

## Sintesis dan Karakterisasi Kualitatif Senyawa Kompleks Diammintembaga(II) Diklorida [Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>] Melalui Metode Kristalisasi dan Uji Pengendapan AgNO<sub>3</sub>

Ridha Salsabilah<sup>1</sup> Arpah Rangkuti<sup>2</sup> Dermawati Napitupulu<sup>3</sup> Deola Agnes Nadeak<sup>4</sup> Iis Siti Jahro<sup>5</sup>

Pendidikan Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia<sup>1,2,3,4,5</sup>

Email: [ridhasalabilah08@gmail.com](mailto:ridhasalabilah08@gmail.com)<sup>1</sup> [arpahrangkuti95@gmail.com](mailto:arpahrangkuti95@gmail.com)<sup>2</sup> [dermawatinapitupulu3@gmail.com](mailto:dermawatinapitupulu3@gmail.com)<sup>3</sup> [saingdeola@gmail.com](mailto:saingdeola@gmail.com)<sup>4</sup> [jahroiist@gmail.com](mailto:jahroiist@gmail.com)<sup>5</sup>

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mensintesis dan mengkarakterisasi senyawa kompleks Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>. Sintesis dilakukan melalui reaksi CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O dengan NH<sub>3</sub> 6 M. Proses sintesis meliputi pelarutan CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O dalam air suling, penambahan bertahap NH<sub>3</sub>, kristalisasi melalui penguapan dan penambahan etanol, serta pemisahan dan pengeringan kristal. Karakterisasi menggunakan uji pengendapan AgNO<sub>3</sub> untuk memverifikasi keberadaan ion Cl<sup>-</sup>. Diperoleh kristal biru kehijauan seberat 0,66 gram dengan rendemen 39,29% dari massa teoritis 1,68 gram. Transisi warna dari biru tua ke biru pekat dijelaskan oleh Teori Medan Kristal (CFT), di mana perbedaan ligan NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>O menyebabkan variasi pemisahan energi orbital d, sehingga mengubah panjang gelombang cahaya yang diserap ion Cu<sup>2+</sup>. Uji AgNO<sub>3</sub> memvalidasi keberadaan ion Cl<sup>-</sup> dalam struktur kompleks, mengonfirmasi keberhasilan sintesis. Penelitian ini memberikan data penting mengenai teknik sintesis dan sifat fisikokimia kompleks Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>.

**Kata Kunci:** Senyawa kompleks, diammintembaga(II) diklorida, kristalisasi, uji AgNO<sub>3</sub>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

### PENDAHULUAN

Senyawa kompleks adalah suatu senyawa yang tersusun dari atom pusat dan ligan. Pembentukan senyawa kompleks terjadi akibat adanya ikatan antara ligan yang berperan sebagai basa lewis dengan logam (atom pusat) yang berperan sebagai asam lewis (Pramudita et al., 2024). Pendekatan ini membantu memahami pembentukan senyawa yang tidak dapat dijelaskan secara memadai hanya dengan teori ikatan ionik maupun kovalen sederhana (Kusumawati et al., 2022). Sifat dan karakteristik senyawa kompleks dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis logam pusat, jenis ligan, bilangan koordinasi, serta geometri kompleks yang terbentuk, yang berkaitan erat dengan jumlah dan susunan ligan di sekitar atom pusat. Ligan dapat berupa molekul netral atau ion yang diklasifikasikan sebagai monodentat, bidentat, maupun polidentat berdasarkan jumlah atom donor (Indriyanti, 2022). Variasi bilangan koordinasi membentuk kompleks dengan bilangan koordinasi 3,4,5 dengan berbagai ligan dapat membentuk geometri datar, tetrahedral terdistorsi, trigonal bipiramid, dan oktahedral (Maulana et al., 2024).

