

ABSTRAK

Penyimpanan energi yang tidak ramah lingkungan serta melimpahnya limbah biomassa seperti kulit buah dan alga coklat di pesisir Indonesia menjadi tantangan yang perlu diperhatikan. Pemanfaatan bahan alami sebagai sumber senyawa aktif dalam pembuatan elektroda superkapasitor telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam beberapa penelitian terdahulu. Putri (2022) melaporkan bahwa elektroda berbasis kulit manggis menghasilkan kapasitansi spesifik sebesar 41,6 F/g, sedangkan Dhelipan et al. (2016) mencatat kapasitansi mencapai 275 F/g dari kulit jeruk. Penelitian oleh Sasongko (2023) juga menunjukkan bahwa alga coklat mampu menghasilkan kapasitansi sebesar 20,86 F/g. Utami (2020) melaporkan elektroda dari kulit pisang menghasilkan kapasitansi sebesar 43,1 F/g, dan Ajeng et al. (2020) melaporkan nilai 37,842 F/g dari elektroda jahe putih. Wibowo et al. (2020) menyatakan bahwa sari buah belimbing wuluh dapat menghasilkan tegangan melalui proses elektrokimia, namun pemanfaatannya dalam pengembangan elektroda superkapasitor belum banyak dilaporkan. Masalah utama dalam penelitian ini adalah bagaimana meningkatkan kapasitansi elektroda superkapasitor berbasis mangan melalui pemanfaatan bahan alami yang kaya bioaktif sebagai agen pembentuk pseudokapasitansi.

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini mencakup sintesis elektroda superkapasitor berbasis MnO_x dengan bantuan bahan alami seperti kulit jeruk, kulit pisang, kulit manggis, jahe putih, belimbing wuluh, dan alga coklat. Selain itu, digunakan binder *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) untuk meningkatkan kestabilan struktur elektroda, serta dilakukan penambahan *loofah* sebagai media pembentuk pori alami. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada karakterisasi morfologi dan kandungan unsur pada elektroda, tetapi juga mencakup pengujian elektrokimia meliputi *Cyclic Voltammetry* (CV) dan uji ketahanan (*endurance*) untuk mengevaluasi kinerja elektroda secara menyeluruh.

Hasil karakterisasi EDS terhadap distribusi unsur menunjukkan bahwa bioaktif dari alga coklat, belimbing wuluh, dan kulit pisang mengikat mangan di atas 20%, sedangkan jahe putih, kulit manggis, dan kulit jeruk berada di bawah 2%. Nilai kapasitansi elektroda dengan TETA diperoleh sebesar 113,32 F/g untuk alga coklat, 11,58 F/g untuk belimbing wuluh, dan 8,97 F/g untuk kulit pisang. Penambahan binder CMC menghasilkan peningkatan kapasitansi yang signifikan, yaitu 420,18 F/g pada alga coklat, 108,15 F/g pada belimbing wuluh, dan 225,74 F/g pada kulit pisang. Variasi rasio juga memengaruhi performa, dengan rasio $\text{MnCl}_2 + \text{ekstrak} : \text{CMC} = 1:9$ menghasilkan kapasitansi tertinggi yaitu 420,45 F/g. Selain itu,

variasi elektroda dengan *loofah* sebagai media berpori menunjukkan bahwa rasio alga coklat $\text{MnCl}_2 + \text{CMC} : \text{loofah} = 1:5$ menghasilkan nilai kapasitansi 215 F/g.

Kata kunci: *Superkapasitor, Kapasitansi Spesifik, MnO_x , Bahan Alami*