

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem penyimpanan energi berperan penting dalam menyimpan energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan pada saat tidak tersedianya sumber energi¹. Sistem penyimpanan energi seperti baterai Li-ion, sel bahan bakar, dan superkapasitor berperan penting dalam memenuhi kebutuhan energi elektronik portabel seperti ponsel, laptop, atau *notebook*, serta memiliki potensi besar untuk kendaraan listrik masa depan. Sebagian besar baterai tidak mampu memberikan daya yang besar dan mengalami pengiraman daya yang lambat. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem penyimpanan energi seperti superkapasitor yang dapat menyimpan dan melepaskan energi dengan kemampuan tingkat tinggi, memiliki kepadatan daya yang tinggi dan siklus hidup yang panjang^{2,3}.

Berdasarkan mekanisme penyimpanannya, superkapasitor dapat dikategorikan menjadi kapasitor elektrokimia / *Electric Double-Layer Capacitor* (EDLC) dan pseudokapasitor faradik. Mekanisme penyimpanan dalam EDLC terutama didasarkan pada pemisahan muatan pada antarmuka elektroda dan elektrolit, sedangkan pseudokapasitor faradik menyediakan kapasitor dengan reaksi faradik reversibel yang terjadi pada permukaan elektroda⁴. Superkapasitor merupakan alat penyimpan energi alternatif yang menggabungkan keunggulan baterai dan kapasitor konvensional dengan kemampuan menyimpan energi dalam jumlah besar yang didesain lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Superkapasitor memiliki kepadatan daya yang tinggi, siklus hidup yang panjang, masa pakai yang lama, laju pengisian-pengosongan cepat, efisien tinggi, dan masa pakai yang lebih lama daripada baterai^{5,6}.

Elektroda merupakan salah satu komponen yang penting pada rangkaian superkapasitor. Bahan elektroda yang biasa digunakan dalam superkapasitor yaitu polimer konduktif, oksida logam dan bahan karbon. Namun, polimer konduktif dan oksida logam memiliki kelemahan yaitu luas permukaannya yang kecil, preparasi yang sulit, tidak stabil, dan biaya yang mahal⁵. Oleh karena itu, karbon aktif digunakan sebagai bahan elektroda superkapasitor karena memiliki banyak keunggulan seperti konduktivitas tinggi, porositas tinggi, luas permukaan yang tinggi, preparasi mudah, dan biaya rendah. Karbon aktif juga dapat menyimpan muatan pada permukaan elektroda melalui adsorpsi fisik dan desorpsi ion elektrolit⁷. Limbah biomassa

merupakan sumber karbon aktif yang melimpah di alam, ramah lingkungan, mudah didapatkan, terbarukan, dan murah⁸.

Beberapa penelitian yang telah dipublikasikan menggunakan karbon aktif yang berasal dari limbah biomassa sebagai bahan elektroda superkapasitor, seperti limbah ampas kopi⁸, serat batang pisang⁹, kulit melon¹⁰, kulit kacang kenari¹¹, cangkang kelapa sawit¹² dan lain sebagainya. Batang jagung merupakan limbah biomassa pertanian yang dibakar di ladang setelah panen sehingga mencemari lingkungan. Hal inilah yang mendorong terciptanya bahan yang memiliki nilai tambah dari limbah batang jagung, khususnya pengolahan limbah batang jagung untuk dijadikan sebagai sumber karbon aktif¹³. Komponen utama batang jagung yaitu selulosa 36,89%, hemiselulosa 20,42%, dan lignin 17,38%. Ketiga komponen ini berpotensi untuk dijadikan karbon aktif, sehingga batang jagung dapat digunakan sebagai prekursor bahan elektroda superkapasitor. Batang jagung memiliki bentuk seperti spons memiliki struktur berpori alami yang melimpah, yang dapat digunakan untuk memperoleh karbon aktif dengan luas permukaan dan struktur berpori yang tinggi, dan dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas superkapasitor ketika digunakan sebagai bahan elektroda^{5,14}.

