

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini perkembangan baterai sedang dilakukan untuk menawarkan kemampuan penyimpanan energi yang unggul dan dapat menunjukkan potensinya di bidang elektronik. Baru-baru ini, baterai litium-ion (Li-ion) sedang dikembangkan lebih lanjut untuk mobil listrik seperti *Electric vehicles* (EV) (Pang dkk., 2018). Perkembangan katoda menjadi salah satu faktor terpenting karena mampu menghasilkan kerapatan energi yang cukup besar. Saat ini sudah terdapat beberapa jenis katoda yang telah dibuat dengan berbagai struktur interkalasi, diantaranya *layered* LiMO_2 , *spinel* $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$, *olivine* LiFePO_4 , Tavorite LiVPO_4F (Suryadi dkk., 2023), dan *layered-layered* $x\text{Li}_2\text{MnO}_3(1-x)\text{LiMO}_2$ ($M = \text{Ni, Co, Al, Mn, dan lain-lain}$). Dari semua jenis katoda ini, katoda *layered* merupakan jenis yang paling baik jika dilihat dari kinerja elektrokimianya (Karunawan dkk., 2022).

Katoda kaya akan litium yang selanjutnya ditulis sebagai *Li-rich* ($\text{Li}_{1,2}\text{Mn}_{0,54}\text{Ni}_{0,13}\text{Co}_{0,13}\text{O}_2$) adalah salah satu jenis katoda *layered* dengan kandungan litium yang cukup tinggi. Katoda ini memiliki kapasitas listrik spesifik *discharge* yang tinggi (lebih dari 200 mAh/g) yang dihasilkan dari adanya fase Li_2MnO_3 dan LiMO_2 ($M = \text{logam transisi seperti Ni, Co, dan Mn}$) yang menyediakan anion dan *kation redoks* (He dkk., 2024). Namun, terdapat masalah pada katoda jenis *Li-rich* ini yaitu, saat aktivasi Li_2MnO_3 menghasilkan *irreversible* oksigen redoks yang berpengaruh pada kehilangan kapasitas pada saat pengosongan awal dan perubahan struktur dari *layered* ke *spinel* saat proses pengisian dan pengosongan sehingga berdampak pada buruknya performa ketika siklus panjang (Yi dkk., 2022a).

Terdapat banyak penelitian untuk mengatasi masalah pada *Li-rich* ini di antaranya bisa dengan metode pelapisan (*coating*), *doping* menggunakan ion logam, ataupun modifikasi pada mikrostruktur permukaan (Jiang dkk., 2019). Modifikasi mikrostruktur permukaan menjadi hal yang menarik untuk dikembangkan saat ini, seperti membentuk

struktur *spinel* secara in-situ pada permukaan material katoda. Hal ini karena fase *spinel* yang terbentuk dapat memberikan jalur 3D pada proses interkalasi Li^+ sehingga mampu meningkatkan difusifitas ionnya, serta mampu untuk menahan pelarutan ion dan pelepasan oksigen yang akan menyebabkan pembentukan *spinel* pada proses pengisian dan pengosongan (He dkk., 2024).

Su dkk (2019) mencoba untuk membentuk *spinel* pada permukaan katoda dengan memberikan perlakuan menggunakan asam kuat H_2SO_4 . Pembentukan *spinel* ini terjadi karena adanya pertukaran ion Li^+ dan H^+ pada permukaan *Li-rich* saat proses pencampuran dengan asam yang menyebabkan ekstraksi ion Li^+ . Saat proses pemanasan logam transisi akan mengisi kekosongan situs Li^+ , sehingga terbentuk struktur *spinel*. Namun, penggunaan asam kuat akan sulit untuk mengontrol lapisan modifikasi yang cenderung menyebabkan cacat permukaan yang berlebihan sehingga berpotensi merusak struktur material (Fu dkk., 2024) dan akan menurunkan stabilitas siklusnya (Feng dkk., 2022). Hal ini karena asam lemah terionisasi secara sempurna sehingga pertukaran ion Li^+ dan H^+ menjadi tidak terkendali yang menyebabkan reaksi secara cepat dan tidak selektif. Oleh karena itu, penggunaan asam lemah dapat dilakukan karena memiliki tingkat keasaman (pK_a) yang rendah (lebih dari 3) dan proses ionisasinya tidak sempurna yang menyebabkan pelepasan ion H^+ secara sedikit demi sedikit sehingga proses pertukaran ion lebih terkendali.

