

BAB I

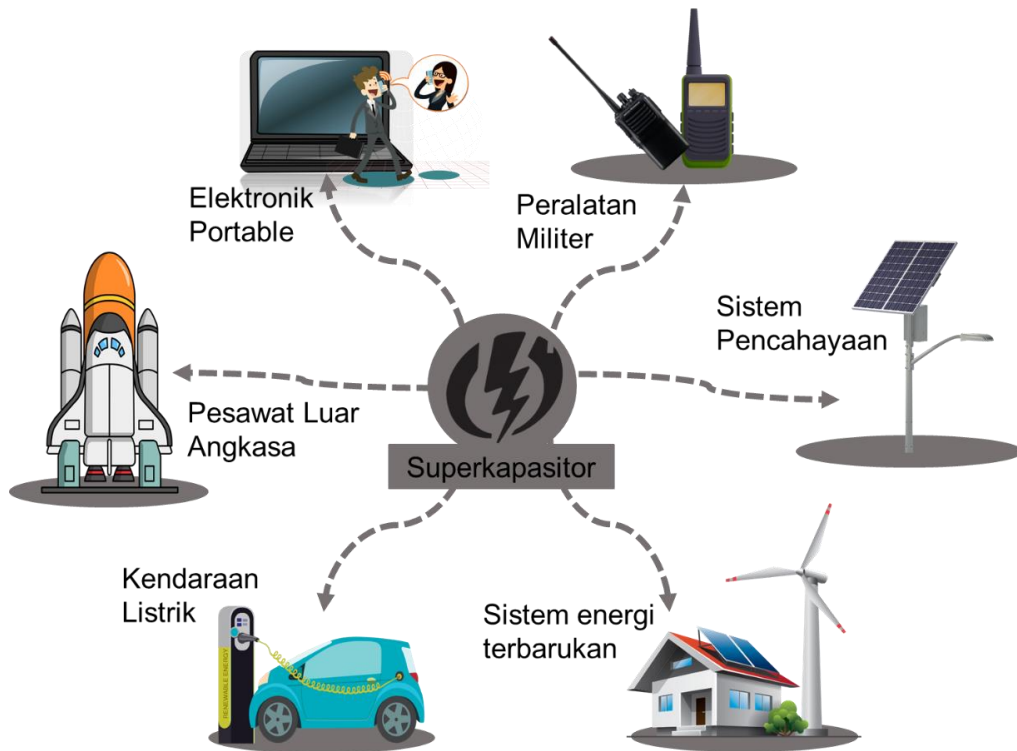
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini, kebutuhan akan energi listrik meningkat cukup besar seiring dengan berkembangnya pertumbuhan pada sektor industri dan teknologi. Hal tersebut mengakibatkan semakin berkurangnya bahan energi fosil serta terjadinya krisis lingkungan. Peningkatan kebutuhan energi listrik mendorong pengguna untuk menggunakan energi terbarukan yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, banyak peneliti yang memusatkan pada pengembangan energi dan sistem penyimpanan energi (*energy storage system/EES*) yang terbarukan seperti sel surya, baterai lithium-ion dan superkapasitor (Fu dkk., 2016).

Superkapasitor atau dikenal sebagai kapasitor elektrokimia adalah jenis penyimpanan energi yang berbeda dengan baterai dan kapasitor konvensional. Superkapasitor dapat menyimpan energi listrik dalam bentuk muatan yang terakumulasi pada permukaan elektroda bukan melalui reaksi kimia seperti baterai (Jeyabanu dkk., 2019). Hal ini memungkinkan superkapasitor untuk memiliki kapasitas penyimpanan energi yang lebih besar daripada kapasitor konvensional dan dapat diisi ulang lebih cepat daripada baterai. Superkapasitor juga dikenal memiliki umur pakai yang lebih panjang dan lebih tahan terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim dibandingkan baterai (Podili & Ramesh, 2018). Superkapasitor dianggap sebagai salah satu perangkat penyimpanan energi elektrokimia yang lebih unggul daripada baterai dan kapasitor konvensional, karena superkapasitor memiliki keistimewaan seperti densitas daya yang lebih tinggi, ringan, waktu pengisian-pengosongan yang lebih rendah, dan siklus hidup yang lebih lama, sehingga mendukung untuk digunakan dalam aplikasi serbaguna seperti kendaraan listrik, elektronik portable, pesawat ruang angkasa, peralatan militer (El-Hout dkk., 2021; Pomerantseva dkk., 2019). Namun, kinerja elektrokimia superkapasitor bergantung pada struktur atau morfologi permukaan, sifat perekat

substrat, sifat struktur nano dari bahan elektroda (Liu dkk., 2018; Raghavendra dkk., 2020).