Aktivator yang bersifat basa umumnya digunakan untuk bahan baku yang memiliki kandungan karbon yang tinggi, karena aktivator yang bersifat basa dapat bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung karbon. KOH merupakan aktivator bersifat basa yang paling efektif untuk membentuk mikropori¹⁵. Penggunaan aktivator KOH pada karbon aktif yang berasal dari ampas kopi mempengaruhi morfologi permukaan karbon dan memperbesar luas permukaan karbon, sehingga dihasilkan sifat elektrokimia elektroda superkapasitor yang meningkat¹⁶.

Penambahan doping heteroatom seperti B, N, O, P, dan S ke dalam karbon aktif secara efektif dapat mengatur sifat elektronik bahan karbon, sehingga meningkatkan konduktivitas listrik dan keterbasahan bahan karbon. Selain itu, heteroatom dapat menghasilkan pseudokapasitansi bahan karbon melalui reaksi yang berkaitan dengan gugus fungsi permukaan, sehingga meningkatkan kinerja elektrokimia secara keseluruhan. Nitrogen dipilih sebagai heteroatom karena memiliki keelektronegatifan yang lebih tinggi dari karbon, sehingga dapat mendonorkan elektronnya ke dalam kerangka karbon aktif, menyebabkan permukaan karbon aktif mengandung N¹⁷. Transfer muatan dengan pseudokapasitansi dicapai dengan meningkatkan kebasahan bahan elektroda karbon dan donor elektron oleh atom

nitrogen saat terjadi pendopingan nitrogen (N). Konduktivitas listrik juga dapat ditingkatkan dengan mendoping N ke dalam karbon aktif, sehingga memungkinkan lebih banyak mobilitas pembawa muatan atau elektron. Pada material berbasis karbon, heteroatom nitrogen mempengaruhi sifat porositas termasuk ukuran pori rata-rata, distribusi pori, luas permukaan spesifik, volume pori total, serta berperan sebagai donor elektron^{17,18}.

Penambahan $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (urea) berfungsi sebagai sumber nitrogen pada proses karbonisasi. Doping atom nitrogen dengan urea dipilih sebagai sumber nitrogen karena stabil serta mudah didapat dengan harga yang relatif murah¹⁹. Penelitian doping N dengan urea terhadap karbon aktif ampas tebu diperoleh luas permukaan sebesar $301,34 \text{ m}^2/\text{g}$ ²⁰. Pada penelitian doping nitrogen dengan urea terhadap karbon aktif akar wangi diperoleh luas permukaan sebesar $552,90 \text{ m}^2/\text{g}$ ²¹. Selain itu, penelitian doping N dengan urea terhadap karbon aktif tandan kosong kelapa sawit diperoleh luas permukaan sebesar $363,88 \text{ m}^2/\text{g}$ dan kapasitansi spesifik sebesar $176,76 \text{ F/g}$ ¹⁸. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan urea sebagai doping N pada karbon batang jagung sebagai sumber atom N yang didoping ke kerangka karbon aktif batang jagung sehingga dapat digunakan sebagai elektroda superkapasitor untuk mendapatkan nilai kapasitansi yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Apakah karbon aktif doping N dari batang jagung dapat dimanfaatkan sebagai elektroda superkapasitor dan bagaimanakah karakterisasi karbon aktif yang dihasilkan?
2. Bagaimanakah sifat elektrokimia karbon aktif doping N dari batang jagung dengan aktivator KOH sebagai elektroda superkapasitor?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mempelajari pemanfaatan dan karakterisasi karbon aktif doping N dari batang jagung sebagai elektroda superkapasitor.
2. Menentukan sifat elektrokimia karbon aktif doping N dari batang jagung dengan aktivator KOH sebagai elektroda superkapasitor.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memanfaatkan limbah biomassa berupa batang jagung yang belum dimanfaatkan secara optimal sehingga dapat digunakan sebagai bahan elektroda superkapasitor.