Tembaga(II) (Cu<sup>2+</sup>) termasuk dalam golongan logam transisi blok-d yang memiliki konfigurasi elektron [Ar] 3d<sup>9</sup> kemampuannya berikatan dengan ligan seperti amonia (NH<sub>3</sub>), air (H<sub>2</sub>O), sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), serta anion lainnya memungkinkan pembentukan struktur yang beragam dengan sifat fisika-kimia yang unik. Senyawa tembaga(II) sering digunakan sebagai katalis pigmen dan dalam sintesis senyawa koordinasi karena kemampuan ion Cu<sup>2+</sup> untuk berikatan dengan ligan seperti amonia (NH<sub>3</sub>) dan sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). 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 (Hermayantingsih & Raya, 2025). Kompleks tembaga(II) diketahui memiliki perilaku transfer elektron yang khas dalam berbagai sistem reaksi (Naimi & Scholar, 2025). Senyawa kompleks diammintembaga (II)

diklorida,  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ , merupakan salah satu kompleks tembaga (II) yang memiliki struktur khas. Studi menunjukkan bahwa kompleks tembaga dengan ligan klorida dan ligan donor nitrogen dapat membentuk struktur yang stabil dengan variasi geometri tertentu (Golobič et al., 2024). Selain itu, kajian spektroskopi menunjukkan bahwa kompleks berbasis amina memiliki karakteristik struktur yang khas dan dapat dianalisis melalui pendekatan vibrasi (Košek et al., 2023).

Sintesis senyawa kompleks tembaga (II) umumnya dilakukan melalui metode reaksi dalam larutan yang diikuti dengan proses kristalisasi untuk memperoleh produk dalam bentuk padatan (Kusumawati et al., 2022). Proses kristalisasi yang berlangsung secara perlahan memungkinkan terbentuknya kristal dengan kualitas yang lebih baik sehingga mendukung proses karakterisasi struktur. Karakterisasi senyawa kompleks dapat dilakukan dengan berbagai metode, baik secara instrumentasi maupun secara kualitatif. Kajian struktur dan sifat kompleks logam dapat dianalisis melalui pendekatan spektroskopi dan difraksi untuk memahami interaksi ligan dengan logam pusat (Basin et al., 2023). Pengujian keberadaan ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) menggunakan  $\text{AgNO}_3$  juga telah dilakukan, dan menghasilkan endapan putih  $\text{AgCl}$ . Hal ini menunjukkan bahwa senyawa kompleks hasil sintesis memiliki kecenderungan bersifat ionik yang mengandung ion klorida, sebagai anion pengimbang (Arah & Depan, 2023). Meskipun penelitian mengenai kompleks tembaga (II) telah banyak dilakukan, sebagian besar masih berfokus pada analisis struktur menggunakan teknik instrumentasi modern (Košek et al., 2023). Penelitian yang metode sintesis sederhana melalui kristalisasi dengan karakterisasi kualitatif masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks pembelajaran laboratorium (Kusumawati et al., 2022) kajian mengenai perbedaan peran ion klorida sebagai ligan dan sebagai ion luar koordinasi dalam sistem kompleks masih belum banyak dibahas secara aplikatif (Golobič et al., 2024).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Neraca analitik, Gelas beaker 100 mL, Gelas beaker 250 mL, Gelas ukur 50 mL, Batang pengaduk, Pipet tetes, Corong kaca, Kertas saring, Erlenmeyer 100 mL, Kaca arloji, Hot plate, Desikator, dan Termometer  $100^\circ \text{C}$ . Kemudian adapun bahan-bahan yang digunakan yaitu Tembaga (II) klorida dengan rumus kimia  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dengan konsentrasi 0,01 mol berfasa padat, berwarna hijau kebiruan, dengan jumlah 1,70 gram, lalu larutan amonia dengan rumus kimia  $\text{NH}_3$ , dengan konsentrasi 6 M, berfasa cair, tidak berwarna, dengan jumlah 10-15 mL, kemudian aquades dengan rumus kimia  $\text{H}_2\text{O}$ , tanpa konsentrasi tertentu, berfasa cair, tidak berwarna, dengan jumlah 20 mL. dan etanol dengan rumus kimia  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , dengan konsentrasi 90%, berfasa cair, tidak berwarna, dengan jumlah 10 mL.