Gambar 1. 1. Aplikasi Superkapasitor

Superkapasitor biasanya terdiri dari elektroda, elektrolit dan separator yang dapat menentukan performanya. Elektroda merupakan salah satu komponen kunci dalam performa superkapasitor. Oleh karena itu, pengembangan elektroda superkapasitor yang efisien dan tahan lama sangat penting untuk meningkatkan performa dan aplikasi superkapasitor. Bahan elektroda biasanya terdiri dari bahan karbon, oksida logam transisi, dan polimer penghantar. Oksida logam transisi menunjukkan kinerja elektrokimia terbaik berdasarkan pembentukan cacat, morfologi dan porositas (Jeyabanu dkk., 2019). Selain itu, morfologi permukaan dan struktur nano elektroda dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, ketebalan material, dan luas permukaan (Raghavendra dkk., 2020). Struktur nano dapat menjadi kunci dalam mengendalikan kinerja elektrokimia superkapasitor karena material nano memberikan solusi untuk mencapai energi dan kepadatan daya yang

tinggi (Pomerantseva dkk., 2019). Material berstruktur nano ini dapat diperoleh salah satunya melalui sintesis.

Saat ini banyak peneliti mengembangkan teknik untuk mensintesis material berskala nano karena material nano memiliki keuntungan salah satunya mampu meningkatkan sifat-sifat dari materialnya seperti bobot yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, peningkatan kontrol atas spektrum cahaya, peningkatan penyimpanan energi yang baik dibandingkan dengan material bulk (Pejjai dkk., 2020). Nanomaterial dapat diklasifikasikan berdasarkan dimensinya yaitu 0D, 1D, 2D dan 3D, masing-masing dimensi tersebut memiliki morfologi nanostruktur yang berbeda-beda seperti: nanopartikel, nanoware, dan nanotube (Pomerantseva dkk., 2019). Nanopartikel merupakan material yang akan disintesis untuk membentuk suatu material berukuran skala nanometer 1-100 nm (Nuryadin, 2020). Nanopartikel memiliki pengaplikasian yang luas seperti sel surya, bidang medis, nano-bioteknologi, pertahanan dan keamanan, kosmetik, dan penyimpanan energi superkapasitor (Pejjai dkk., 2020). Salah satu nanopartikel yang dapat dikembangkan sebagai superkapasitor yaitu nanopartikel tembaga sulfida (CuS) karena termasuk kedalam salah satu oksida logam transisi (Singhal dkk., 2020; Zhai dkk., 2020).

Diantara berbagai material kalkogenida logam seperti ZnS, CoS, NiS, CdS, CuS, dll. Material CuS meunjukkan lebih banyak keunggulan dari pada yang lain, karena sifatnya yang tidak beracun, kelimpahan unsur, murah, konduktivitas listrik yang baik, toksisitas rendah dan stabil secara kimiawi dalam kondisi sekitar (Jeyabanu dkk., 2019). Hal ini membuat CuS banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti fotokatalisis, sel surya, sensor, baterai ion litium, superkapasitor. Sebagai logam transisi kalkogenida, tembaga sulfida (CuS) yang merupakan semikonduktor tipe-p sangat menarik untuk dikembangkan menjadi salah satu bahan elektroda superkapasitor (Ketchemen dkk., 2019). Logam transisi CuS dapat ditekankan sebagai struktur kristal heksagonal khusus mirip dengan grafit yang terdiri dari lapisan bolak balik unit segitiga CuS_3 dan unit tetrahedral CuS_4 dalam hubungan ikatan kovalen (Jia dkk., 2017). Selain itu, CuS dapat ditambahkan doping untuk menambah potensi performa sebagai elektroda superkapasitor,

misalnya dengan nikel (Ni). Penambahan doping pada nanopartikel CuS ini dapat mempengaruhi sifat-sifat elektrokimia dari material elektroda, seperti konduktivitas listrik, kapasitas muatan dan stabilitas siklus sehingga dapat meningkatkan performa elektroda superkapasitor CuS (Podili & Ramesh, 2018).

