



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) dengan Proses Kristalisasi Dingin”

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Peningkatan konsumsi perangkat elektronik dan infrastruktur listrik telah mengakibatkan akumulasi limbah yang signifikan. Kabel merupakan salah satu komponen utama dalam industri listrik dan elektronik yang terdiri atas plastik, aluminium, dan tembaga. Umumnya, kabel didaur ulang setelah peralatan elektronik mencapai akhir masa pakainya (Arslan et al., 2019). Pada negara-negara berkembang, limbah listrik dan elektronik seringkali dibakar secara langsung. Pembakaran tersebut memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena melepaskan emisi beracun ke lingkungan sekitar (Blinová & Godovčín, 2021). Sedangkan di Indonesia, pengelolaan limbah elektronik termasuk kabel masih menjadi tantangan besar karena kurangnya fasilitas daur ulang yang memadai. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, jumlah limbah elektronik mencapai 2,2 juta ton pada tahun 2021, dengan limbah kabel menjadi salah satu komponennya (KLHK, 2021). Kandungan tembaga pada kabel sangat bervariasi tergantung jenisnya. Pada kabel peralatan rumah tangga memiliki kandungan tembaga sekitar 86,64% hingga 96,32% (Ali & Sultoni, 2019).

Tembaga dalam limbah kabel ini memiliki potensi besar untuk disintesis menjadi produk bernilai tinggi seperti tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Proses sintesis ini tidak hanya memberikan solusi terhadap permasalahan limbah kabel tetapi juga meningkatkan nilai ekonomi. Tembaga(II) sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) merupakan senyawa kimia anorganik berupa kristal yang berwarna biru dengan struktur triklin. Tembaga(II) sulfat pentahidrat dapat berbentuk kristal biru akibat adanya proses hidrasi dengan lima molekul air terikat pada tembaga sulfat. Ikatan air tersebut menjaga kestabilan struktural senyawa dan mempengaruhi sifat larutnya dalam air, dimana sangat penting dalam aplikasi industri dan pertanian (Fitrony et al., 2013).

Tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) merupakan senyawa yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan aplikasi dalam berbagai industri. Penggunaannya meliputi katalis dalam proses sintesis, seperti katalis dalam reaksi pembentukan triazol (Ferreira et al., 2023). Selain itu juga dapat digunakan sebagai agen pengawet kayu, dimana penggunaan tembaga sulfat



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) dengan Proses Kristalisasi Dingin”

sebagai pengawet kayu berasal dari sifat anti mikroba yang efektif mencegah pertumbuhan jamur yang dapat merusak kayu (Lasota et al., 2019). Sedangkan pada pertanian, tembaga sulfat pentahidrat digunakan sebagai bagian dari campuran Bordeaux pada pembuatan pupuk mikro. Campuran Bordeaux merupakan salah satu fungisida yang paling sering digunakan di pertanian. Tembaga sulfat berfungsi sebagai sumber ion tembaga (Cu^{2+}), yang memiliki sifat anti mikroba dan anti jamur (Bakshi & Kumar, 2021). Pada pupuk mikro kandungan tembaga sulfat terusi menurut SNI 02-6680-2002 sebesar 0,1-0,13 % (BSN, 2002).

Proses sintesis tembaga(II) sulfat pentahidrat menggunakan metode kristalisasi dingin memiliki efisiensi yang tinggi karena menggunakan energi yang lebih rendah. Selain itu, kelarutan tembaga sulfat sangat dipengaruhi oleh suhu, di mana Kelarutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 64,2 g/100 g H_2O pada 90°C dan 20,7 g/100 g H_2O pada 20°C (Ohmid, 2025). Perbedaan kelarutan yang signifikan ini memungkinkan pembentukan kristal melalui pendinginan. Metode ini dilakukan dengan pemanasan larutan tembaga sulfat hingga jenuh pada suhu 70°C . Kemudian larutan dilakukan penurunan suhu terkontrol dibawah suhu kamar yaitu 21°C hingga 23°C untuk menginduksi pembentukan kristal $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dari larutan jenuh tanpa memerlukan pemanasan ekstensif (Alimohammadizadeh et al., 2021).

