

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Saat ini, dunia tengah menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan teknologi modern dan transisi menuju energi bersih. Meningkatnya permintaan akan perangkat elektronik berkecepatan tinggi, efisiensi energi yang lebih baik, serta sistem penyimpanan energi yang andal, mendorong para ilmuwan untuk mengembangkan material baru dengan sifat unggul. Salah satu respons terhadap tantangan ini adalah terciptanya material  $Ti_3C_2$  (Siringo-Ringo, t.t.).  $Ti_3C_2$  merupakan salah satu material MXene dua dimensi (2D) baru yang ditemukan pada tahun 2011.  $Ti_3C_2$  diperoleh dengan menghilangkan lapisan A dari sebuah struktur yang disebut fase MAX, MAX memiliki rumus yaitu  $M_{n+1}AX_n$  ( $n=1,2,3$ ) dengan M mewakili logam transisi seperti titanium (Ti), vanadium (V), atau niobium (Nb); A merupakan unsur dari golongan III A dan IV A; dan X tersendiri merupakan karbon (C) atau nitrogen (N) (L. Liu dkk., 2022).

Para peneliti telah mensintesis lebih dari 30 komposit  $Ti_3C_2$  serta membagi kategori  $Ti_3C_2$  yaitu seperti  $Ti_3C_2$  dan  $Mo_2C$  (logam transisi tunggal) dan komposisi  $Mo_2TiC_2$  (logam transisi ganda). Keragaman dalam struktur kristal, komposisi material, dan gugus fungsi pada permukaan  $Ti_3C_2$  menjadikannya sebagai material yang sangat fleksibel (Shuck dkk., 2020). Selain itu material ini khususnya  $Ti_3C_2$ , dikenal memiliki nilai konduktivitas yang tinggi, menjadikannya salah satu kandidat unggul dalam kategori nanomaterial 2D. Karakteristik ini membuka peluang besar bagi  $Ti_3C_2$  untuk diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk elektronik, penyimpanan energi, sensor, dan pelindung interferensi elektromagnetik. Selain itu, sifat  $Ti_3C_2$  yang dapat disesuaikan seperti stabilitas kimia yang baik dan kemampuan modifikasi permukaan semakin memperkuat potensinya dalam pengembangan teknologi masa depan, terutama dalam perangkat fleksibel dan aplikasi biomedis (Koh dkk., 2023).

Konduktivitas listrik  $Ti_3C_2$  sangat dipengaruhi oleh struktur kristal dan morfologi permukaannya. Struktur kristal  $Ti_3C_2$  yang terdiri dari lapisan-lapisan

atom logam transisi (Ti) dan karbon membentuk jalur konduksi yang efisien di sepanjang bidang lapisan. Keteraturan struktur kristal mengakibatkan pergerakan elektron yang lebih bebas karena hambatan elektron yang lebih rendah. Sebaliknya, keberadaan cacat kristal dapat mengganggu aliran elektron dan menurunkan konduktivitas listrik. Morfologi permukaan  $Ti_3C_2$  juga memainkan peran penting, karena permukaan yang halus dan teratur dapat mendukung transportasi elektron yang lebih baik dibandingkan permukaan yang kasar. Keberadaan gugus fungsi pada permukaan juga memengaruhi konduktivitas, yang pada akhirnya menentukan seberapa efisien elektron dapat ditransfer antar lapisan atau ke material lain yang berinteraksi dengannya. Oleh karena itu, kombinasi antara struktur kristal yang teratur dan morfologi permukaan yang optimal menjadi kunci dalam meningkatkan performa konduktif  $Ti_3C_2$  (Huang dkk., 2024).

Fase MAX yang digunakan pada penelitian ini yaitu titanium aluminium karbida ( $Ti_3AlC_2$ ) tergolong sebagai material keramik yang belakangan ini semakin diminati oleh para peneliti karena memiliki kombinasi unik antara logam dan keramik (Feng dkk., 2023). Sebagai logam  $Ti_3AlC_2$  memiliki konduktivitas listrik dan termal yang sangat baik serta kemampuan untuk diproses dengan mudah. Sementara itu, sebagai keramik material ini menawarkan koefisien muai panas yang rendah, titik leleh yang tinggi, serta kekuatan dan stabilitas termal yang luar biasa (Vaia dkk., 2021).

Sintesis  $Ti_3C_2$  umumnya menggunakan metode yang mengandung larutan Flour (F) seperti metode HF atau campuran  $LiF + HCl$ . Akan tetapi memakai metode tersebut memiliki risiko yang tinggi terhadap lingkungan sekitar karena HF ini memiliki sifat yang beracun dan korosif yang tinggi dan juga biaya yang relatif tidak murah (J. A. Kumar dkk., 2022). Sedangkan metode yang bebas dari HF sangat tidak efektif dalam hal waktu, bisa berjam-jam bahkan sampai berhari-hari untuk membuat  $Ti_3C_2$  tersebut. Selain itu, metode bebas HF ini beberapa hanya efektif pada fase MAX yang mengandung Al saja sehingga akan sulit untuk mensintesis fase MAX lainnya, contoh untuk metode bebas HF ini diantaranya mengetsa elektrokimia, molten salt, dan hydrothermal routes (Z. Liu dkk., 2023).

