

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di antara berbagai sistem baterai isi ulang, baterai lithium-sulfur (LSB) memberikan sistem tenaga energi tinggi dan menarik banyak perhatian karena biaya rendah, sumber tersebar luas, kapasitas spesifik teoretis tinggi (1.675 mAh/g), dan kepadatan energi yang tinggi (2.600 Wh/kg) (Li, Wu and Lou, 2016). Kuantitas sulfur di bumi cukup melimpah, biaya penambangannya tidak mahal serta tidak beracun (Liu *et al.*, 2015) atau dengan kata lain lebih aman dan ramah lingkungan dibanding lithium, cobalt, dan logam transisi lainnya (Manthiram, Fu and Su, 2013). Sulfur dapat menerima dua elektron pada tiap atom nya sehingga reaksi elektrokimia unsur ini tergolong baik. Secara teori kapasitas dari unsur sulfur ini mencapai 1675mAh/g (Manthiram, Fu and Su, 2013) dan kapasitas teoritis lithium mencapai 3861 mAh/g (Adelhelm *et al.*, 2015). Nilai densitas energi dari baterai ini 3-5 kali lebih besar dibandingkan baterai lithium konvensional (katoda LiCoO_2 dan LiFePO_4) (Adelhelm *et al.*, 2015)(Yang *et al.*, 2015b).

Sulfur sendiri merupakan unsur yang tersedia dalam molekul poliatomik dengan struktur berbeda dimana bentuk molekul okta-sulfur (cyclo- S_8) merupakan alotrop yang paling stabil pada temperatur ruangan dibanding bentuk lain. Katoda sulfur (cyclo- S_8) mengalami serangkaian perubahan struktural dan morfologis selama proses charge dan discharge baterai. Terjadi pembentukan litium polisulfida terlarut

Li_2S_x ($8 < x < 2$) dan sulfida tidak larut $\text{Li}_2\text{S}_2/\text{Li}_2\text{S}$ dalam elektrolit cair. Masalah terbesar pada baterai ini sendiri berhubungan dengan kelarutan polisulfida rantai panjang (PS) yang terbentuk di katoda melalui reduksi sulfur murni (S_8) dan/atau dengan oksidasi polisulfida rantai pendek (Swiderska-Mocek and Rudnicka, 2015). Produk pengosongan yang tercipta (Li_2S_x , $2 < x < 8$) merupakan konsekuensi tingginya kelarutan, yang mengakibatkan berkurangnya massa aktif sulfur di katoda (Mikhaylik and Akridge, 2004). Selain itu, polisulfida terlarut memicu *shuttle effect* antara anoda dan katoda selama proses pengisian yang melibatkan reaksi *side reduction* dengan anoda lithium dan terjadi reaksi reoksidasi pada katoda (Mikhaylik and Akridge, 2004). Masalah yang ada ini berimbas pada pemanfaat rendah dari material aktif, *life cycle* buruk, dan efisiensi sistem yang rendah (Manthiram, Fu and Su, 2013).

Masalah diatas sendiri dapat dikurangi dengan pengembangan karbon dengan kemampuan *chemisorption* yang cukup kuat terhadap sulfur. *Chemisorption* dapat memungkinkan distribusi sulfur dan Li_2S yang seragam pada karbon, sehingga meningkatkan kontak listrik yang baik, dan dapat secara efektif membatasi pelarutan polisulfida (Song *et al.*, 2014). Terdapat tiga metode yang dilakukan untuk meningkatkan pengikatan polisulfida ke substrat yaitu interaksi polar-polar, interaksi asam Lewis-basa, dan reaksi redoks (Manthiram and Fu, 2022). Interaksi polar-polar didapat melalui doping heteroatom pada karbon, materi *polymeric* fungsional, dan senyawa metal (metal oksida, matal nitrit, dll). Doping heteroatom sendiri merupakan

metode yang efisien mengingat eksistensi heteroatom (S, N, O, P, dll.) melalui cara doping maupun fungsionalisasi ini mampu meningkatkan sifat elektrokimia pada elektroda berbasis karbon, keterbasahan dan juga menyediakan *pseudocapacitance* pada material karbon (Mishra *et al.*, 2021).

Unsur Nitrogen sendiri menjadi salah satu unsur yang efektif sebagai doping hetero-atom dikarenakan mampu meningkatkan konduktivitas dari bahan karbon dan memiliki fungsionalitas yang lebih luas mengingat ikatan C-N sendiri mirip dengan material semikonduktor (Jeon, Noh and Baek, 2020). Pengaplikasian doping nitrogen mampu meningkatkan stabilitas kapasitas baterai lithium sulfur dimana kasus penelitian dengan doping nitrogen pada *mesoporous* karbon, baterai mampu mempertahankan 95% kapasitas setelah 100 siklus (Song *et al.*, 2014).

Melihat fungsionalitas doping nitrogen yang sangat besar bagi pemanfaatan karbon aktif sebagai komposit katoda baterai lithium sulfur, maka penelitian ini akan melibatkan kajian tentang efek doping nitrogen terhadap arang aktif dan kinerja baterai lithium sulfur dengan katoda komposit (C-S) yang berbahan dasar eceng gondok.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh doping nitrogen terhadap arang aktif berbahan dasar eceng gondok?

2. Bagaimana pengaruh doping nitrogen terhadap kinerja baterai lithium sulfur dengan katoda komposit C/S berbahan dasar eceng gondok?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut.

1. Suhu Karbonisasi EG 600°C.
2. Ukuran partikel homogen dibuat pada mesh 200.
3. Aktivator yang digunakan adalah $ZnCl_2$ konsentrasi 30%.
4. Proses doping N dilakukan menggunakan urea (CH_4N_2O) dengan rasio prekursor:dopan (1:1).
5. Proses kalsinasi dilakukan dengan *tube furnace* pada suhu 800°C dengan aliran gas Ar.
6. Komposit dibuat menggunakan metode difusi leleh pada suhu 155°C selama 15 jam dan dilanjut annealing pada suhu 300°C selama 0,5 jam dengan aliran gas Ar.
7. Variasi rasio berat komposit arang aktif-sulfur yang dibuat adalah 1:2,5 dan 1:3,5.
8. Pembuatan katoda dilakukan dengan *coating* pada aluminium foil menggunakan *doctor blade* dengan variasi ketebalan 100 μm dan 200 μm .
9. Perekat katoda yang digunakan adalah PVDF 10%.
10. Elektrolit yang digunakan adalah LiTFSi.
11. Anoda yang digunakan adalah logam lithium.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui efek doping nitrogen terhadap arang aktif berbahan dasar eceng gondok.
2. Mengetahui dan memahami pengaruh doping nitrogen terhadap kinerja baterai lithium sulfur dengan katoda komposit C/S berbahan dasar eceng gondok.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut

1. Dapat menjadi *repository* pengembangan aplikasi baterai berbasis biomassa di Indonesia.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk peneliti lain yang akan mengambil topik tentang penggunaan biomassa sebagai katoda baterai Li-S dan modifikasi katoda komposit karbon sulfur pada baterai Li-S.