

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya kebutuhan energi baterai disebabkan oleh perkembangannya yang pesat dalam berbagai sektor seperti perangkat elektronik, aplikasi industri, robotika, dan perangkat medis. Hal tersebut didorong oleh keunggulan baterai dalam menyimpan energi dengan densitas tinggi serta daya tahan jangka panjang (Kariper, 2022). Komponen utama penyusun baterai meliputi katoda (elektroda negatif), anoda (elektroda positif), separator, dan elektrolit (Bungeler & Riegel, 2023).

Dalam beberapa dekade terakhir, katoda baterai berbasis sulfur semakin diminati karena sulfur tersedia melimpah di alam, memiliki biaya produksi rendah, ramah lingkungan, serta mempunyai densitas energi tinggi (He *et al*, 2022; Zhang *et al*, 2022). Namun, sulfur tidak dapat larut dalam elektrolit sehingga sulit diintegrasikan ke dalam struktur baterai (Bruce *et al*, 2019).

Pada baterai Litium-Sulfur (Li-S), rendahnya konduktivitas sulfur dan litium sulfida menyebabkan efisiensi transfer elektron yang buruk dan kurang layak secara komersial (Pan *et al*, 2023; Tiwari *et al*, 2024). Pembentukan litium polisulfida selama siklus pengisian/pengosongan menyebabkan efek *shuttle*, mengurangi material sulfur aktif dan umur baterai (Tan *et al*, 2021). Masalah serupa terjadi pada baterai Alumunium-Sulfur (Al-S) dan Cuprum-Sulfur (Cu-S), pembentukan polisulfida dan konduktivitas yang buruk bisa menyebabkan degradasi material katoda dan menurunkan kinerja siklus (Yu & Manthiram, 2020; Xiao *et al*, 2022). Oleh karena itu, pengembangan katoda baterai berbasis sulfur memerlukan sintesis dan karakterisasi material yang tepat.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini yakni memodifikasi katoda baterai sulfur komposit yang melibatkan kombinasi sulfur, *Activated Carbon* (AC), dan *Carbon Nanotube* (CNT) dalam rasio 7:2:1 yang dipanaskan pada suhu 155°C selama 6 jam. Kombinasi yang ada dapat

meningkatkan konduktivitas sulfur hingga 437,6 mAh/g (Lu, dkk, 2023). AC memiliki luas permukaan tinggi, sementara CNT menawarkan konduktivitas tinggi (Colomba *et al*, 2022; Ponce *et al*, 2022; Song *et al*, 2022). Pengikat yang digunakan adalah campuran *Polyvinylidene Fluoride* (PVDF) dan *N-Methyl-2-pyrrolidone* (NMP) yang tahan korosi dan panas (Hastuti & Irfana, 2021).

Penelitian oleh Chen, dkk (2021) menemukan bahwa katoda berbasis Sulfur/MWCNT yang dipurifikasi dengan HCl dapat meningkatkan konduktivitas elektrokimia dari 5×10^{-30} (S/cm) menjadi $3,4 \times 10^{-6}$ (S/cm). Menurut Latha (2022), MWCNT terdiri dari atom karbon berbentuk tabung silinder koaksial dengan konduktivitas tinggi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa MWCNT mampu meningkatkan konduktivitas listrik material elektroda.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, AC dan CNT digunakan untuk meningkatkan konduktivitas sulfur dan kinerja katoda baterai. Penelitian ini mengusulkan sintesis serta karakterisasi elektrokimia katoda baterai berbasis Sulfur-Activated Carbon-MWCNT-PVDF dengan pelarut DMF. DMF ialah pelarut polar dengan rumus C_3H_7NO yang efektif untuk berbagai senyawa. Kombinasi DMF dengan PVDF mampu menciptakan kohesi mekanis serta integritas struktural dari komposit katoda (Muzart, 2019). Perpaduan material ini diharapkan dapat mengatasi ketidakstabilan elektrokimia dan rendahnya konduktivitas sulfur secara optimal.

Penelitian ini juga akan menguji elektroda dengan variasi konsentrasi Na_2SO_4 sebagai elektrolit, yang memiliki kapasitansi spesifik lebih tinggi dibanding H_2SO_4 karena jari-jari ion Na^+ yang lebih besar dan konduktivitas ionik molar lebih rendah (Mukti, 2023). Na_2SO_4 bertindak sebagai agen stabilisasi dan mengurangi pelarutan polisulfida. Mukti (2023) menemukan kapasitansi spesifik tertinggi pada konsentrasi 1 M dan konduktivitas terbesar pada 0,5 M pada variasi konsentrasi 0,5; 1; dan 2 M Na_2SO_4 . Penelitian ini akan menggunakan variasi konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,8; dan 1 M untuk menentukan titik optimum dan meningkatkan kinerja katoda baterai sulfur.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh morfologi serta unsur penyusun katoda Sulfur/ *Activated Carbon*/ MWCNT/ PVDF menggunakan teknik karakterisasi SEM yang lebih optimal.
2. Mendapatkan nilai kapasitansi spesifik katoda Sulfur/ *Activated Carbon*/ MWCNT/ PVDF pada tiap variasi konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 melalui uji CV.
3. Mendapatkan nilai konduktivitas dari katoda Sulfur/ *Activated Carbon*/ MWCNT/ PVDF pada tiap variasi konsentrasi elektrolit Na_2SO_4 melalui uji EIS.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki relevansi yang besar dengan bidang fisika material serta teknologi penyimpanan energi. Dengan pemahaman yang mendalam mengenai pengaruh variasi konsentrasi Na_2SO_4 pada katoda sulfur komposit, baterai berbasis sulfur dapat dikembangkan dengan kinerja yang lebih baik. Peningkatan performa baterai memungkinkan aplikasi yang lebih luas dalam berbagai industri, seperti elektronik portabel, kendaraan listrik, hingga medis.

Selain itu, penelitian ini juga berkontribusi sebagai dasar untuk penciptaan material baru yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada peningkatan performa praktis katoda baterai berbasis sulfur, tetapi juga berupaya meningkatkan pengetahuan ilmiah terutama di bidang fisika material.