

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Karbon aktif (tanpa doping N) dan karbon aktif *N-doped* berhasil disintesis dari limbah kulit buah kolang-kaling dengan metoda dehidrasi menggunakan larutan H_2SO_4 1 M dan aktivator KOH serta penambahan urea sebagai sumber atom nitrogen. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa karbon aktif *N-doped* memiliki morfologi permukaan dengan struktur pori yang lebih terbuka, lebih homogen dan terdistribusi lebih merata dibandingkan karbon aktif (tanpa doping N). Hasil analisis EDX mengonfirmasi keberhasilan doping nitrogen dengan kandungan karbon sebesar 66,21% dan nitrogen sebesar 5,86%. Hasil karakterisasi FTIR juga menunjukkan munculnya pita serapan N–H pada sekitar 3256 cm^{-1} serta pita C–N pada $1376,03\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan bahwa atom nitrogen telah berhasil terikat pada struktur karbon aktif. Analisis BET dan BJH menunjukkan bahwa karbon aktif *N-doped* memiliki luas permukaan spesifik sebesar $12,786\text{ m}^2/\text{g}$, ukuran pori rata-rata $4,783\text{ nm}$, volume pori total $0,0312\text{ cm}^3/\text{g}$, serta pola isoterm adsorpsi tipe IV, yang menunjukkan adanya struktur mesopori. Hasil karakterisasi tersebut menunjukkan bahwa limbah kulit buah kolang-kaling berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar karbon aktif untuk aplikasi elektroda superkapasitor. Berdasarkan hasil karakterisasi elektrokimia menggunakan *Voltammetry Cyclic* (CV), *Galvanostatic Charge-Discharge* (GCD), dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) dalam elektrolit KOH 3 M, karbon aktif *N-doped* menunjukkan kinerja elektrokimia yang lebih baik dibandingkan karbon aktif (tanpa doping N). Hal ini ditunjukkan dengan kapasitansi spesifik $55,75\text{ F/g}$ pada laju pemindaian 5 mV/s , dan penurunan hambatan transfer muatan (R_{ct}) yang mengindikasikan peningkatan konduktivitas listrik dan efisiensi transport ion pada elektroda. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon aktif *N-doped* dari limbah kulit buah kolang-kaling berpotensi dikembangkan sebagai material elektroda superkapasitor yang ramah lingkungan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk meningkatkan kualitas karbon aktif *N-doped* sebagai elektroda superkapasitor dengan menggunakan atmosfer inert, seperti gas nitrogen (N_2) atau argon (Ar), untuk meminimalkan oksidasi karbon selama pemanasan sehingga dihasilkan karbon aktif dengan tingkat karbonisasi, kemurnian, dan konduktivitas yang lebih tinggi. Selanjutnya melakukan karakterisasi lanjutan menggunakan *X-Ray Photoelectron Spectroscopy* (XPS) dan *Raman Spectroscopy* untuk mengidentifikasi jenis konfigurasi nitrogen (*pyridinic-N*, *pyrrolic-N*, dan *graphitic-N*), tingkat grafitisasi, serta hubungan antara struktur kimia dan kinerja elektrokimia material.