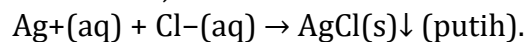
### Prosedur Sintesis

Sintesis dilakukan dalam empat tahap utama. Tahap pertama, pelarutan: sebanyak 1,70 g  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (0,01 mol) ditimbang menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL. Ditambahkan 20 mL aquades dan diaduk menggunakan batang pengaduk hingga padatan larut sempurna membentuk larutan berwarna biru tua, yang mengindikasikan keberadaan ion  $\text{Cu}^{2+}$  tersolvasi dalam bentuk  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ . Tahap kedua, pembentukan kompleks: larutan  $\text{NH}_3$  6 M ditambahkan secara perlahan tetes demi tetes ke dalam larutan  $\text{CuCl}_2$  sambil diaduk. Pada penambahan awal, terbentuk endapan biru muda  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  akibat reaksi antara ion  $\text{OH}^-$  (hasil ionisasi parsial  $\text{NH}_3$  dalam air) dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$ . Penambahan  $\text{NH}_3$  dilanjutkan hingga berlebih sehingga endapan larut kembali dan larutan berubah menjadi biru tua pekat, menandakan terbentuknya ion kompleks  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ . Tahap

ketiga, kristalisasi: larutan kompleks dipanaskan di atas hot plate pada suhu 50–60°C hingga volume berkurang menjadi sekitar setengahnya. Setelah itu larutan didinginkan pada suhu ruang tanpa gangguan. Etanol 90% kemudian ditambahkan secara perlahan tetes demi tetes melalui dinding gelas beker hingga seluruh permukaan larutan tertutup lapisan etanol. Penambahan etanol sebagai anti-pelarut menurunkan kelarutan kompleks sehingga mendorong pembentukan kristal. Tahap keempat, pemisahan dan pengeringan: kristal yang terbentuk disaring menggunakan corong kaca berlapis kertas saring, dicuci dengan etanol 96% untuk menghilangkan sisa pengotor, kemudian dikeringkan di dalam desikator pada suhu ruang hingga diperoleh massa konstan. Massa kristal kering ditimbang untuk penentuan rendemen.

### Prosedur Karakterisasi

Karakterisasi fisik kristal dilakukan melalui pengamatan organoleptik untuk menentukan warna dan morfologinya. Semua perubahan warna yang terjadi selama proses sintesis dicatat sebagai data kualitatif. Uji pengendapan ion klorida digunakan untuk menguji karakterisasi kimia 0,1 g produk kristal dilarutkan dalam 5 mL aquades. Sambil diaduk, beberapa tetes ditambahkan ke larutan AgNO<sub>3</sub> 0,1 M dengan pipet tetes. Terbentuknya endapan putih AgCl adalah bukti positif keberadaan ion Cl<sup>-</sup>, menurut reaksi berikut:



### Penentuan Rendemen

Perhitungan rendemen dilakukan dengan membandingkan massa produk yang diperoleh secara langsung dari hasil percobaan dengan massa teoritis yang ditentukan melalui perhitungan stoikiometri. Persentase rendemen dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\% \text{ rendemen} = (\text{massa praktikum} / \text{massa teoritis}) \times 100\%$$

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Jumlah mol CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O yang digunakan :

Massa CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O = 1,70 gram

Mr CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O = 170,5 g / mol

Mol CuCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O :

$$n = \frac{m}{Mr} = \frac{1,70}{170,5} = 0,00997 \text{ mol}$$

Massa teoritis kompleks Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>

Mr Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> = 168,5 g/mol

Massa teoritis :

$$m = n \times 168,5 = 1,68 \text{ gram}$$

Massa kristal yang diperoleh 0,66 gram

Rendemen Sintesis :

