BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai *"Sintesis dan Karakterisasi Morfologi Biochar Tongkol Jagung yang Diaktivasi dengan Jeruk Nipis dan Belimbing Wuluh sebagai Material Elektroda Ramah Lingkungan"*, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses sintesis biochar berhasil dilakukan melalui tahapan karbonisasi pada suhu 450 °C selama 1,5 jam dan aktivasi termal pada suhu 300 °C selama 1 jam. Ekstrak jeruk nipis dan belimbing wuluh terlebih dahulu dianalisis melalui titrasi asam–basa untuk menentukan tingkat keasaman. Hasil titrasi menunjukkan bahwa ekstrak jeruk nipis memiliki normalitas sebesar 0,53 N dengan keasaman total 33,92 g/L, sedangkan ekstrak belimbing wuluh memiliki normalitas 0,25 N dengan keasaman total 16 g/L. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jeruk nipis memiliki potensi aktivasi kimia yang lebih kuat dibandingkan belimbing wuluh.
2. Karakterisasi morfologi menggunakan SEM menunjukkan bahwa proses aktivasi alami mampu meningkatkan perkembangan struktur pori biochar. Karbon sebelum aktivasi memiliki struktur relatif kompak dengan diameter pori rata-rata sekitar 82 nm. Aktivasi belimbing wuluh menghasilkan diameter pori rata-rata sekitar 178 nm namun dengan porositas permukaan lebih rendah (26%), yang mengindikasikan terjadinya pembesaran dan kemungkinan penggabungan pori. Aktivasi jeruk nipis menghasilkan diameter pori rata-rata sekitar 152 nm dengan porositas permukaan tertinggi (56%), menunjukkan distribusi pori yang lebih merata dan struktur yang lebih terbuka. Analisis FTIR menunjukkan bahwa aktivasi alami menyebabkan modifikasi gugus fungsi permukaan karbon. Semua sampel mempertahankan struktur aromatik dasar (ditandai puncak C=C aromatik), namun terjadi perubahan jumlah dan posisi puncak serapan setelah aktivasi.

Munculnya puncak baru pada daerah sekitar 3000 cm^{-1} serta perubahan pada daerah 1100–1200 cm^{-1} menunjukkan adanya modifikasi gugus C–H dan C–O akibat interaksi antara asam organik (asam sitrat dan asam oksalat) dengan matriks karbon. Perubahan spektrum lebih signifikan terlihat pada sampel aktivasi jeruk nipis 30%.

3. Hasil pengukuran resistivitas menunjukkan adanya pengaruh jenis dan konsentrasi aktivator terhadap sifat listrik biochar. Nilai resistivitas terendah untuk aktivator belimbing wuluh diperoleh pada konsentrasi 50% (34,5 Ω·m), sedangkan untuk jeruk nipis diperoleh pada konsentrasi 30% (31,0 Ω·m). Sampel dengan resistivitas terendah dipilih sebagai sampel optimal untuk karakterisasi lanjutan, karena resistivitas rendah menunjukkan jalur konduksi elektron yang lebih baik dan struktur karbon yang lebih berkembang. Secara keseluruhan, jenis dan konsentrasi aktivator alami berpengaruh terhadap sifat morfologi, kimia permukaan, dan sifat listrik biochar tongkol jagung. Aktivasi menggunakan jeruk nipis konsentrasi 30% menunjukkan hasil paling optimal berdasarkan kombinasi nilai resistivitas terendah, porositas permukaan tertinggi, serta perubahan gugus fungsi yang lebih signifikan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah:

1. Perlu dilakukan karakterisasi elektrokimia lanjutan, seperti uji cyclic voltammetry (CV), galvanostatic charge–discharge (GCD), dan electrochemical impedance spectroscopy (EIS), untuk mengetahui kapasitansi spesifik, rapat energi, dan rapat daya secara kuantitatif sehingga potensi biochar sebagai elektroda superkapasitor dapat dievaluasi lebih komprehensif.
2. Perlu dilakukan analisis luas permukaan spesifik dan distribusi ukuran pori menggunakan metode BET (Brunauer–Emmett–Teller) agar

hubungan antara struktur pori dan kinerja listrik dapat dijelaskan secara lebih mendalam dan kuantitatif.

3. Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi variasi parameter proses lainnya, seperti suhu karbonisasi yang lebih tinggi, waktu aktivasi, atau kombinasi aktivator alami (jeruk nipis + belimbing wuluh), guna mengoptimalkan struktur mikropori–mesopori serta meningkatkan konduktivitas karbon sehingga performa sebagai elektroda semakin baik.