M Bridges (X = Cl-, Br-; M = Fe(II), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II)): Strong Antiferromagnetic Superexchange Interactions. *Inorganic Chemistry*, 56(5), 2884–2901. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.6b02933>
- Sains, J. P., & Ginting, T. (2009). Oksidasi Glukosa dengan Molekul Oksigen Menggunakan Katalis Paladium (II) Klorida, Tembaga (II) Klorida dan Asam Format dalam Pelarut Asetat. 2009(C), 33–37.