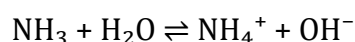
Rendemen ( % ) = ( massa hasil / massa teoritis ) x 100%

$$= \left( \frac{0,66}{1,68} \right) \times 100\% = 39,29$$

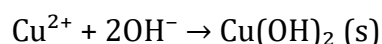
Sintesis kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$  menghasilkan kristal biru kehijauan dengan massa 0,66 gram. Berdasarkan perhitungan, massa teoritis sebesar 1,68 gram sehingga diperoleh rendemen 39,29%. Hasil ini menunjukkan sintesis berlangsung cukup baik meskipun masih terdapat kehilangan hasil selama proses. Pada praktikum ini dilakukan sintesis senyawa kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$  menggunakan bahan dasar  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  yang direaksikan dengan amonia ( $\text{NH}_3$ ). Pada tahap awal,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam air sehingga terdisosiasi menjadi ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan  $\text{Cl}^-$ . Larutan yang terbentuk berwarna biru akibat adanya ion  $\text{Cu}^{2+}$  dalam medium air. Penambahan larutan amonia menyebabkan terbentuknya kompleks antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  dengan ligan  $\text{NH}_3$ . Hal ini ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi biru kehijauan yang menunjukkan terbentuknya kompleks amina tembaga(II). Selanjutnya, larutan mengalami proses kristalisasi sehingga diperoleh padatan kompleks.

Rendemen yang diperoleh sebesar 39,29% menunjukkan bahwa hasil sintesis kurang maksimal. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kehilangan zat saat penyaringan, proses pencucian kristal, atau adanya produk yang masih larut dalam pelarut. Selain itu, reaksi yang tidak berlangsung sempurna juga dapat menjadi penyebab rendahnya rendemen. Secara kimia, pembentukan kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$  melibatkan interaksi antara ion  $\text{Cu}^{2+}$  sebagai asam Lewis dengan molekul  $\text{NH}_3$  sebagai basa Lewis yang menyumbangkan pasangan elektron bebasnya untuk membentuk ikatan koordinasi. Reaksi pembentukan kompleks dapat dituliskan sebagai:  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$ . Kompleks kation ini kemudian berasosiasi dengan ion  $\text{Cl}^-$  membentuk senyawa netral  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$ . Menurut teori medan kristal, warna yang muncul pada kompleks disebabkan oleh transisi elektron d-d pada ion logam pusat. Ketika ligan  $\text{NH}_3$  berikatan dengan  $\text{Cu}^{2+}$ , terjadi pemisahan tingkat energi orbital d sehingga elektron dapat menyerap energi cahaya tampak dan menghasilkan warna khas. Struktur kompleks  $\text{Cu}(\text{II})$  umumnya berbentuk planar atau oktahedral terdistorsi akibat efek Jahn-Teller, yang juga mempengaruhi sifat optik dan stabilitas kompleks yang terbentuk.

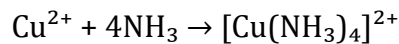
Sintesis senyawa kompleks tembaga(II) pada penelitian ini dilakukan melalui reaksi antara tembaga(II) klorida dihidrat ( $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan amonia yang berperan sebagai ligan pembentuk kompleks. Pada tahap awal, sebanyak 1,70 gram  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam 20 mL aquades sambil dilakukan pengadukan hingga padatan terdispersi dan larut secara homogen. Aquades berfungsi sebagai medium pelarut yang memungkinkan senyawa garam tembaga mengalami disosiasi menjadi ion-ion penyusunnya di dalam larutan. Ketika  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam air, senyawa tersebut akan terionisasi menghasilkan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan ion  $\text{Cl}^-$ . Ion tembaga(II) yang terbentuk selanjutnya akan berinteraksi dengan molekul air di sekitarnya sehingga membentuk kompleks akua  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ . Kompleks ini memberikan warna biru pada larutan yang merupakan ciri khas dari ion tembaga(II) dalam medium berair. Tahap berikutnya adalah penambahan larutan amonia ( $\text{NH}_3$ ) secara bertahap ke dalam larutan tembaga sambil terus dilakukan pengadukan. Penambahan amonia pada sistem ini memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai basa lemah yang dapat menghasilkan ion hidroksida serta sebagai ligan yang mampu berkoordinasi dengan ion logam pusat. Didalam larutan berair, sebagian molekul amonia akan bereaksi dengan air membentuk ion amonium dan ion hidroksida melalui reaksi kesetimbangan:



