

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Baterai ion litium telah banyak digunakan secara luas dalam berbagai perangkat elektronik portabel seperti ponsel dan laptop. Baterai ini terdiri dari empat komponen utama, yaitu anoda, katoda, elektrolit dan separator. Anoda berperan sebagai tempat terjadinya interkalasi ion litium selama proses pengisian daya (*charge*). Elektrolit, yang merupakan pelarut organik, berfungsi sebagai media penghantar ion litium antara anoda dan katoda. Sementara itu, separator merupakan material berpori yang berfungsi mencegah terjadinya hubungan arus pendek akibat kontak langsung antara kedua elektroda. Di antara keempat komponen tersebut, katoda memegang peran penting dalam menentukan kapasitas pengisian dan pengosongan serta masa pakai baterai (Wang *et al.*, 2019).

Baterai ion litium memiliki beberapa jenis katoda yang digunakan yaitu  $\text{LiCoO}_2$ ,  $\text{LiNiO}_2$ , dan  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ .  $\text{LiCoO}_2$  merupakan bahan pertama yang digunakan dalam pengembangan baterai ion lithium karena memiliki pangsa besar di pasar global. Meskipun demikian, material ini memiliki kekurangan toksisitas tinggi dan biaya produksinya mahal (Andre *et al.*, 2015).  $\text{LiNiO}_2$  memiliki potensi besar untuk memberikan kapasitas pengosongan energi yang tinggi (250 mAh/g) (Yoon *et al.*, 2018), tetapi ketidakstabilan siklusnya membuat  $\text{LiNiO}_2$  kurang ideal untuk kendaraan listrik (Nisa *et al.*, 2022).  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  memiliki keunggulan harga yang murah, tidak beracun dan mudah di produksi serta *discharge potential* yang tinggi dibandingkan  $\text{LiCoO}_2$ . Namun  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$

memiliki efek Jahn-Teller sehingga kapasitasnya cepat menurun dan masa pakainya pendek (Michalska *et al.*, 2018).

Mengatasi berbagai keterbatasan tersebut dikembangkan material  $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$  (NMC) yang menggabungkan keunggulan masing-masing bahan elektroda oksida logam transisi lithium (Nisa *et al.*, 2022). NMC yang telah banyak digunakan pada perangkat portabel dan memiliki struktur kristal yang mirip  $\text{LiCoO}_2$  dan  $\text{LiNiO}_2$  namun kapasitas spesifiknya lebih tinggi daripada  $\text{LiCoO}_2$  (H. Yang *et al.*, 2020). Selain itu NMC memiliki harga yang murah, siklus hidup panjang dan tingkat keamanan yang baik (Purwamargapratala *et al.*, 2023). NMC juga memiliki beberapa jenis berdasarkan rasio molar Ni:Mn:Co, yaitu NMC811 (Park, 2024), NMC333 (H. Wang *et al.*, 2022), NMC622 (Tahmasebi & Obrovac, 2024), NMC532 (Purwamargapratala *et al.*, 2022) dan NMC541 (Purwamargapratala *et al.*, 2023).

Penelitian ini difokuskan pada NMC541, yaitu bahan katoda yang terdiri dari nikel (Ni), mangan (Mn) dan kobalt (Co) dengan perbandingan 5:4:1. Bahan ini dipilih karena keunggulannya, yaitu katoda NMC541 memiliki kandungan Ni yang tinggi, secara signifikan dapat meningkatkan kepadatan energi dan kapasitas pengosongan, artinya bahan katoda NMC541 mampu menyimpan lebih banyak energi, memberikan performa yang baik dalam hal kapasitas penyimpanan. Namun nilai Ni yang terlalu tinggi dapat membuat stabilitas termalnya cepat turun. Kandungan Mn yang tinggi memberikan stabilitas termal yang baik, hal ini penting karena dapat meningkatkan keamanan baterai dan bisa mencegah masalah *overheating* saat dipakai. Lalu, kandungan Co yang rendah dalam katoda NMC541 mengurangi resiko lingkungan karena Co sendiri merupakan bahan B3 berbahaya dan dapat menurunkan biaya

produksi karena Co cukup mahal. Dengan perbandingan Ni, Mn, Co yang diatur secara optimal, NMC541 menawarkan keseimbangan yang ideal antara stabilitas termal, performa yang tinggi, pengurangan dampak lingkungan dan biaya produksi (Purwamargapratala *et al.*, 2023).

Penelitian mengenai NMC541 telah dilakukan menggunakan metode kopresipitasi (Purwamargapratala *et al.*, 2023) dan *sol-gel* (Purwamargapratala *et al.*, 2023). Metode kopresipitasi membutuhkan kontrol ketat terhadap variabel seperti pengadukan, laju aliran, pH, suhu dan atmosfer. Sedangkan metode *sol-gel* prosesnya rumit dan biaya produksi mahal. Penelitian ini menggunakan metode hidrotermal karena bahannya mudah didapat, murah dan prosesnya sederhana (Widiyandari *et al.*, 2019). Metode hidrotermal dapat menghasilkan partikel dengan kristanilitas tinggi dan distribusi partikel lebih seragam (Sumiyati *et al.*, 2021)

Pada penelitian ini dilakukan sintesis mengenai katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$  dengan melakukan variasi suhu hidrotermal 160 °C, 180 °C, 200 °C dan 220 °C. Setelah sintesis selesai, sampel serbuk hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluoresence (XRF)*, *Inductance Capacitance Resistance (LCR)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Selanjutnya, untuk mengetahui performa elektrokimia baterai dilakukan pengujian *Cyclic Voltammetry (CV)*, *Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS)* dan *Charge- Discharge (CD)*.

## **B. Batasan Masalah**

1. Bahan katoda yang digunakan adalah  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .
2. Metode yang digunakan adalah hidrotermal.

3. Suhu hidrotermal yang digunakan yaitu 160 °C, 180 °C, 200 °C dan 220 °C.
4. Karakterisasi material yang digunakan adalah XRF, XRD, SEM dan LCR.
5. Pengujian elektrokimia yang digunakan adalah CV, EIS dan CD
6. Pembahasan XRF difokuskan pada rasio komposisi unsur Ni:Mn: Co.
7. Pembahasan SEM difokuskan pada morfologi dan ukuran partikel.
8. Pembahasan XRD mencakup identifikasi fasa dan struktur Kristal.
9. Pembahasan LCR mencakup konduktivitas listrik.
10. Pembahasan CV difokuskan pada reaksi redoks.
11. Pembahasan EIS mencakup resistansi internal dan difusi ion litium.
12. Pembahasan CD difokuskan pada kapasitas spesifik dan *coulumbic efficiency*.

### **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini ialah:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu hidrotermal terhadap morfologi katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu hidrotermal terhadap struktur kristal katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .
3. Bagaimana pengaruh variasi suhu hidrotermal terhadap performa elektrokimia baterai ion litium setelah menggunakan bahan katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .

#### **D. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh variasi suhu hidrotermal terhadap morfologi katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu hidrotermal terhadap struktur kristal katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .
3. Mengetahui pengaruh variasi suhu hidrotermal terhadap kinerja elektrokimia baterai ion litium setelah menggunakan bahan katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .

#### **E. Manfaat Penelitian**

1. Teoritis, mengetahui suhu hidrotermal yang tepat untuk sintesis katoda  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.4}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ .
2. Praktis, memberikan kontribusi penelitian dalam pengembangan baterai ion litium.