

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Teknologi telah mengalami perkembangan yang sangat pesat di zaman serba modern ini dan memberikan pengaruh besar dalam menunjang kehidupan manusia, khususnya terhadap penggunaan perangkat penyimpanan energi listrik, seperti laptop dan telepon yang membutuhkan baterai untuk menyimpan energinya. Namun, penggunaan baterai sebagai sumber energi alternatif dinilai tidak ramah lingkungan karena limbahnya mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3)<sup>1</sup>. Hingga saat ini, para peneliti telah mengembangkan suatu inovasi perangkat teknologi yang mampu menyimpan energi dalam jumlah yang besar dan memiliki waktu pakai yang lebih lama serta ramah lingkungan, yaitu kapasitor lapis rangkap listrik<sup>2</sup>.

Kapasitor lapis rangkap listrik atau *Electric Double-Layer Capacitor* (EDLC) yang dikenal juga sebagai superkapasitor bekerja berdasarkan prinsip pembentukan lapisan rangkap listrik (*double-layer*) pada elektroda yang berlawanan muatan akibat interaksi elektrostatis antara ion dan elektroda terpolarisasi<sup>3</sup>. Penggunaan EDLC sebagai penyimpan energi telah menarik banyak perhatian sebab memberikan kinerja elektrokimia yang sangat baik dalam hal kerapatan daya (*power density*) yang tinggi, laju pengisian-pengosongan (*charging-discharging*) yang cepat, siklus hidup yang panjang, dan pengoperasian yang sederhana, sehingga banyak digunakan pada alat-alat elektronik, kendaraan listrik, dan sebagainya<sup>4</sup>.

Salah satu komponen yang paling penting pada EDLC adalah elektroda. Penggunaan bahan elektroda tertentu akan mempengaruhi kinerja EDLC secara signifikan, salah satunya karbon aktif (AC). Karbon aktif banyak dipilih sebagai elektroda karena luas permukaannya yang besar, porositas yang tinggi, memiliki sifat konduktansi yang baik, dan preparasi yang tidak sulit<sup>4</sup>. Karbon aktif juga dapat menyimpan muatan melalui adsorpsi fisik dan desorpsi ion elektrolit pada permukaan elektroda<sup>5</sup>. Selain itu, biaya pembuatan elektroda karbon aktif relatif lebih murah dibandingkan elektroda berbahan dasar oksida logam, polimer konduktif, atau sulfida nanokomposit. Hal ini dikarenakan sumber karbon aktif dapat berasal dari pemanfaatan limbah biomassa yang ketersediaannya melimpah di alam sehingga secara tidak langsung dapat mengurangi pencemaran lingkungan<sup>6</sup>.

Selama beberapa tahun terakhir, sejumlah penelitian telah dilakukan terkait penggunaan limbah biomassa untuk membuat karbon aktif sebagai bahan elektroda untuk EDLC, seperti tempurung kelapa<sup>7</sup>, bambu<sup>8</sup>, sekam padi<sup>9</sup>, batang pisang<sup>10</sup>, dan

masih banyak lainnya. Hingga saat ini, para peneliti masih melakukan riset untuk meningkatkan kemampuan kapasitor lapis rangkap listrik dalam menyimpan energi dengan memanfaatkan limbah biomassa lainnya sebagai bahan elektroda. Salah satu bahan yang memiliki peluang besar sebagai sumber karbon aktif berpori adalah kulit jengkol.

Selama ini, penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit jengkol sebagai elektroda kapasitor lapis rangkap listrik belum dilakukan secara optimal. Selain itu, tingginya konsumsi jengkol di Sumatera Barat membuat limbah kulit jengkol banyak ditemukan berserakan di pasar yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, serta tidak memberikan nilai ekonomis, sehingga pengolahan kulit jengkol sebagai sumber karbon aktif adalah salah satu cara untuk menambah nilai ekonomis dari limbah tersebut<sup>11</sup>. Secara teoritis, kulit jengkol memiliki kandungan lignoselulosa sebesar 56,84%<sup>12</sup> dan kandungan karbon sebesar 44,51%<sup>13</sup>. Hal ini membuat kulit jengkol memiliki potensi sebagai bahan elektroda kapasitor lapis rangkap listrik yang dapat memberikan nilai kapasitansi spesifik yang besar.