Ion hidroksida yang terbentuk kemudian bereaksi dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dalam larutan sehingga menghasilkan endapan biru muda berupa tembaga(II) hidroksida yang memiliki kelarutan rendah dalam air.



Pembentukan endapan tersebut menunjukkan bahwa ion tembaga telah bereaksi dengan ion hidroksida yang berasal dari ionisasi amonia dalam larutan (Hermayantiningih & Raya, 2025). Namun demikian, ketika amonia ditambahkan dalam jumlah yang lebih besar, endapan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  yang sebelumnya terbentuk akan kembali larut. Hal ini terjadi karena molekul amonia bertindak sebagai ligan yang mampu mendonorkan pasangan elektron bebas pada atom nitrogen kepada ion  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga terbentuk ikatan koordinasi. Interaksi tersebut menghasilkan ion kompleks tetraamminetembaga(II) dengan rumus  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ .



Terbentuknya kompleks ini ditandai dengan perubahan warna larutan dari biru muda menjadi biru tua yang lebih intens. Perubahan warna tersebut berkaitan dengan perubahan lingkungan koordinasi di sekitar ion logam pusat. Pergantian ligan dari molekul air menjadi molekul amonia menyebabkan perubahan tingkat energi orbital d pada ion  $\text{Cu}^{2+}$  sehingga mempengaruhi panjang gelombang cahaya yang diserap oleh kompleks tersebut. Larutan kompleks yang telah terbentuk kemudian dipanaskan menggunakan hotplate pada suhu sekitar 50-60 °C selama 5-10 menit. Pemanasan ini bertujuan untuk mengurangi volume pelarut sehingga konsentrasi larutan meningkat dan kondisi larutan mendekati keadaan jenuh. Peningkatan tingkat kejenuhan larutan akan mempermudah proses pembentukan kristal pada tahap selanjutnya. Proses pemanasan dilakukan secara hati-hati untuk mencegah terjadinya pendidihan yang terlalu kuat karena suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sebagian amonia menguap dari larutan sehingga berpotensi menurunkan kestabilan kompleks yang telah terbentuk.

Setelah proses pemanasan selesai, larutan dibiarkan mendingin secara perlahan pada suhu ruang. Pendinginan yang berlangsung secara bertahap memungkinkan partikel-partikel dalam larutan menyusun diri membentuk inti kristal yang stabil. Pada tahap selanjutnya ditambahkan sekitar 10 mL etanol ke dalam larutan. Penambahan etanol berfungsi sebagai antisolven yang dapat menurunkan kelarutan kompleks tembaga di dalam larutan. Karena etanol memiliki kepolaran yang lebih rendah dibandingkan air, keberadaannya akan mengurangi kemampuan pelarut dalam mempertahankan kompleks dalam keadaan terlarut sehingga kompleks tembaga lebih mudah mengalami proses kristalisasi. Kristal yang terbentuk kemudian dipisahkan dari larutan melalui proses filtrasi menggunakan corong dan kertas saring. Setelah proses penyaringan selesai, kristal dicuci menggunakan sedikit etanol dingin untuk menghilangkan sisa larutan induk serta pengotor yang masih menempel pada permukaan kristal. Penggunaan etanol dingin pada tahap pencucian bertujuan untuk mencegah kristal yang telah terbentuk larut kembali selama proses pencucian. Selanjutnya kristal dikeringkan di dalam desikator sehingga sisa pelarut dapat menguap secara perlahan dan diperoleh kristal yang lebih kering serta stabil.