Penelitian Chen dkk (2023) menemukan metode yang aman terhadap lingkungan yaitu *lewis molten salt etching method* yang dapat mengetsa berbagai lapisan Aluminium sehingga dapat memperluas fase MAX yang digunakan. Namun metode ini memiliki kekurangan, pada suhu tinggi tidak dapat menahan oksidasi dan hasilnya  $Ti_3C_2$  tidak akan stabil sehingga diperlukan pelindung untuk mencegah adanya oksidasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dikembangkan metode dengan menggunakan lapisan pelindung garam cair yang menutupi dan melindungi sampel selama sintesis, sehingga dapat mencegah oksidasi secara lebih efektif dan menjaga stabilitas struktur  $Ti_3C_2$  yang dihasilkan. Dengan adanya perlindungan ini, proses sintesis dapat berlangsung pada suhu tinggi tanpa menyebabkan degradasi material. Metode inovatif dikenal sebagai metode *molten salt-shielded synthesis* (MS3).

Saat ini, banyak peneliti yang melakukan sintesis  $Ti_3C_2$  dengan merekayasa berbagai jenis fase MAX serta menggunakan beragam metode lainnya. Penelitian yang dilakukan oleh Y. Li dkk. (2024) berhasil memvariasi fase MAX sehingga menghasilkan struktur  $Ti_3C_2$  yang optimal. Selain itu, Yang dkk (2019) juga berhasil memvariasikan rasio campuran garam NaCl-KCl, yang menghasilkan  $Ti_3C_2$  dengan struktur dan morfologi yang sesuai. Sementara untuk saat ini belum banyak peneliti yang memvariasikan asam lewis  $CuCl_2$  yang dapat mempengaruhi dari struktur maupun dari sifat morfologi  $Ti_3C_2$  itu sendiri.  $CuCl_2$  berperan penting dalam proses etsa lapisan A pada fase MAX yang mengandung unsur aluminium, ini berarti bahwa  $CuCl_2$  berfungsi untuk mempercepat pengikisan lapisan aluminium sehingga terbentuknya  $Ti_3C_2$  dengan struktur yang teratur (Yan dkk., 2024).

Penambahan  $CuCl_2$  dapat memengaruhi struktur kristal, morfologi, dan konduktivitas  $Ti_3C_2$  yang dihasilkan karena  $Cu^{2+}$  berperan sebagai agen redoks. Ion  $Cu^{2+}$  dapat mempercepat proses etsa lapisan Al dari struktur  $Ti_3AlC_2$  melalui reaksi redoks, sehingga mempercepat pembentukan struktur berlapis  $Ti_3C_2$ . Selain itu, ion  $Cu^{2+}$  berada di antara lapisan-lapisan  $Ti_3C_2$  selama atau setelah proses etching, yang memperbesar jarak antar-lapis dan memfasilitasi eksfoliasi atau pengelupasan lapisan menjadi film tipis dengan morfologi permukaan yang lebih seragam dan luas permukaan yang lebih besar. Struktur berlapis yang lebih terbuka dan

terdispersi ini memungkinkan peningkatan mobilitas elektron dan penurunan hambatan antarlapis, sehingga secara keseluruhan meningkatkan konduktivitas listrik  $Ti_3C_2$  yang dihasilkan (J. Wang dkk., t.t.).

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini akan menggunakan variasi massa  $CuCl_2$  supaya meningkatkan efisiensi proses etsa dan memungkinkan untuk mengurangi oksidasi pada suhu tinggi. Campuran garam seperti  $NaCl + KCl$  memiliki massa tetap sebesar 8,766 gram  $NaCl$  dan 11,183 gram  $KCl$ , sedangkan untuk massa  $CuCl_2$  akan divariasikan yaitu 1,036; 2,073; 4,146 dan 6,219 gram. Hasil dari penelitian ini dianalisis menggunakan teknik karakterisasi seperti *X-ray diffraction* (XRD) untuk mengamati struktur kristal, *scanning electron microscopy* (SEM) untuk mengamati morfologi permukaan, analisis FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dari  $Ti_3C_2$ , serta uji konduktivitas. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh massa  $CuCl_2$  dalam proses sintesis  $Ti_3C_2$ , sekaligus memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode sintesis  $Ti_3C_2$  yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh massa  $CuCl_2$  yang ditambahkan dalam metode MS3 terhadap struktur  $Ti_3C_2$  yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh massa  $CuCl_2$  yang ditambahkan dalam metode MS3 terhadap konduktivitas dan stabilitas  $Ti_3C_2$  yang dihasilkan?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan di atas, tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh gambaran mengenai pengaruh massa  $CuCl_2$  yang ditambahkan dalam metode MS3 terhadap struktur  $Ti_3C_2$  yang dihasilkan.

2. Untuk memperoleh gambaran mengenai pengaruh massa  $\text{CuCl}_2$  yang ditambahkan dalam metode MS3 terhadap konduktivitas dan stabilitas  $\text{Ti}_3\text{C}_2$  yang dihasilkan.

#### 1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disampaikan di atas, Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur pada penelitian ini meliputi struktur kristalin yang hasilnya dikonfirmasi dengan struktur morfologi dan struktur molekul.
2. Konduktivitas pada penelitian ini meliputi pengaruh  $\text{CuCl}_2$  dan stabilitasnya

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan manfaat berupa:

1. Dapat memberikan kontribusi signifikan dalam perkembangan ilmu pengetahuan di bidang material dan teknologi nano.
2. Mengetahui metode yang aman digunakan untuk karakterisasi  $\text{Ti}_3\text{C}_2$  yaitu *metode molten salt-shielded synthesis*.
3. Mengetahui karakteristik  $\text{Ti}_3\text{C}_2$  dengan menggunakan variasi massa  $\text{CuCl}_2$  yang belum ada pada penelitian sebelumnya.