

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Grafena adalah material dua dimensi berketebalan satu atom yang terdiri atas karbon berhibridisasi  $sp^2$  dengan struktur heksagonal. Material ini menyerupai molekul poliaromatik karbon dengan ukuran semi tak hingga (Tiwari & Shukla, 2014). Grafena merupakan struktur dasar yang membentuk alotrof karbon lainnya yaitu grafit, karbon nanotabung, dan fullerena. Grafit terbentuk dari tumpukan grafena sehingga menghasilkan bentuk tiga dimensi, karbon nanotabung merupakan struktur yang terbentuk jika grafena digulung menjadi silinder, sedangkan fullerena akan dihasilkan melalui penggulungan grafena menjadi berbentuk bola (Slomski, 2020).

Grafena merupakan material karbon yang memiliki struktur unik dan sangat menarik untuk dipelajari karena sifat-sifatnya yang luar biasa, seperti konduktivitas listrik yang tinggi, transparansi optik yang baik, luas permukaan spesifik yang tinggi, modulus Young yang tinggi, dan konduktivitas termal yang baik (Junaidi & Susanti, 2014). Sifat-sifat yang unik tersebut membuat grafena memiliki banyak potensi aplikasi, seperti elektroda baterai, pengisi daya polimer, sensor, konversi energi, peralatan telekomunikasi, perangkat elektronik, kendaraan listrik dan lain-lain (Korkmaz & Kariper, 2020). Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan grafena, termasuk pengelupasan mekanik, CVD (*Chemical Vapor Deposition*), pengelupasan berbantuan listrik, dan pengelupasan kimia (Septyantoko, 2016).

Sintesis grafena sering menghadapi masalah antara hasil dan kontrol sifat bahan grafena yang dihasilkan. Misalnya, pengelupasan grafit secara mekanis tanpa fungsionalisasi kimia menghasilkan massa produk (*yield*) yang rendah meskipun memiliki kualitas yang baik. Metode yang saat ini paling banyak digunakan dalam penelitian grafena adalah pengelupasan kimia karena kelebihan dari metode ini tidak membutuhkan biaya yang besar dan dapat menghasilkan produk berjumlah

banyak. Namun, kelemahan dari metode ini masih adanya cacat pada produk hasil sintesis yang diduga disebabkan oleh penggunaan asam dan agen pengoksidasi yang kuat saat proses oksidasi grafit menjadi oksida grafit. Sehingga dapat merusak struktur ikatan atom karbon dan menyebabkan proses reduksi oksida grafena yang tidak sempurna (Stankovicha, et al., 2007). Oleh karena itu, sintesis bahan grafena dengan sifat yang terkontrol dengan baik, murah, dan ramah lingkungan masih menjadi tantangan utama. Dalam beberapa tahun terakhir, pengelupasan grafit secara elektrokimia atau pengelupasan dengan bantuan listrik telah muncul sebagai metode yang mudah untuk memproduksi grafena. Pengelupasan elektrokimia adalah metode alternatif yang menjanjikan untuk memproduksi grafena dari grafit dalam skala besar, namun juga memiliki kualitas yang relatif tinggi. Metode ini relatif ramah lingkungan daripada metode pengelupasan kimia yang memerlukan oksidasi grafit menjadi grafit oksida karena penggunaan asam kuat dapat diminimalisir atau bahkan dihilangkan. Dalam proses ini, tegangan yang diberikan pada grafit dalam bentuk elektroda menyebabkan spesies ionik berinterkalasi di antara lapisan-lapisan grafena yang menyusun grafit sehingga akan terbentuk spesies gas. Hal tersebut menyebabkan grafit mengembang dan kemudian lembaran grafena secara individual akan terlepas dari grafit (Abdillah O. B., 2017).

Hingga saat ini, beberapa hasil penelitian telah melaporkan proses sintesis grafena menggunakan metode pengelupasan elektrokimia seperti yang dilakukan oleh Parvez, dkk. dibuktikan bahwa pengelupasan elektrokimia dari lembaran grafit menjadi grafena menggunakan larutan elektrolit garam anorganik yang dilarutkan dalam air seperti Amonium Sulfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Natrium Sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), Kalium Sulfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), dll. (Parvez, et al., 2014). Penelitian lainnya yang serupa juga sudah pernah dilakukan oleh Abdillah.dkk pada tahun 2021 menunjukkan bahwa grafit terkelupas yang dihasilkan dengan terlebih dahulu melakukan perlakuan awal lembaran grafit dalam larutan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)/Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dengan fraksi volume H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 95 : 5 menunjukkan derajat eksfoliasi tertinggi dan sampel ini juga menunjukkan sifat elektrokimia yang sangat baik dengan konduktivitas listrik yang baik (Abdillah, et al., 2021).

