

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi modern seperti perangkat elektronik portabel, kendaraan listrik, dan sistem penyimpanan energi terbarukan mengalami peningkatan yang signifikan dalam satu dekade terakhir. Pertumbuhan tersebut mendorong kebutuhan terhadap sistem penyimpanan energi yang efisien, dapat diisi ulang, serta memiliki stabilitas kinerja yang baik dalam jangka panjang (Nayak dkk., 2022). Baterai *Lithium-ion* (Li-ion) menjadi teknologi yang paling banyak digunakan karena memiliki kepadatan energi yang relatif tinggi, efisiensi siklus yang baik, serta stabilitas operasional yang lebih unggul dibandingkan sistem baterai konvensional lainnya (Goodenough dan Park, 2013).

Menurut laporan *International Energy Agency* (IEA), permintaan global baterai Li-ion diproyeksikan meningkat secara signifikan hingga tahun 2030, terutama didorong oleh pertumbuhan kendaraan listrik dan integrasi energi terbarukan (IEA, 2022). Baterai Li-ion umumnya memiliki kepadatan energi berkisar antara 150–250 Wh/kg dan karakteristik pengisian ulang yang baik (Zubi dkk., 2018). Meskipun demikian, peningkatan karakteristik elektrokimia elektroda masih menjadi tantangan, khususnya dalam aspek konduktivitas listrik dan mekanisme transfer muatan yang berperan dalam proses penyimpanan ion litium (Manthiram, 2020). Keterbatasan pada konduktivitas dan kinetika transfer muatan ini mendorong perlunya modifikasi material guna meningkatkan performa elektrokimia elektroda (Nitta dkk., 2015).

Salah satu komponen penting dalam baterai Li-ion adalah anoda, yang berperan dalam penyimpanan ion litium melalui mekanisme interkalasi. Grafit merupakan material anoda komersial yang paling banyak digunakan karena stabilitasnya yang baik serta struktur berlapis yang mendukung proses interkalasi ion Li^+ . Namun demikian, grafit memiliki kapasitas teoritis maksimum sebesar 372 mAh/g serta keterbatasan pada konduktivitas dan kinetika difusi ion pada kondisi

tertentu (Nitta dkk., 2015 dan Schmuck dkk., 2018). Oleh karena itu, modifikasi grafit melalui pendekatan rekayasa material menjadi salah satu strategi yang banyak dikembangkan untuk meningkatkan sifat elektrokimianya.

Pendekatan berbasis nanoteknologi, seperti penambahan nanopartikel logam atau oksida logam ke dalam matriks grafit, telah banyak dikaji sebagai strategi untuk memodifikasi sifat permukaan dan jalur transport elektron pada elektroda, sehingga berpotensi meningkatkan konduktivitas dan respons elektrokimia material (Schmuck dkk., 2018). Selain itu, penggunaan bahan aditif konduktif seperti *carbon black* juga umum dilakukan untuk meningkatkan konektivitas antarpartikel dalam elektroda, sehingga memperbaiki jalur pergerakan elektron dan menurunkan hambatan internal material.

Salah satu material yang dapat dipertimbangkan sebagai dopan adalah nanopartikel tembaga oksida (CuO). CuO merupakan semikonduktor tipe-p dengan aktivitas redoks yang dapat berkontribusi terhadap karakteristik elektrokimia elektroda melalui mekanisme transfer muatan pada permukaan material (Chang dkk., 2024 dan Mardiansyah dkk., 2018). Selain itu, tembaga memiliki ketersediaan yang relatif melimpah dan biaya yang lebih rendah dibandingkan beberapa logam transisi lain yang umum digunakan dalam material elektroda.

Meskipun demikian, sintesis nanopartikel CuO secara konvensional umumnya melibatkan bahan kimia yang berpotensi berbahaya, seperti hidrazin atau natrium borohidrida, yang dapat meninggalkan residu serta menimbulkan dampak lingkungan negatif (Reverberi dkk., 2016). Oleh karena itu, metode *green synthesis* menjadi alternatif yang lebih berkelanjutan dengan memanfaatkan senyawa bioaktif dari tumbuhan sebagai agen pereduksi dan penstabil alami (Mousavi dkk., 2018)

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan material berbasis sumber daya hayati lokal. Salah satu tanaman yang berpotensi dimanfaatkan adalah daun jambu bol (*Syzygium malaccense*), yang diketahui mengandung senyawa fenolik, flavonoid, dan tanin dalam jumlah signifikan. Senyawa-senyawa tersebut berperan sebagai agen pereduksi alami yang mampu mereduksi ion logam sekaligus bertindak sebagai penstabil untuk mencegah aglomerasi nanopartikel. Beberapa penelitian melaporkan bahwa ekstrak *Syzygium malaccense* berhasil digunakan

dalam sintesis nanopartikel perak dengan ukuran relatif kecil dan distribusi yang homogen (Bhavi dkk., 2025). Namun, pemanfaatan ekstrak daun jambu bol untuk sintesis nanopartikel CuO serta aplikasinya sebagai material modifikasi elektroda grafit dalam baterai Li-ion masih terbatas.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis nanopartikel CuO melalui metode *green synthesis* menggunakan ekstrak daun jambu bol (*Syzygium malaccense*) serta mengkaji pengaruh penambahannya terhadap sifat elektrokimia elektroda grafit melalui analisis karakteristik redoks dan sifat listrik. Kombinasi antara CuO dan grafit diharapkan dapat memberikan modifikasi pada karakteristik transfer muatan dan konduktivitas elektroda, sehingga memberikan gambaran awal mengenai potensinya sebagai material anoda Li-ion berbasis pendekatan ramah lingkungan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis nanopartikel tembaga oksida (CuONp) dari prekursor ion tembaga melalui metode sintesis hijau (*green synthesis*) dengan memanfaatkan ekstrak daun jambu bol (*Syzygium malaccense*) sebagai agen pereduksi dan penstabil, serta mengarakterisasi sifat struktural dan morfologinya. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan nanopartikel CuO terhadap sifat elektrokimia elektroda grafit sebagai material anoda *Lithium-ion* melalui pengujian karakteristik redoks dan sifat listrik.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material elektroda berbasis grafit melalui pemanfaatan nanopartikel tembaga oksida (CuO) hasil *green synthesis* menggunakan ekstrak daun jambu bol (*Syzygium malaccense*). Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan metode sintesis nanopartikel yang ramah lingkungan berbasis sumber daya hayati lokal.

Dari sisi pengembangan teknologi, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal mengenai potensi penggunaan nanopartikel CuO sebagai material dopan dalam meningkatkan sifat listrik dan karakteristik

elektrokimia elektroda grafit, sehingga dapat mendukung pengembangan material anoda baterai *lithium-ion* yang lebih efisien dan berkelanjutan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini berfokus pada sintesis nanopartikel tembaga oksida (CuO) menggunakan metode *green synthesis* berbasis ekstrak daun jambu bol (*Syzygium malaccense*) serta karakterisasi sifat optik dan strukturalnya menggunakan *UV-Visible*, *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX). Serta pembuatan elektroda dilakukan dengan mencampurkan grafit sebagai material aktif dengan penambahan nanopartikel CuO dalam bentuk *slurry* yang dilapiskan pada copper foil menggunakan metode Mayer rod. Evaluasi sifat elektrokimia difokuskan pada analisis karakteristik redoks menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV) dan pengukuran sifat listrik menggunakan LCR meter.