Penelitian mengenai pembuatan tembaga(II) sulfat pentahidrat sudah pernah dilakukan sebelumnya. Pada pembuatan tembaga(II) sulfat pentahidrat digunakan variabel suhu reaksi berkisar 34°C hingga 90°C serta kecepatan pengadukan pada saat pendinginan berkisar 0 rpm hingga 700 rpm. Temperatur reaksi memiliki pengaruh signifikan terhadap kelarutan CuSO_4 dalam air. Semakin tinggi suhu reaksi, kelarutan CuSO_4 dalam air meningkat sehingga menghasilkan jumlah kristal yang lebih banyak. Di sisi lain, kecepatan pengadukan tidak terlalu berdampak pada hasil kristal yang diperoleh, namun memengaruhi ukuran kristal. Dengan adanya pengadukan, ukuran kristal cenderung lebih kecil dibandingkan jika tidak dilakukan pengadukan. Pada kondisi tersebut diperoleh hasil terbaik pada suhu reaksi 90°C dan kecepatan pengadukkan 500 rpm (Fitrony et al., 2013). Ukuran tembaga juga akan mempengaruhi prosuk yang dihasilkan. Tembaga yang memiliki ukuran lebih panjang lebih sulit larut, sehingga akan mempengaruhi proses terbentuknya kristal tembaga(II) sulfat (Rodiah et al., 2018). Selain itu, pembuatan tembaga(II) sulfat pentahidrat digunakan variabel konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) berkisar 10% hingga 18% dan waktu reaksi berkisar 50 menit



Laporan Hasil Penelitian

“Sintesis Tembaga (II) Sulfat Pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari Limbah Kabel Tembaga (Cu) dengan Proses Kristalisasi Dingin”

hingga 70 menit. Semakin besar konsentrasi asam sulfat maka kristal tembaga(II) sulfat pentahidrat yang diperoleh akan semakin banyak. Sedangkan semakin lama waktu reaksi maka massa kristal tembaga(II) sulfat yang terbentuk akan semakin banyak. Pada kondisi tersebut diperoleh hasil terbaik pada konsentrasi asam sulfat 18% dan waktu reaksi 70 menit (Wardhani et al., 2024).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdahulu, maka dilakukan pengembangan penelitian sintesis tembaga(II) sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dengan memanfaatkan limbah kabel tembaga sebagai bahan baku melalui proses kristalisasi dingin. Proses ini digunakan variasi konsentrasi larutan asam sulfat (H_2SO_4) dan suhu kristalisasi sebagai faktor utama yang memengaruhi hasil. Konsentrasi larutan asam sulfat yang digunakan yaitu 16% hingga 24%. Sedangkan suhu kristalisasi yang digunakan yaitu 17°C hingga 25°C . Kemudian digunakan suhu reaksi 90°C selama 70 menit dan kecepatan pengadukkan 500 rpm. Produk akhir akan dievaluasi kesesuaiannya dengan standar SNI 06-2129-1991 yang mensyaratkan kandungan tembaga minimal 25,3% (BSN, 1991). Sebagai bagian dari analisis kualitas digunakan metode XRF (*X-ray Fluorescence*) untuk mengetahui kandungan tembaga sulfat pentahidrat serta struktur kristal yang dihasilkan menggunakan analisis XRD (*X-ray Diffraction*).

I. 2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis tembaga(II) sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dari limbah kabel tembaga (Cu) dengan mengkaji pengaruh variabel konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) dan suhu kristalisasi dingin terhadap yield kristal yang terbentuk dan kemurnian produk.

I. 3 Manfaat

1. Mengurangi limbah kabel tembaga (Cu) melalui pengolahan menjadi tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) yang bernilai ekonomis.
2. Mengetahui kemurnian dan kandungan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang dihasilkan sesuai dengan standar untuk digunakan sebagai bahan baku industri.
3. Mengetahui bentuk kristal yang dihasilkan dalam proses sintesis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.