Perangkat penyimpan energi termasuk salah satu komponen yang mendukung penerapan energi terbarukan. Di antara berbagai jenis perangkat penyimpan energi, superkapasitor memiliki beberapa kelebihan yaitu densitas daya tinggi, siklus hidup yang relatif lama, dan pengoperasian yang sederhana (Maharsi, Arif, Ogi, Widiyandari, & Iskandar, 2019). Kelebihan-kelebihan tersebut membuat superkapasitor cocok digunakan untuk beberapa macam aplikasi yang memerlukan keluaran daya tinggi dan proses pengisian-pengosongan yang cepat seperti pemulihan energi saat pengereman kendaraan (Izadi-Najafabadi, et al., 2010). Grafena merupakan salah satu material yang banyak dipelajari untuk diaplikasikan sebagai material elektroda superkapasitor karena memiliki sifat konduktivitas listrik yang tinggi dan luas permukaan yang besar untuk menyimpan energi (Tsai, et al., 2017; Zhao, et al., 2012; Hamra, Lim, Chee, & Huang, 2016).

Salah satu proses yang penting untuk fabrikasi elektroda superkapasitor yaitu proses deposisi material aktif pada sebuah substrat yang bertindak sebagai pengumpul arus. Hingga saat ini, proses deposisi material aktif yang sering digunakan pada banyak penelitian yaitu menggunakan proses *drop casting* yang memerlukan perekat (*binder*). Adanya perekat yang biasanya berupa polimer non-konduktif seperti *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) atau *Polytetrafluoroethylene* (PTFE) akan meningkatkan hambatan elektroda sehingga menyebabkan penurunan kapasitansi spesifik, kemampuan bekerja pada arus tinggi (*rate capability*), dan ketahanan siklus (Liu X. , et al., 2014). Oleh karena itu, metode deposisi material aktif tanpa adanya perekat merupakan salah satu kajian yang menarik untuk dipelajari untuk membuat elektroda yang memiliki hambatan rendah sehingga berdampak pada peningkatan performa superkapasitor.

*Binder free* atau tanpa perekat adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan bahan atau struktur yang tidak menggunakan perekat untuk menjaga stabilitasnya. Elektroda tanpa perekat seringkali memiliki sifat-sifat yang lebih baik daripada elektroda yang menggunakan perekat, seperti kapasitansi spesifik yang lebih tinggi, stabilitas siklus yang lebih baik, dan *rate capability* yang lebih baik (Liu X. , et al., 2014).

Metode elektrodeposisi atau deposisi berbantuan tegangan listrik merupakan salah satu metode yang mudah untuk memfabrikasi elektroda superkapasitor tanpa memerlukan perekat. Elektrodeposisi adalah suatu proses yang menggunakan tegangan listrik untuk mendeposisikan partikel dari suatu larutan atau dispersi ke suatu substrat untuk membentuk lapisan tipis pada substrat tersebut. Elektrodeposisi memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode deposisi grafena lainnya, seperti proses yang lebih cepat dan mudah, tidak menggunakan bahan kimia berbahaya, dan hasil sintesis yang lebih homogen. Selain itu, dapat menghasilkan lapisan grafena yang tipis dan rapat, sehingga cocok untuk aplikasi elektronik seperti elektroda superkapasitor.

Dalam penelitian ini, dilakukan sintesis grafena dan fabrikasi elektroda dengan berbantuan tegangan listrik sebagai alternatif sintesis elektroda superkapasitor yang ramah lingkungan. Metode ini dilakukan dengan menggabungkan proses pengelupasan elektrokimia untuk mensintesis grafena serta deposisi elektroda dengan menggunakan proses elektrodeposisi. Selain ramah lingkungan, maka proses elektrodeposisi ini memungkinkan untuk fabrikasi elektroda tanpa memerlukan perekat. Dengan demikian maka diharapkan proses ini dapat menghasilkan elektroda yang memiliki resistansi rendah sehingga performa elektroda superkapasitor dapat meningkat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Hingga saat ini, belum ada penelitian yang melaporkan penggunaan elektrodeposisi dalam sintesis grafena dan fabrikasi elektroda superkapasitor menggunakan metode pengelupasan berbantuan tegangan listrik dengan penggunaan bahan kimia yang ramah lingkungan.