Pang dkk (2018) telah menggunakan *L-ascorbic Acid* untuk memodifikasi permukaan dengan durasi optimal 1 jam, didapatkan *initial coulombic efficiency* mencapai 90,7% dengan kerapatan arus 0,05C dan memiliki kapasitas retensi sebesar 82,4% pada 0,5C setelah 100 siklus. Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi struktur permukaan menggunakan jenis asam lemah lainnya, yaitu asam kloro asetat (*chloro acetic acid*), dimana asam kloro asetat telah digunakan sebagai agen leaching LiFPO_4 (*recycle material*), hal ini terjadi karena adanya substitusi ion hydrogen dan ion lithium (Li^+/H^+ exchange) pada materialnya. (Zhang dkk., 2025). Selain itu, jika dibandingkan dengan asam lemah lainnya yang pernah digunakan

untuk treatment seperti *L-ascorbic acid* dan asam asetat murni, pKa asam kloro asetat yaitu 3,47, *L-ascorbic acid* 4,1, dan asam asetat murni 4,76, tingkat keasaman ini dapat memperlihatkan bahwa seharusnya tingkat ekstraksi asam kloro asetat lebih baik dan lebih cepat jika dibandingkan dengan *L-ascorbic Acid*. Tingkat keasaman ini juga yang bisa menjadi faktor utama keterbentukan struktur spinel yang baik dengan waktu reaksi yang relatif singkat karena proses pertukaran ion Li^+ dan H^+ nya sangat baik dan tetap terkontrol. Pada penelitian ini dilakukan proses perlakuan asam menggunakan asam kloro asetat pada *Li-rich* untuk membentuk struktur *spinel* di permukaan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana proses pembentukan struktur *spinel* di permukaan dengan memberikan perlakuan asam menggunakan asam kloro asetat pada bahan *Li-rich*?
2. Bagaimana hasil kinerja elektrokimia pada bahan *Li-rich* yang dilakukan perlakuan asam menggunakan asam kloro asetat?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Membentuk struktur *spinel* di permukaan pada bahan katoda *Li-rich* menggunakan asam kloro asetat dengan optimasi massa dan waktu reaksi.
2. Mengevaluasi kinerja elektrokimia bahan katoda *Li-rich* yang telah diberikan perlakuan menggunakan asam kloro asetat.

1.4. Batasan Masalah

Batasan yang diterapkan untuk memudahkan analisis penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Pengaruh perlakuan *Li-rich* dengan asam kloro asetat hanya dilakukan dengan variasi massa (0,04 g, 0,08 g, dan 0,12g) dan waktu reaksi (15 menit, 1 jam, dan 3 jam).
2. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi kinerja elektrokimia dengan pengukuran efisiensi *coulombic* awal, kapasitas listrik spesifik, kapasitas retensi hingga 50 siklus dengan kerapatan arus 100 mA/g, dan hambatan transfer muatan (R_{ct}) dari pengukuran Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS).
3. Karakterisasi material dibatasi pada metode X-Ray Diffraction (XRD) untuk melihat perubahan struktur kristal dan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk melihat morfologi serta ukuran partikel setelah perlakuan asam.

1.5. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut.

1. Studi literatur, metode ini digunakan untuk mengumpulkan berbagai teori dan referensi dari esai, jurnal, ataupun buku yang berkaitan dengan penelitian ini sehingga dapat diaplikasikan ketika penelitian.
2. Eksperimen, kajian ini dilakukan dengan berbagai tahapan yaitu, sintesis *Li-rich*, memberikan perlakuan menggunakan asam kloro asetat dengan variasi massa dan waktu, melakukan pembuatan elektroda, dan diakhiri dengan evaluasi kinerja elektrokimia serta melihat karakterisasi bahannya.

1.6. Sistematika Penulisan

Pembahasan sistematika penulisan laporan penelitian untuk setiap bab ini diuraikan secara singkat. Sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN. Berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan.

- BAB II** TINJAUAN PUSTAKA. Berisi teori – teori yang mendasari penelitian.
- BAB III** METODE PENELITIAN. Berisi penjelasan mengenai teknis atau prosedur penelitian yang dilakukan, alat dan bahan, serta teknik pengambilan data penelitian.
- BAB IV** HASIL DAN PEMBAHASAN. Berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.
- BAB V** Penutup. Berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk ke depannya