Metoda dehidrasi menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M dan penambahan aktivator NaOH telah dilakukan oleh Ukkakimapan *et al* (2020) untuk pembuatan karbon aktif dari kulit durian dan diperoleh luas permukaan spesifik sebesar  $2.578 \text{ m}^2/\text{g}$  dengan pori dominan adalah mikropori, serta nilai kapasitansi sebesar  $350 \text{ F/g}$ <sup>14</sup>. Proses dehidrasi asam ini telah banyak digunakan pada bahan biomassa untuk menguraikan selulosa yang terkandung didalamnya, namun masih sedikit penelitian yang menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M dalam pembuatan karbon aktif untuk aplikasi EDLC. Proses ini telah terbukti sederhana, biaya pembuatan yang murah, dan waktu relatif singkat dibandingkan dengan metode karbonisasi konvensional<sup>15</sup>. Jenis aktivator yang digunakan akan berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif yang dihasilkan. Berbagai aktivator kimia telah digunakan dalam pembuatan karbon aktif, diantaranya adalah  $\text{ZnCl}_2$ , HCl, KOH, NaOH,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , dan  $\text{CaCl}_2$ ,<sup>16</sup>.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Marina *et al* (2015) pada pembuatan karbon aktif dari pelepah aren menggunakan tiga aktivator yang berbeda, yaitu  $\text{ZnCl}_2$ , KOH, dan  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , didapatkan bahwa karbon aktif yang terbaik untuk pelepah aren adalah Seng Klorida ( $\text{ZnCl}_2$ ) dengan pori dominan adalah mikropori pada kondisi maksimum suhu  $500^\circ\text{C}$  dengan perbandingan antara  $\text{ZnCl}_2$  dengan karbon ialah 2 : 1<sup>17</sup>. Aktivator  $\text{ZnCl}_2$  merupakan aktivator jenis garam yang bersifat asam yang baik digunakan pada bahan baku yang mengandung lignoselulosa, sebab memiliki

kandungan oksigen yang tinggi, sehingga  $\text{ZnCl}_2$  yang bersifat asam akan bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen<sup>18</sup>. Selain itu, aktivator ini juga bersifat dehidrasi sehingga membantu dalam mendapatkan hasil karbon yang tinggi dan pengembangan struktur pori pada karbon aktif<sup>19</sup>.

Pengukuran sifat-sifat elektrokimia suatu elektroda dapat dilakukan dengan metode CV dan EIS, seperti yang telah dilakukan oleh Ukkakimapan *et al* (2020) pada elektroda karbon aktif kulit durian menggunakan variasi elektrolit berupa larutan berair (*aqueous electrolyte*) dan elektrolit organik (*organic electrolyte*), yaitu  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1 M dan TEABF<sub>4</sub>. Nilai kapasitansi yang didapatkan yaitu sebesar 350 F/g dan 145 F/g masing-masingnya. Penggunaan elektrolit organik menyebabkan terbentuknya puncak redoks pada kurva voltammogram karena tingginya jendela tegangan yang digunakan serta ukuran ion yang relatif besar menyebabkan sulitnya ion untuk berdifusi melalui pori, sedangkan ukuran ion  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yang relatif kecil membantu kelancaran proses difusi ion ke pori berukuran mikropori yang berfungsi sebagai penyimpanan muatan<sup>14</sup>.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan menggunakan bahan biomassa yang berbeda, metode pembuatan yang berbeda, variasi aktivator, dan variasi larutan elektrolit, nilai kapasitansi yang diperoleh perlu ditingkatkan untuk mengoptimalkan kinerja EDLC. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode yang berbeda, yaitu dehidrasi asam menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan penambahan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  pada pembuatan karbon aktif kulit jengkol dengan tujuan untuk memperoleh karbon aktif dengan gabungan struktur mikropori dan mesopori serta luas permukaan dan volume pori yang besar, sehingga dapat meningkatkan kinerja kapasitor lapis rangkap listrik dengan daya penyimpanan muatan yang besar. Perlakuan ini diharapkan dapat menghasilkan nilai kapasitansi yang tinggi melalui karakterisasi dan pengujian sifat-sifat elektrokimia menggunakan elektrolit berair ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1 M) pada rangkaian EDLC sebagai perangkat penyimpanan energi yang ramah lingkungan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, beberapa permasalahan yang timbul pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah karakterisasi karbon aktif kulit jengkol yang dibuat melalui dehidrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  pada suhu  $400^\circ\text{C}$  sebagai elektroda kapasitor lapis rangkap listrik?

2. Bagaimanakah sifat-sifat elektrokimia elektroda kapasitor lapis rangkap listrik berbahan dasar karbon aktif kulit jengkol yang dibuat melalui proses dehidrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  pada suhu  $400^\circ\text{C}$ ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari karakterisasi karbon aktif kulit jengkol yang dibuat melalui dehidrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  pada suhu  $400^\circ\text{C}$  sebagai elektroda kapasitor lapis rangkap listrik
2. Mempelajari sifat-sifat elektrokimia elektroda kapasitor lapis rangkap listrik berbahan dasar karbon aktif kulit jengkol yang dibuat melalui proses dehidrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan aktivasi  $\text{ZnCl}_2$  pada suhu  $400^\circ\text{C}$

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memanfaatkan kulit jengkol yang selama ini menjadi limbah dan belum dimanfaatkan secara optimal serta menciptakan terobosan baru untuk perangkat penyimpanan energi yang ramah lingkungan dengan kapasitansi dan rapat daya yang relatif tinggi.