## **1.3 Batasan Masalah**

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan *binder* dalam proses pengelupasan grafena maupun elektrodeposisi adalah dengan penggunaan tegangan listrik DC 10 Volt dan bantuan elektrolit seperti amonium sulfat. Selain itu pada proses elektrodeposisi digunakan dua optimasi parameter untuk mengetahui kapasitansi spesifik elektroda

superkapasitor yaitu lima variasi waktu deposisi dan variasi tegangan deposisi. Dengan menggunakan dua karakterisasi pada material grafena yaitu *X-Ray Diffraction*(XRD) dan *Scanning Electron Microscopy*(SEM) untuk memahami struktur dan morfologi material grafena sebelum digunakan sebagai elektroda. Kemudian, tiga karakterisasi tambahan digunakan untuk mengevaluasi kinerja elektroda superkapasitor, yaitu *Cyclic Voltammetry*(CV), *Galvanostatic Charge/Discharge*(GCD), dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy*(EIS).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan performa elektroda superkapasitor berbasis grafena menggunakan metode deposisi tanpa perekat (*binder free*) melalui proses elektrodeposisi.
2. Mempelajari pengaruh parameter elektrodeposisi (waktu deposisi dan tegangan deposisi) terhadap performa elektroda superkapasitor berbasis grafena.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan grafena sebagai elektroda dengan bahan dan metode yang ramah lingkungan dengan harga terjangkau dan memiliki performa yang baik untuk aplikasi superkapasitor. Selain itu, diharapkan bahwa penelitian ini dapat bermanfaat terhadap pengembangan material dan fabrikasi elektroda superkapasitor di Indonesia.

#### **1.6 Metode Pengumpulan Data**

Dalam Penelitian ini digunakan tiga metode pengumpulan data, diantaranya yaitu sebagai berikut.

##### **1.6.1 Studi Literatur Metode**

Yang pertama digunakan yaitu metode studi literature, dengan mengumpulkan sebanyak mungkin materi tentang topik penelitian untuk digunakan sebagai referensi. Adapun sumber yang digunakan yaitu dari jurnal, buku, dan skripsi yang berkaitan dengan penelitian.

### 1.6.2 Eksperimen

Dalam metode eksperimen proses sintesis lembaran grafit digunakan dua elektroda yaitu elektroda kerja dan elektroda lawan dengan menggunakan bahan ramah lingkungan. Dengan dilakukannya dua variasi parameter yaitu waktu deposisi dan tegangan deposisi.

### 1.6.3 Karakterisasi

Karakterisasi dalam penelitian ini untuk memverifikasi bahwa sintesis grafena telah berhasil dilakukan dan untuk mengamati sifat-sifat yang penting dari grafena tersebut seperti struktur, morfologi, konduktivitas, stabilitas elektrokimia dari grafena, seberapa baik grafena dapat menghantarkan listrik dan lain-lain. Selanjutnya ketika setelah menjadi elektroda mengamati karakteristik hambatan intrinsik elektroda, hambatan transfer muatan pada superkapasitor, perilaku kapasitif sampel, menentukan tegangan kerja, kapasitansi spesifik material dan kemampuan bekerja pada berbagai variasi densitas arus (*rate capability*).

### 1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari 5 bab:

- BAB I** PENDAHULUAN. Berisi uraian latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan metode pengambilan data.
- BAB II** TINJAUAN PUSTAKA. Berisi penjelasan mengenai grafena, proses sintesis grafena, proses elektrodposisi, superkapasitor dan alat karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini.
- BAB III** METODOLOGI PENELITIAN. Membahas material yang digunakan, prosedur eksperimen, dan cara mengarakterisasi sampel.
- BAB IV** PEMBAHASAN. Penjelasan hasil dan analisis.
- BAB V** KESIMPULAN. Didapatkan dari hasil pengolahan data mengenai Fabrikasi Elektroda Superkapasitor Berbahan Dasar Material Grafena Menggunakan Metode Ramah Lingkungan Berbantuan Tegangan Listrik.