

ABSTRAK

Meningkatnya permintaan energi global yang diakibatkan oleh pertumbuhan populasi dan urbanisasi mendorong pencarian solusi penyimpanan energi yang inovatif dan berkelanjutan. Superkapasitor telah muncul sebagai kandidat yang menjanjikan karena kepadatan daya tinggi, pengisian cepat, dan masa pakai yang lama. Namun, pengembangan bahan elektroda yang ramah lingkungan dan berkelanjutan masih menjadi tantangan. Penelitian ini memanfaatkan limbah kulit pisang sebagai agen pereduksi alami untuk sintesis rGO pada nanokomposit rGO/MnO₂ menggunakan metode hidrotermal dengan variasi temperatur (140°C, 160°C, dan 180°C). Pendekatan sintesis hijau ini dilakukan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya, dan meminimalkan dampak lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan temperatur hidrotermal dapat mengontrol struktur, morfologi, dan sifat elektrokimia rGO/MnO₂ berbasis ekstrak kulit pisang. Analisis XRD dan SEM-EDX mengkonfirmasi pembentukan komposit yang berhasil. Difraksi sinar-X mengkonfirmasi pembentukan fasa β -rGO/MnO₂ (*pyrolusite*) pada temperatur 140°C, fasa γ -rGO/MnO₂ (*Nsutite*) pada temperatur 160°C, dan fasa α -rGO/MnO₂ (*hollandite*) pada temperatur 180°C. Analisis SEM menunjukkan morfologi yang berbeda, dimana rGO/MnO₂ yang disintesis pada temperatur 140 °C membentuk *tetragonal pyramidal aggregates*, γ -rGO/MnO₂ yang disintesis pada temperatur 160 °C membentuk *nanorods*, dan α -rGO/MnO₂ yang disintesis pada temperatur 180 °C membentuk *flake-like sheets*. Karakterisasi elektrokimia seperti CV, GCD, dan EIS digunakan untuk menganalisis sifat pseudokapasitif bahan elektroda hasil sintesis dalam sel tiga elektroda dengan menggunakan elektrolit HCl 1 M. Nilai kapasitansi spesifik elektroda rGO/MnO₂ saat 0,5 A/g pada temperatur 140 °C yaitu 601,41 F g⁻¹ menunjukkan kinerja elektrokimia yang lebih baik daripada 160 °C yaitu 147,69 F g⁻¹ dan 180°C yaitu 549,09 F g⁻¹ dengan kerapatan arus 0,5 Ag⁻¹. Oleh karena itu, material rGO/MnO₂ berbasis ekstrak kulit pisang yang disintesis dengan metode hidrotermal pada temperatur 140°C menunjukkan kinerja elektrokimia yang sangat baik menunjukkan potensi sebagai bahan elektroda superkapasitor yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: Energi, Superkapasitor, rGO/MnO₂, Sintesis Hijau, Kulit Pisang, Hidrotermal, Penyimpanan Energi Ramah Lingkungan.

ABSTRACT

Increasing global energy demand resulting from population growth and urbanization is driving the search for innovative and sustainable energy storage solutions. Supercapacitors have emerged as promising candidates due to their high power density, fast charging, and long lifetime. However, developing environmentally friendly and sustainable electrode materials remains a challenge. This study utilizes banana peel waste as a natural reducing agent for the synthesis of rGO in rGO/MnO₂ nanocomposites using a hydrothermal method with temperature variations (140°C, 160°C, and 180°C). This green synthesis approach is carried out to reduce dependence on hazardous chemicals and minimize environmental impacts. The results showed that changes in hydrothermal temperature can control the structure, morphology, and electrochemical properties of banana peel extract-based rGO/MnO₂. XRD and SEM-EDX analysis confirmed the successful formation of the composite. X-ray diffraction confirmed the formation of β -rGO/MnO₂ (pyrolusite) phase at 140°C, γ -rGO/MnO₂ (Nsutite) phase at 160°C, and α -rGO/MnO₂ (hollandite) phase at 180°C. SEM analysis shows different morphologies, where rGO/MnO₂ synthesized at 140°C forms tetragonal pyramidal aggregates, γ -rGO/MnO₂ synthesized at 160°C forms nanorods, and α -rGO/MnO₂ synthesized at 180°C forms flake-like sheets. Electrochemical characterizations such as CV, GCD, and EIS were used to analyze the pseudocapacitive properties of the synthesized electrode materials in a three-electrode cell using 1 M HCl electrolyte. The specific capacitance value of the rGO/MnO₂ electrode at 0.5 A g⁻¹ at 140°C of 601.41 F g⁻¹ shows better electrochemical performance than 160°C of 147.69 F g⁻¹ and 180°C of 549.09 F g⁻¹ with a current density of 0.5 Ag⁻¹. Therefore, banana peel extract-based rGO/MnO₂ material synthesized by the hydrothermal method at 140°C shows excellent electrochemical performance, indicating its potential as an environmentally friendly supercapacitor electrode material.

Keywords: Energy, Supercapacitors, rGO/MnO₂, Greensynthesis, Banana Peel, Hydrothermal, Green Energy Storage.