

BAB 1 . PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi dengan berbagai alat elektronik membutuhkan penyimpanan energi dalam kapasitas besar dengan ukuran yang kecil¹. Superkapasitor merupakan terobosan baru di dunia piranti penyimpan energi yang mempunyai kemampuan dalam penyimpanan energi yang cukup besar dengan berbagai keunggulan seperti waktu hidup yang lama, prinsip yang sederhana, konstruksi yang mudah, tidak memerlukan perawatan, memiliki proses *charging* dan *discharge* yang cepat².

Bahan dasar elektroda yang biasa digunakan untuk superkapasitor adalah logam oksida, dan polimer konduktif, tetapi kelangkaan dan mahalnya bahan tersebut serta preparasi yang sulit dan tidak stabil menjadikan faktor kendala dalam pembuatannya. Oleh sebab itu, dibutuhkan terobosan baru dalam pembuatan superkapasitor menggunakan bahan yang murah dengan performa yang sama serta ramah lingkungan yaitu karbon aktif. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan untuk menyimpan muatan lebih banyak, harga murah, porositas yang tinggi, waktu siklus yang lama, preparasi mudah, dan stabilitas yang tinggi³. Beberapa tahun terakhir, penggunaan karbon aktif sebagai bahan elektroda telah menjadi perhatian. Kulit almond⁴, limbah cangkang kelapa sawit⁵, kulit jeruk⁶, biji karet⁷, batang pisang⁸, dan biomassa lainnya telah dimanfaatkan sebagai prekursor karbon aktif untuk elektroda superkapasitor. Sampai saat ini, para peneliti masih melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan penyimpanan energi pada superkapasitor dengan menggunakan karbon aktif sebagai elektroda yang didoping dengan nitrogen, fosfor, dan oksigen⁹.

Kulit buah nipah merupakan limbah yang jumlahnya mencapai 60% dari buah nipah yang pemanfaatannya belum maksimal. Kulit buah nipah mengandung kadar selulosa yang tinggi sebesar 36,5 persen, hemiselulosa 21,8 persen dan lignin 27,3 persen¹⁰, dengan demikian bahan tersebut dapat dijadikan sebagai prekursor karbon aktif. Sampai saat ini belum ada penelitian yang membahas potensi karbon aktif limbah kulit buah nipah sebagai bahan elektroda superkapasitor.

Penelitian superkapasitor ini bertujuan untuk membuat piranti penyimpanan energi dengan berbagai keunggulan, yaitu mempunyai kapasitas tinggi, energi yang lebih besar dan mampu memperbaiki karakteristik bahan dengan proses yang lebih efisien, serta meningkatkan keamanan lingkungan dengan menerapkan *green chemistry* dengan menggunakan bahan alami berupa prekursor biomassa dan sumber nitrogen dari membran cangkang telur ayam. Kinerja superkapasitor dilakukan melalui modifikasi terhadap karbon aktif elektroda yaitu melakukan sintesis dengan kombinasi metode dehidrasi dan aktivasi sebagai pengganti proses prekarbonisasi yang membutuhkan waktu yang lama dan penggunaan gas pembakaran yang berlebihan. Untuk meningkatkan konduktivitas, hidrofilisitas, dan *wettability* karbon aktif dilakukan dengan doping nitrogen pada kerangka

karbon aktif¹¹. Metode dehidrasi telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya seperti Ukkakimapan (2020), Nabel (2023), dan Tetra (2024), menunjukkan sifat permukaan karbon aktif yang lebih baik dari segi luas permukaan dan area mikropori yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan metode karbonisasi. Penggunaan asam sulfat dalam proses dehidrasi dapat berperan sebagai penghilang air melalui pemutusan rantai selulosa yang dibuktikan dengan luas permukaan dan porositas yang besar¹². Metode aktivasi bekerja melalui pengikisan permukaan pada karbon aktif untuk membentuk stuktur karbon berpori yang membantu proses penyimpanan muatan pada sel superkapasitor¹³. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia sebagai zat aktivator, seperti KOH, NaOH, ZnCl₂, dan K₂CO₃. Penggunaan KOH sebagai zat aktivator telah dilakukan sebelumnya oleh Zhang (2017), Fedoseeva (2022) dan Nabila (2024) karena kemampuannya yang ekstra dibandingkan dengan aktivator lain dalam mengikis permukaan pori sehingga dapat memperluas permukaan pori karbon aktif¹⁴.

Proses modifikasi karbon aktif dilanjutkan dengan penambahan doping nitrogen yang bertujuan untuk meningkatkan *wettability* (keterbasahan) dan juga meningkatkan sifat konduktifitas karbon aktif sehingga proses penyimpanan energi menjadi lebih cepat serta meningkatkan kinerja karbon aktif secara keseluruhan¹⁵. Penelitian mengenai doping nitrogen telah banyak diteliti seperti yang dilakukan Latham K dkk (2021) dengan memanfaatkan NH₄OH sebagai doping N pada karbon aktif(16). Penelitian serupa dilakukan oleh Rustamaji dkk (2022), menggunakan urea sebagai sumber atom N pada karbon aktif dari tandan kosong kelapa sawit¹⁷. Pada penelitian ini memanfaatkan membran cangkang telur ayam sebagai sumber atom N. Membran cangkang telur ayam dapat digunakan sebagai zat doping N karena mengandung 69% hingga 75% protein dari total komposisi keringnya. Kandungan protein dalam membran cangkang telur ayam terdiri atas asam amino kolagen seperti prolin dan hidroksiprolin, serta asam amino lain seperti glisin, alanin, dan asam glutamat¹⁸. Penelitian sebelumnya yang dilaporkan oleh Tetra, O.N (2024) mengenai doping N dari membran telur ayam pada karbon aktif menunjukkan luas permukaan spesifik sebesar 579,04 m²/g dan nilai kapasitansi spesifik dengan elektrolit KOH sebesar 242,30 F/g(19). Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan membran telur ayam sebagai doping N pada karbon aktif kulit buah nipah guna mendapatkan kinerja penyimpanan muatan yang tinggi dalam aplikasi sebagai elektroda superkapasitor.

Keunggulan sifat listrik dan daya kapasitansi superkapasitor ini memberikan aplikasi yang luas dalam penyimpanan energy untuk dapat dimanfaatkan dalam jalur distribusi energi dan lebih banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi elektronik seperti *powerbank*, dalam bidang medis, transportasi, dan kendaraan bermotor.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sintesis dan karakterisasi karbon aktif *N-doped* berbasis limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans*) dan membran cangkang telur ayam sebagai sumber atom N?

2. Bagaimana sifat elektrokimia elektroda karbon aktif N-*doped* berbasis limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans*) dan membran cangkang telur ayam sebagai sumber atom N?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari sintesis dan karakterisasi karbon aktif N-*doped* berbasis limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans*) dan membran cangkang telur ayam sebagai sumber atom N.
2. Mempelajari sifat elektrokimia elektroda karbon aktif N-*doped* berbasis limbah kulit buah nipah (*Nypa fruticans*) dan membran cangkang telur ayam sebagai sumber atom N.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi tentang pemanfaatan limbah kulit buah nipah menjadi karbon aktif N-*doped* dengan sumber N dari membran cangkang telur ayam sebagai elektroda superkapasitor dan menciptakan inovasi baru untuk perangkat penyimpanan energi ramah lingkungan sehingga dapat memenuhi energi di masa depan.