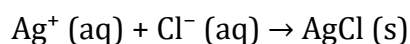
Kristal yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan warna hijau toska. Perbedaan warna antara larutan kompleks yang berwarna biru tua dan kristal yang berwarna hijau toska berkaitan dengan perubahan lingkungan koordinasi di sekitar ion  $\text{Cu}^{2+}$  pada fase padat. Pada larutan, ion tembaga terutama berkoordinasi dengan ligan amonia, sedangkan pada saat proses kristalisasi kemungkinan terjadi interaksi tambahan dengan ion klorida maupun molekul air kristal sehingga mempengaruhi sifat optik senyawa kompleks yang terbentuk. Fenomena ini dapat dijelaskan berdasarkan teori medan ligan (Pf et al., 2024) di mana ion  $\text{Cu}^{2+}$  sebagai logam transisi memiliki orbital d yang belum terisi penuh. Ketika ligan berkoordinasi dengan ion logam pusat, orbital d akan mengalami pemisahan tingkat energi sehingga elektron dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu dalam spektrum tampak. Cahaya yang tidak diserap akan dipantulkan sehingga menghasilkan warna tertentu pada senyawa

kompleks. Dengan demikian, variasi warna yang muncul pada kompleks tembaga dapat dipengaruhi oleh jenis ligan yang berikatan dengan ion logam pusat, jumlah molekul air kristal, serta kondisi kristalisasi selama proses sintesis. Pada kondisi tertentu, kompleks tembaga dapat menunjukkan warna biru tua, biru kehijauan, maupun hijau toska. Selain itu, pembentukan senyawa kompleks ini juga dapat dijelaskan menggunakan teori koordinasi Werner (Werner et al., 2023) yang menyatakan bahwa ion logam pusat memiliki bilangan koordinasi tertentu yang menunjukkan jumlah ligan yang dapat berikatan langsung dengan logam tersebut. Dalam kompleks tetraamminetembaga(II), empat molekul amonia berikatan langsung dengan ion  $\text{Cu}^{2+}$  melalui pasangan elektron bebas pada atom nitrogen sehingga terbentuk ikatan koordinasi yang relatif stabil.

Selama proses sintesis berlangsung, beberapa faktor dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Jumlah amonia yang ditambahkan merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan pembentukan kompleks. Jika amonia yang ditambahkan terlalu sedikit, endapan  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  tidak akan larut kembali sehingga kompleks amina tidak terbentuk secara optimal. Sebaliknya, penambahan amonia yang berlebihan dapat menyebabkan sebagian amonia menguap selama proses pemanasan sehingga kestabilan kompleks dapat berkurang. Selain itu, pemanasan yang terlalu kuat dapat menyebabkan kehilangan amonia dari larutan dan mempengaruhi proses pembentukan kompleks. Proses pendinginan yang terlalu cepat juga dapat mempengaruhi ukuran serta kualitas kristal yang dihasilkan karena kristal dapat terbentuk dalam ukuran yang sangat kecil atau bahkan tidak beraturan. Tahap pencucian dan pengeringan kristal juga berperan penting dalam menentukan kualitas produk akhir karena pencucian yang tidak sempurna dapat menyebabkan pengotor masih menempel pada kristal, sedangkan penggunaan pelarut yang berlebihan dapat melarutkan kembali sebagian kristal sehingga massa kristal yang diperoleh menjadi lebih kecil.