Material CuS sendiri masih tergolong material yang cukup besar (*bulk*) untuk diaplikasikan sebagai bahan elektroda superkapasitor, sehingga diperlukan pengecilan ukuran material tersebut karena ukuran partikel yang lebih kecil akan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar pada elektroda, sehingga mampu meningkatkan performa dari elektroda superkapasitor karena akan menghasilkan kapasitas muatan elektroda dan memungkinkan elektroda untuk menyimpan muatan listrik lebih banyak (Podili dkk., 2017). Selain itu, partikel yang lebih kecil memiliki jarak antar partikel yang lebih pendek, sehingga menghasilkan konduktivitas listrik yang lebih baik dan mampu meningkatkan laju pengisian dan pengosongan muatan elektroda. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan ukuran partikel bahan elektroda superkapasitor misalnya menjadi ukuran nanopartikel untuk memaksimalkan performa superkapasitor (Geetha dkk., 2019).

Untuk memperoleh CuS berukuran nano dapat dilakukan dengan berbagai metode sintesis seperti menggunakan metode hidrotermal (Fu dkk., 2016; Singhal dkk., 2020; Yue dkk., 2021), metode Chemical Co-Precipitation (Pejjai dkk., 2020), metode pertukaran anion (Guo dkk., 2017), metode termolisis (Ketchemen dkk., 2019), metode SCS (Barqi dkk., 2020), metode pengendapan rendaman kimia satu langkah (Raghavendra dkk., 2020) dan juga metode *hot-injection* (Jia dkk., 2017). Berdasarkan berbagai metode sintesis nanopartikel CuS tersebut diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa CuS sebagai bahan elektroda yang sangat baik untuk aplikasi superkapasitor penyimpanan energi tinggi. Namun kapasitas yang diperoleh masih cukup kecil, sehingga diperlukan pengembangan terus-menerus untuk memperoleh hasil kapasitas yang maksimal untuk digunakan sebagai penyimpanan energi.

Metode *hot-injection* seperti yang digunakan oleh Lu Jia, dkk. berbasis Triethylene Glycol (TEG) tekanan rendah untuk menyiapkan mikrosfer CuS, nanopelat CuS, dan nanopartikel Cu₉S₅ dengan sumber tembaga berupa

$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan dua sumber sulfida yaitu serbuk S dan Thiourea. Penelitian tersebut menentukan pembentukan fasa dan morfologi ketika menggunakan serbuk S atau thiourea sebagai sumber sulfida dan resonansi plasmon permukaan lokal (LSPR) serta ketergantungan pada fase dan morfologinya (Jia dkk., 2017). Sejauh ini masih belum banyak peneliti yang mensintesis nanopartikel CuS menggunakan metode *hot-injection* untuk aplikasi material elektroda superkapasitor. Metode *hot-injection* sendiri dapat memproduksi nanopartikel dengan cepat dan menggunakan alat yang sederhana. Selain itu, dengan menggunakan metode ini dapat memperoleh hasil sintesis nanopartikel dengan tingkat keberhasilan yang tinggi sesuai dengan variasi yang diinginkan. Oleh karena itu, penelitian ini mengadaptasi penelitian yang dilakukan oleh Lu Jia, dkk. dengan beberapa perubahan seperti sumber sulfida yang digunakan thiourea serta beberapa variasi rasio sumber tembaga (Cu) dan sulfida (S) menggunakan metode *hot-injection* untuk sintesis nanopartikel CuS sebagai aplikasi elektroda superkapasitor. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan doping Ni untuk meningkatkan performa dari elektroda superkapasitor dan dilakukan juga pengujian sifat elektrokimia untuk mengetahui performa dari elektroda superkapasitor tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan permasalahan yang memuat pada penelitian ini yaitu karena semakin meningkatnya kebutuhan energi saat ini, perlu adanya pengembangan material elektroda superkapasitor CuS menjadi berukuran skala nano untuk memperluas luas area dari permukaan elektroda superkapasitor. Salah satu permasalahan lain mengenai elektroda superkapasitor yaitu kapasitas yang diperoleh saat ini masih tergolong kecil dan harus dikembangkan dan ditingkatkan kembali. Salah satu cara mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan memperkecil material CuS yang dapat diperoleh dengan sintesis menggunakan metode *hot-injection*. Metode *hot-injection* saat ini belum banyak digunakan. Selain itu, metode sintesis yang banyak digunakan saat ini membutuhkan waktu yang lama, biaya sintesisnya mahal, membutuhkan energi dan temperatur yang tinggi, sedangkan metode sintesis *hot-*

injection dapat memproduksi nanopartikel dengan cepat dan menggunakan alat yang sederhana. Selain itu untuk memperoleh elektroda superkapasitor yang memiliki performa tinggi pada penelitian ini dilakukan optimasi penambahan doping Ni terhadap CuS.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mensintesis nanopartikel CuS menggunakan metode *hot-injection* sehingga dapat digunakan sebagai material elektroda untuk superkapasitor performa tinggi.
2. Menganalisis sifat elektrokimia elektroda superkapasitor CuS untuk mengetahui performa tertinggi dari variasi penambahan doping Ni pada material CuS.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan persoalan pada rumusan masalah perlu adanya batasan-batasan masalah yang dapat mengontrol penelitian untuk menjawab persoalan tersebut. Penelitian ini akan dibatasi dengan difokuskan pada:

