

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Superkapasitor adalah perangkat yang dapat menyimpan energi yang lebih banyak daripada kapasitor biasa. Jika dibandingkan dengan baterai, superkapasitor ini memiliki keunggulan dalam penyimpanan daya yang cepat dan tahan lama. Mereka juga memiliki densitas energi yang tinggi, kemampuan penyerapan energi yang besar, dan jumlah siklus yang relatif besar ( $>100.000$  siklus). Material yang digunakan untuk elektroda superkapasitor memiliki luas permukaan aktif yang besar, yang berarti mereka dapat menyimpan banyak daya. Dalam kebanyakan penelitian, material yang digunakan sebagai elektroda kapasitor berasal dari keluarga karbon seperti graphene, karbon nanotube, dan sebagainya (Vietanti dkk., 2021).

Sistem penyimpanan energi listrik telah dikembangkan pada superkapasitor. Dibandingkan dengan baterai dan sel bahan bakar, superkapasitor memiliki sejumlah keunggulan, seperti massa pakai yang lebih lama, prinsip dan model yang sederhana, waktu pengisian yang cepat, keamanan dan kepadatan daya yang tinggi (Hardi dkk., 2021). Superkapasitor juga dikenal sebagai perangkat daya yang dapat terisi penuh atau habis dalam hitungan detik, akibatnya, ia memiliki pengiriman atau serapan daya yang lebih tinggi dan dapat dicapai dalam beberapa detik. Karena kepadatan daya dan energinya yang tinggi kepadatan, superkapasitor diharapkan untuk mengatasi keterbatasan perangkat penyimpanan energi konvensional (Rahman dkk., 2021). Superkapasitor sangat menarik karena mengisi dan melepaskan dalam beberapa menit atau detik tanpa melibatkan reaksi kimia yang memakan waktu dan dapat berjalan cukup lama. Selain itu, superkapasitor juga menawarkan yang mudah, keamanan, pengoperasian yang ramah lingkungan, keberlanjutan, daya tahan, densitas energi tinggi, dan kapasitansi tinggi (Sakib dkk., 2021).

Mekanisme penyimpanan muatan pada superkapasitor diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu kapasitor lapis ganda listrik (EDLC), kapasitor semu, dan superkapasitor hybrid. Kapasitor EDLC menyimpan muatan melalui penyerapan dan desorpsi ion pada antarmuka elektroda/elektrolit, sehingga meningkatkan siklus hidup dan dayanya. Selanjutnya, kapasitor semu yang didasarkan pada reaksi redoks dan mencakup polimer konduktif dan oksida logam. Yang terakhir yakni superkapasitor hybrid, kombinasi superkapasitor dengan reaksi faradaic dan lapisan ganda elektrokimia, yang menunjukkan kinerja lebih baik dibandingkan superkapasitor lainnya (Kenesi dkk., 2022).

Elektroda merupakan salah satu penyusun dari superkapasitor selain elektrolit, kolektor arus dan pemisah. Bahan elektroda dasar yang digunakan untuk superkapasitor adalah karbon aerogel, nanofoam, nanotube, karbon aktif, logam oksida, dan polimer konduktif. Logam oksida Ru dan Ir memiliki kapasitansi yang sangat tinggi dibanding logam oksida lainnya namun biayanya yang tinggi menjadi faktor permasalahan dalam pembuatan superkapasitor. Oleh sebab itu, dibutuhkan terobosan baru dalam pembuatan superkapasitor dengan bahan yang terjangkau dengan performa yang sama (Nursiti dkk., 2018).

Salah satu bahan yang memiliki peluang besar dalam pembuatan superkapasitor adalah carbon nanotube (CNT), titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dan penambahan bahan elektroda lainnya. CNT memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, konduktivitas elektronik yang sangat baik, stabilitas kimiawi, rentang suhu operasi yang luas, termasuk bahan elektroda yang menjanjikan untuk aplikasi superkapsitor (Nithya, 2021). Nanomaterial  $\text{TiO}_2$  memiliki toksisitas yang rendah, stabilitas yang tinggi, ketersediaan dan sifat fisikokimia yang menguntungkan (Setyoputra dkk., 2022). Penambahan bahan seperti reduced Graphene Oxide (rGO) (Setyoputra dkk., 2022), kitosan (Salleh dkk., 2023) dan karbon aktif (Prayogatama dkk., 2022) pada elektroda bertujuan untuk meningkatkan kinerja elektrokimia dari superkapasitor.

Pada penelitian ini elektroda MWCNT-TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif disintesis menggunakan metode doctor blade. CNT dan karbon aktif digabungkan dengan TiO<sub>2</sub> pada beberapa rasio, TiO<sub>2</sub> mengalami proses hidrotermal dari TiO<sub>2</sub> komersial menjadi anatase. Dalam pengujiannya menggunakan uji karakterisasi dan uji elektrokimia. Di mana pengujian secara karakterisasi dilakukan dengan menggunakan uji XRD dan SEM. Sedangkan pengujian secara elektrokimia dilakukan dengan menggunakan uji *Cyclic Voltammetry* (CV) dan uji *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS).

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mendapatkan karakterisasi morfologi dan struktur elektroda nanokomposit MWCNT-TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif.
2. Untuk mengetahui nilai kinerja elektroda nanokomposit secara elektrokimia berdasarkan kapasitansi spesifik, kepadatan energi dan kepadatan daya.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Mampu memberikan wawasan tentang pengembangan material elektroda berkinerja tinggi dan biaya terjangkau untuk superkapasitor.
2. Berkontribusi pada kemajuan teknologi penyimpanan daya dengan mengeksplorasi efek sinergis dari penggabungan berbagai bahan dalam desain elektroda.