### Uji Karakterisasi

Karakterisasi terhadap senyawa kompleks hasil sintesis dilakukan melalui pengujian kualitatif untuk mengetahui keberadaan ion klorida menggunakan larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ). Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah ion klorida masih terdapat dalam senyawa kompleks sebagai ion pendamping atau sebagai bagian dari sistem koordinasi kompleks tembaga yang terbentuk. Pada tahap awal, kristal kompleks yang telah diperoleh ditimbang sebanyak (sesuai massa hasil sintesis) kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker dan dilarutkan menggunakan sekitar 5–10 mL aquades sambil dilakukan pengadukan hingga kristal larut secara sempurna. Aquades berfungsi sebagai pelarut polar yang mampu memfasilitasi proses pelarutan dan disosiasi senyawa kompleks ke dalam bentuk ion-ionnya di dalam larutan. Setelah kristal larut sepenuhnya, terbentuk larutan berwarna hijau toska yang menunjukkan bahwa senyawa kompleks tersebut dapat terlarut dengan baik dalam medium berair. Warna larutan yang terbentuk berkaitan dengan keberadaan ion tembaga yang memiliki orbital d yang belum terisi penuh sehingga dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu dalam daerah spektrum tampak. Selanjutnya, beberapa tetes larutan  $\text{AgNO}_3$  ditambahkan ke dalam larutan kompleks sambil dilakukan pengadukan secara perlahan. Penambahan pereaksi ini bertujuan untuk mendeteksi keberadaan ion klorida melalui reaksi pengendapan. Ion perak ( $\text{Ag}^+$ ) yang berasal dari larutan perak nitrat akan bereaksi dengan ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) yang terdapat dalam larutan sehingga membentuk senyawa perak klorida ( $\text{AgCl}$ ) yang memiliki kelarutan sangat rendah dalam air. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut:



Reaksi tersebut merupakan salah satu metode analisis kualitatif yang umum digunakan untuk mengidentifikasi ion klorida dalam larutan karena AgCl merupakan senyawa yang sangat sukar larut sehingga mudah membentuk endapan putih ketika ion  $\text{Ag}^+$  bertemu dengan ion  $\text{Cl}^-$  dalam larutan berair. Setelah larutan didiamkan selama beberapa menit, terbentuk endapan putih yang merupakan ciri khas dari terbentuknya perak klorida. Pembentukan endapan ini menunjukkan bahwa ion klorida terdapat di dalam larutan hasil pelarutan kristal kompleks. Reaksi pengendapan antara ion perak dan ion klorida merupakan dasar dari metode argentometri yang sering digunakan dalam analisis kimia untuk mendeteksi maupun menentukan kadar ion klorida dalam suatu sampel. Terbentuknya endapan AgCl pada pengujian ini menunjukkan bahwa ion klorida masih terdapat dalam senyawa hasil sintesis. Hal ini mengindikasikan bahwa ion klorida kemungkinan berperan sebagai ion penyeimbang muatan dalam struktur kompleks tembaga yang terbentuk. Ketika kristal kompleks dilarutkan kembali dalam air, sebagian ion klorida dapat terlepas dari struktur kompleks sehingga berada dalam bentuk ion bebas di dalam larutan dan dapat bereaksi dengan ion  $\text{Ag}^+$  yang ditambahkan. Dengan demikian, hasil pengujian menggunakan larutan  $\text{AgNO}_3$  memberikan bukti kualitatif mengenai keberadaan ion klorida dalam sistem kompleks yang disintesis. Terbentuknya endapan putih AgCl menunjukkan bahwa senyawa kompleks yang diperoleh masih mengandung ion klorida sebagai bagian dari komposisi kimianya. Hasil ini juga mendukung dugaan bahwa kompleks tembaga yang terbentuk tidak hanya berikatan dengan ligan amonia, tetapi juga masih berasosiasi dengan ion klorida sebagai ion pendamping yang menyeimbangkan muatan dalam struktur kompleks tersebut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: (1) Senyawa kompleks  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$  berhasil disintesis melalui reaksi antara  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dengan larutan  $\text{NH}_3$  6 M dalam aquades mengikuti metode kristalisasi larutan; (2) Kristal berwarna biru kehijauan diperoleh dengan massa aktual 0,66 gram dari massa teoritis 1,68 gram, menghasilkan rendemen sebesar 39,29%; (3) Perubahan warna selama proses sintesis (biru tua  $\rightarrow$  biru muda  $\rightarrow$  biru tua pekat) dapat dijelaskan melalui Teori Medan Kristal karena perbedaan kekuatan medan ligan antara  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{NH}_3$ ; (4) Uji karakterisasi menggunakan  $\text{AgNO}_3$  berhasil mengkonfirmasi keberadaan ion  $\text{Cl}^-$  dalam struktur senyawa kompleks melalui terbentuknya endapan putih AgCl; (5) Faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan kompleks meliputi jenis logam pusat, jenis dan konsentrasi ligan, pH larutan, konstanta kestabilan, serta kondisi suhu dan reaksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arah, D. A. N., & Depan, M. (2023). *e-ISSN: 2721-9038 p-ISSN: 2721-902X*. 6(2), 58–66.
- Basin, C. C., Urals, S., Zolotarev, A. A., Avdontceva, M. S., Sheveleva, R. M., Pekov, I. V., Vlasenko, N. S., Bocharov, V. N., Krzhizhanovskaya, M. G., Zolotarev, A. A., Rassomakhin, M. A., & Krivovichev, S. V. (2023). *Spectroscopy and Thermal Evolution*.
- Golobič, A., Dojer, B., Jagodič, M., Siher, A., Pegan, A., & Kristl, M. (2024). Synthesis and Characterization of New Copper(II) Coordination Compounds with Methylammonium Cations. *Inorganics*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/inorganics12100261>
- Hermayantiningih, D., & Raya, U. P. (2025). *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science 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*. 9(1), 59–64.
- Indriyanti, R. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zink(II) Sulfat dan 1,4-

