

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pada kendaraan listrik, baterai memiliki peranan yang penting yaitu sebagai penyimpan energi, baterai juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap intensitas penggunaan energi, aspek keselamatan, dan masa pakai baterai itu sendiri. Semua faktor ini secara langsung memengaruhi total biaya dan harga kendaraan listrik (Wen et al., 2020) (Jyoti et al., 2021). Baterai yang umum digunakan di kendaraan listrik adalah baterai lithium ion (Li-ion) (Liu et al., 2021). Terdapat berbagai macam baterai Li-ion, ada yang mengandung material seperti lithium, nikel, mangan, kobalt, dan bahan organik, tergantung dengan jenis baterai lithium yang akan dibuat (Gaur et al., 2021) (Hein et al., 2020) (Gao et al., 2020). Contoh baterai Li-ion antara lain seperti  $\text{LiFePO}_4$  (*Lithium Iron Phosphate*),  $\text{LiCoO}_2$  (*Lithium Cobalt Oxide*),  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  (*Lithium Manganese Oxide*) dan lain-lain (“Effect of Layered, Spinel, and Olivine-Based Positive Electrode Materials on Rechargeable Lithium-Ion Batteries: A Review,” 2023). Lithium didapatkan dari hasil tambang dan menjadi salah satu aset hasil tambang yang berharga saat ini karena permintaan yang tinggi untuk pembuatan baterai kendaraan listrik. Namun, tambang lithium yang dilakukan terus-menerus menyebabkan kerusakan pada alam dan dampak sosial disekitarnya (Chaves et al., 2021) (Petavratzi et al., 2022). Agar tidak menimbulkan dampak negatif, tambang lithium ini harus dibatasi dan dikontrol. Salah satu cara untuk mengontrolnya adalah dengan membuat baterai Li-ion yang dapat di daur ulang (*recycle*). Alasannya adalah di baterai tersebut yang sudah tidak aktif memiliki komponen katoda yang memiliki material berharga, seperti lithium, kobalt, mangan, tembaga, dan nikel (Wolf et al., 2021).

Satu kilogram produksi material katoda baterai lithium baru memerlukan energi sebesar 795,4 MJ, sedangkan *Recycle* baterai lithium hanya butuh 387,4 MJ. Ini berarti terdapat sekitar 51% penghematan energi produksi yang terjadi jika menggunakan *recycle* daripada produksi baterai baru (Fan et al., 2020). Sebagai contoh, dalam produksi satu ton lithium dibutuhkan sekitar 400.000 liter air. Air ini diambil dari sumber air di dekat tambang, ini

menyebabkan sumber air disekitar daerah tambang mengalami penyusutan, memengaruhi kualitas air, dan berdampak kepada flora dan fauna sekitar (Gutierrez et al., 2022). Karena perihal inilah dasar dalam pengembangan *recycle* baterai perlu dipelajari lebih lanjut.

Sifat listrik pada baterai memiliki peran penting dalam menentukan spesifikasi pada beban yang akan digunakan, selain itu sifat listrik juga menentukan kapasitas penyimpanan baterai, tingkat pengisian daya atau *State of Charge* (SOC), dan kondisi baterai atau *State of Health* (SOH) (Su et al., 2024). Hubungan antara karakteristik sifat listrik ini akan memengaruhi kinerja, efisiensi, dan umur penggunaan baterai, sehingga pemahaman yang mendalam terhadap sifat listrik pada baterai Li-ion sangat penting dalam pengelolaan dan optimalisasi penggunaan baterai.

Struktur material lithium penyusun memengaruhi sifat listrik yang dihasilkan oleh baterai Li-ion (Zhang et al., 2021). Teknik *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk menganalisis struktur dari material penyusun baterai, juga untuk mengetahui karakterisasi posisi, susunan, dan jarak tiap atom (Cañas et al., 2013) (Ali et al., 2022). *Scanning Electron Microscopy* (SEM) juga diterapkan dalam penelitian ini untuk mengetahui mengenai permukaan dan gambar tiga dimensi dari mikrostruktur material lithium (Ahamad & Maizul, 2020) (Sun et al., 2024). Mikrostruktur dari baterai LiFePO<sub>4</sub> akan dipengaruhi oleh rangkaian pembebanan yang diberikan kepada baterai tersebut. Baterai LiFePO<sub>4</sub> akan diberikan variasi perlakuan berbeda dari rangkaian beban yang diberikan. Rangkaian pembebanan yang diberikan merupakan variasi dari beban (Watt) dan juga resistansi (Ohm). Sehingga dari variasi tersebut akan menghasilkan hasil yang berbeda pula. Analisis akan dilakukan terhadap nilai tegangan dan arus pada baterai, selain itu juga akan dianalisis mengenai SOC dan SOH-nya apakah terdapat pengaruh signifikan terhadap baterai LiFePO<sub>4</sub> yang sedang diteliti. Hasil akhir dari penelitian ini adalah mengamati karakterisasi sifat listrik pada baterai LiFePO<sub>4</sub>, mengobservasi struktur material penyusun baterai LiFePO<sub>4</sub> dari dampak variasi rangkaian pembebanan, dan analisa SOC serta SOH terhadap baterai LiFePO<sub>4</sub>. Diharapkan dari penelitian

ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan *recycle* baterai dikemudian hari dari data yang telah diperoleh.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari latar belakang yang telah dipaparkan sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat listrik material katoda baterai lithium dari berbagai kondisi baterai  $\text{LiFePO}_4$  yang berbeda?
2. Bagaimana struktur material katoda baterai lithium dari berbagai kondisi baterai  $\text{LiFePO}_4$  yang berbeda?
3. Bagaimana korelasi struktur material katoda baterai  $\text{LiFePO}_4$  dengan sifat listriknya dan bagaimana korelasi ini dapat menjadi dasar pengembangan metode *recycle* yang efektif?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dan manfaat yang didapatkan setelah penelitian ini selesai terealisasikan adalah

1. Dapat memahami sifat listrik material katoda baterai lithium dan kinerja baterai dari kondisi baterai yang berbeda.
2. Dapat mengidentifikasi struktur material katoda baterai Li-ion menggunakan teknik XRD dan SEM, sehingga dapat menganalisis dampak yang akan dihasilkan di masa depan mengenai kinerja baterai lithium secara keseluruhan.
3. Dapat memahami korelasi struktur material katoda baterai  $\text{LiFePO}_4$  dengan sifat listriknya sebagai dasar pengembangan metode *recycle* yang efektif.

## **1.4. Batasan Masalah dan Asumsi Penelitian**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah

1. Jenis baterai Li-ion yang dipakai adalah baterai  $\text{LiFePO}_4$  3,2 Volt berkapasitas 1800 mAh, tipe 18650.
2. Pengujian struktur material menggunakan teknik *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).
3. Analisis struktur material  $\text{LiFePO}_4$  menggunakan *software* Match!, Diamond, dan MATLAB.

4. Baterai LiFePO<sub>4</sub> bekas yang digunakan adalah baterai lithium yang telah mengalami variasi *cycle*.
5. Suhu lingkungan/ruangan ketika dilakukan penelitian adalah berlaku suhu normal ruangan.
6. Pengaruh suhu pada baterai LiFePO<sub>4</sub> ketika penelitian berlangsung tidak dihiraukan dalam penelitian ini.
7. Nilai besar pembebanan yang diberikan adalah 800 Watt 2,5 Ohm dan 1000 Watt 0,005 Ohm.
8. Banyaknya *cycle* yang diberikan kepada baterai LiFePO<sub>4</sub> adalah 1 kali, 30 kali, dan 100 kali tidak berurutan.

Adapun asumsi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesa Umum (H<sub>0</sub>): Tidak terdapat perbedaan atau tidak ada dampak apapun yang signifikan antara tegangan, arus, kapasitas, nilai SOC, dan SOH terhadap katoda baterai baru dan bekas yang telah dilakukan variasi *cycle*.
2. Hipotesa Alternatif (H<sub>1</sub>): Terdapat perbedaan atau pengaruh antara tegangan, arus, kapasitas, nilai SOC, dan SOH dari katoda baterai baru dan bekas yang telah dilakukan variasi *cycle*.
  - a. Sub-Hipotesa 1 (H<sub>1a</sub>): Tegangan pada katoda baterai baru lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan pada katoda baterai bekas yang telah digunakan pengisian daya dengan variasi *cycle*.
  - b. Sub-Hipotesa 2 (H<sub>1b</sub>): Arus pada katoda baterai baru lebih tinggi dibandingkan dengan arus pada katoda baterai bekas yang telah digunakan pengisian daya dengan variasi *cycle*.
  - c. Sub-Hipotesa 3 (H<sub>1c</sub>): Kapasitas pada katoda baterai baru lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas pada katoda baterai bekas yang telah digunakan pengisian daya dengan variasi *cycle*.
  - d. Sub-Hipotesa 4 (H<sub>1d</sub>): SOC pada katoda baterai baru lebih tinggi dibandingkan dengan SOC pada katoda baterai bekas yang telah digunakan pengisian daya dengan variasi *cycle*.

- e. Sub-Hipotesa 4 ( $H_{1e}$ ): SOH pada katoda baterai baru lebih tinggi dibandingkan dengan SOH pada katoda baterai bekas yang telah digunakan pengisian daya dengan variasi *cycle*.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diberikan oleh penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman umum mengenai karakteristik struktur kristal pada material katoda baterai Li-ion baru dan bekas.
2. Menjelaskan hubungan antara struktur kristal dan sifat listriknya.
3. Menjelaskan bagaimana cara membaca data XRD dan SEM dalam menentukan karakteristik kristal yang sesuai dari katoda rusak untuk pengembangan recycle baterai lithium.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan akhir ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I : Membahas mengenai pendahuluan, seperti latar belakang kenapa penelitian dilakukan, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian, dan manfaat penelitian.
2. BAB II : Membahas mengenai tinjauan pustaka yang berisi mengenai kajian penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dan linear dengan topik tugas akhir.
3. BAB III : Membahas mengenai metodologi penelitian yang berisi mengenai alur penelitian pelaksanaan tugas akhir.
4. BAB IV : Membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data penelitian, seperti analisis rangkaian pembaca tegangan dan rangkaian pembebanan, serta analisis *charge-discharge* baterai  $\text{LiFePO}_4$ .

5. BAB V : Membahas mengenai analisis dan pembahasan dari data penelitian, analisis rangkaian pembebanan, serta analisis nilai SOC dan SOH.
6. BAB VI : Membahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan dan saran untuk penelitian selanjutnya.