1. Proses sintesis nanopartikel CuS didoping Ni dengan larutan Ethylene glycol (EG) sumber tembaga yaitu Tembaga (II) Klorida Dihidrat ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan sumber sulfida yaitu thiourea serta Nikel (II) Klorida Heksahidrat ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) menggunakan metode *hot-injection* untuk pengaplikasian sebagai elektroda superkapasitor.
2. Variasi parameter sampel CuS-Ni dilakukan dengan memvariasikan jumlah penambahan doping Ni yaitu 10n%, 20n% dan 30n% dengan perbandingan Cu dan S yang digunakan yaitu 1:1.
3. Karakterisasi yang dilakukan yaitu XRD untuk membuktikan bahwa sampel yang diperoleh dari hasil sintesis merupakan CuS dan karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan *Cyclic Voltammetry (CV)* untuk melihat tipe superkapasitor yang terbentuk dan *Galvanostatic*

Charge-Discharge (GCD) untuk mengevaluasi kapasitas spesifik atau muatan yang dimiliki oleh elektroda tersebut.

1.5. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif jenis eksperimen. Penulis melakukan eksperimen dan karakterisasi secara langsung di laboratorium Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN), Institut Teknologi Bandung. Adapun beberapa tahapan metode pengumpulan data pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Studi literatur

Penelitian ini dilakukan dengan langkah awalnya yaitu melakukan studi literatur dengan mencari informasi mengenai topik yang akan diteliti, mencari materi serta teori-teori dasar yang berkaitan dengan penelitian yang akan dikerjakan dan juga mempelajari dan memahami dari beberapa buku, artikel, jurnal dan juga sumber lain yang sesuai.

2. Eksperimen

Eksperimen adalah sebuah metode ilmiah yang digunakan untuk mengevaluasi sebab-akibat dalam sebuah sistem atau fenomena tertentu. Eksperimen merupakan sebuah metode pengumpulan data yang dilakukan setelah melakukan studi literatur. dengan melakukan sintesis nanopartikel CuS didoping Ni untuk rasio tertentu menggunakan metode *hot-injection*.

3. Observasi

Metode observasi yaitu berupa suatu proses pengumpulan data dan informasi berdasarkan hasil studi literatur dan eksperimen yang telah dilakukan. Pada tahapan observasi ini dapat dilakukan dengan mengkarakterisasi sampel yang diperoleh dalam eksperimen, sehingga diperoleh data yang selanjutnya dapat dideskripsikan dan dianalisis untuk memperoleh kesimpulan dari penelitian ini.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang mana dikelompokkan kembali menjadi beberapa sub bab untuk memberikan uraian permasalahan dan struktur yang lebih rinci dan jelas.

1. Bab I Pendahuluan

Bagian pendahuluan ini memaparkan mengenai latar belakang topik penelitian yang dilakukan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dilakukannya penelitian tersebut, metode pengumpulan data serta sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Bagian ini berisi mengenai studi literatur yang menjadi bahasan dalam penelitian tersebut yaitu mengenai nanopartikel, tembaga sulfida (CuS), superkapasitor, metode *hot-injection* dan teknik karakterisasi yang digunakan.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini penulis memaparkan metode yang digunakan pada saat penelitian dengan menguraikan langkah-langkah atau proses penelitian mulai dari tempat dan waktu dilaksanakannya penelitian, alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian, langkah-langkah penelitian dan proses karakterisasi penelitian.

4. Bab VI Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini penulis memaparkan hasil penelitian dengan pengukuran menggunakan karakterisasi XRD dan elektrokimia yaitu *Cyclic Voltammetry (CV)* dan *Galvanostatic Charge-Discharge (GCD)*, untuk mengetahui sifat-sifat elektrokimia dari elektroda superkapasitor yang diperoleh berdasarkan penelitian ini.

5. Bab V Penutup

Pada bab ini penulis memaparkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian kedepannya sebagai penutup dari penulisan laporan tugas akhir ini.