- Bis(Difenilfosfino)Butana dengan Stoikiometri 1:1. *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya*, 2(5), 357–363. <https://doi.org/10.17977/um067v2i5p357-363>
- Košek, F., Němec, I., & Jehlička, J. (2023). Raman study of several Cu-bearing complex minerals from the guano deposit at Pabellón de Pica, Tarapaca region, Chile. *Journal of Raman Spectroscopy*, 54(11), 1172–1182. <https://doi.org/10.1002/jrs.6506>
- Kusumawati, L., Dasna. Wayan I, & Nazriati. (2022). Sintesis dan karakterisasi senyawa kompleks dari Ion Tembaga(II) dengan Ligan Ion Tiosianat dan Isokuinolina. *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya*, 2(6), 1–10. <https://doi.org/10.17977/um067v2i6p%25p>
- Maulana, A. S., Fauzaan, B., Paryawan, A., & Chairul, S. N. (2024). Pengaruh Senyawa Kompleks Koordinasi Trisbipiridina Krom(III), Cr(bpy)<sub>3</sub>, dalam Fotokimia dan Spin Crossover Menggunakan Metode DFT dan HF. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 9(1), 36–52.
- Naimi, N., & Scholar, G. (2025). *Electron Transfer Intermediates in Copper Chemical Machining and Aerobic Regeneration Using Transition Metal Salts* *Electron Transfer Intermediates in Copper Chemical Machining and Aerobic Regeneration Using*. 0–13. <https://doi.org/10.20944/preprints202510.1799.v2>
- Pf, X. B. C. H., Apolonia, M. N., Onggo, D., Maria, D., Nay, W., Boikh, M. T. W., & More, E. (2024). *jurnal β eta kimia Sintesis Kompleks [ Fe ( Htrz ) 2 ( trz ) ] X dari [ Fe ( Htrz ) 2 ( trz ) ] BF 4 dengan*. 4(Ii), 38–47.
- Pramudita, D., Sugiyani, T., Putra, R., & Ftir, W. (2024). *Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Zn ( II ) dengan Ligan-Ligan Organik : Review*. 03(01), 1–8.
- Werner, F., Schwardmann, L. S., Siebert, D., Reed, C. R., Kalinowski, J., Wirth, M. T., Hofer, K., Takors, R., Wendisch, V. F., & Blombach, B. (2023). Metabolic engineering of *Corynebacterium glutamicum* for fatty alcohol production from glucose and wheat straw hydrolysate. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*, 1–20. <https://doi.org/10.1186/s13068-023-02367-3>