SINERGI LOGAM NIKEL DAN TEMBAGA PADA NANOKOMPOSIT TRIMETALIK (Coâ€“Niâ€“Cu) BERBASIS KARBON
TERDOPING-N DERIVAT ZIF-67 UNTUK OPTIMASI KAPASITAS DAN STABILITAS ANODA BATERAI ION LITIUM
WA ODE IRNA, Fajar Inggit Pambudi, S.Si., M.Sc., Ph.D.; Dr. Abdulloh Rifai, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Sinergi Logam Nikel dan Tembaga pada Nanokomposit Trimetalik (Co–Ni–Cu) Berbasis Karbon Terdoping-N Derivat ZIF-67 untuk Optimasi Kapasitas dan Stabilitas Anoda Baterai Ion Litium

Wa Ode Irna
24/539702/PPA/06807

INTISARI

Sintesis material anoda berbasis ZIF-67 termodifikasi Ni dan Cu pada variasi persentase mol Ni:Cu sebesar 15:5 dan 5:15 telah berhasil dilakukan melalui metode solvotermal, diikuti proses pirolisis pada 600 °C selama 3 jam dalam atmosfer argon untuk menghasilkan nanokomposit trimetalik berbasis karbon berpori terdoping-N dengan fase paduan logam/oksida yang terdispersi. Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik struktur, sifat kimia material dan mengevaluasi peran sinergi Co–Ni–Cu dalam matriks karbon berpori terdoping-N untuk peningkatan kapasitas penyimpanan, stabilitas siklus, kinetika difusi dan penurunan resistansi transfer muatan pada anoda baterai ion litium. Karakterisasi dilakukan menggunakan XRD, FTIR, Raman, FE-SEM-EDX *mapping*, dan SAA. Evaluasi performa elektrokimia meliputi uji *electrochemical impedance spectroscopy* (0,1 Hz – 50 kHz), uji *cyclic voltammetry* (0 – 3 V), uji *galvanostatic charge-discharge* pada laju lambat 0,1 C, uji *rate capability* (0,1 – 5 C), serta uji *cyclic performance* mencapai 150 siklus.

Karakterisasi XRD mengonfirmasi pembentukan kristalin ZIF-67 tersubstitusi Ni dan Cu serta transformasinya menjadi fase logam valensi nol (FCC) dengan retensi morfologi *rhombic dodecahedron* sebagai material berpori hasil pengamatan FE-SEM dan SAA. FTIR mengindikasikan transformasi kerangka imidazolat menjadi material karbon, serta karakterisasi Raman mendeteksi adanya fase oksida logam pada permukaan material. Uji elektrokimia menunjukkan sinergi performa pada kedua sampel modifikasi yaitu sampel p-Ni15Cu5 menghasilkan kapasitas reversibel tertinggi (676 mAh g^{-1} pada 0,1 C) dengan nilai efisiensi coulombik awal 70,07% dan sampel p-Cu15Ni5 menunjukan stabilitas siklus terbaik selama pengujian *cyclic performance* 150 siklus dengan kapasitas 390 mAh g^{-1} pada 0,5 C, mengungguli performa kontrol p-ZIF-67 kapasitas 262 mAh g^{-1}.

Kata kunci: derivat ZIF-67, trimetalik, anoda, baterai ion litium, performa elektrokimia.

SINERGI LOGAM NIKEL DAN TEMBAGA PADA NANOKOMPOSIT TRIMETALIK (Coâ€“Niâ€“Cu) BERBASIS KARBON
TERDOPING-N DERIVAT ZIF-67 UNTUK OPTIMASI KAPASITAS DAN STABILITAS ANODA BATERAI ION LITIUM
WA ODE IRNA, Fajar Inggit Pambudi, S.Si., M.Sc., Ph.D.; Dr. Abdulloh Rifai, S.T., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Synergy of Nickel and Copper Metals on ZIF-67-Derived N-Doped Carbon-Based Trimetallic (Co–Ni–Cu) Nanocomposites for Optimizing the Capacity and Stability of Lithium-Ion Battery Anodes

Wa Ode Irna
24/539702/PPA/06807

ABSTRACT

The synthesis of anode materials based on ZIF-67 modified with Ni and Cu at Ni:Cu mole ratios of 15:5 and 5:15 was successfully demonstrated via a solvothermal method, followed by pyrolysis at 600 °C for 3 h under an argon atmosphere to yield N-doped porous carbon-based trimetallic nanocomposites containing predominantly metallic FCC phases accompanied by thin surface metal oxide layer on the surface. This study investigates the structural characteristics and chemical properties of the resulting materials and evaluates the synergistic effect of Co–Ni–Cu within a N-doped porous carbon matrix in enhancing storage capacity, cycling stability, diffusion kinetics, and minimize charge-transfer resistance for lithium-ion battery anodes. The materials were characterized using XRD, FTIR, Raman spectroscopy, FE-SEM-EDX mapping, and SAA. Electrochemical performance was evaluated by electrochemical impedance spectroscopy (0,1 Hz – 50 kHz), cyclic voltammetry (0 – 3 V), galvanostatic charge–discharge at slow rate 0,1 C, rate capability (0,1 – 5 C), and cycling performance tests up to 150 cycles.

XRD characterization confirmed the formation of crystalline Ni and Cu substituted ZIF-67 and its subsequent transformation into zero-valent metallic phases (FCC) with the retention of the porous rhombic dodecahedron morphology, as observed through FE-SEM and SAA. FTIR indicated the conversion of the imidazolate framework into carbonaceous materials, while metal oxide phases on the material surface were detected via Raman spectroscopy. Electrochemical evaluation revealed distinct synergistic contributions from Ni and Cu incorporation. The p-Ni15Cu5-ZIF-67 sample achieved the highest reversible capacity of 676 mAh g^{-1} at 0,1 C with *initial coulombic efficiency* 70,07%, while the p-Cu15Ni5-ZIF-67 sample exhibited the best cycling stability during the 150-cycle test at 0,5 C with a capacity of 390 mAh g^{-1}, outperforming the p-ZIF-67 control sample, which retained only 262 mAh g^{-1}.

Keywords : ZIF-67 derivatives, ZIF-67 trimetallic, anode, Lithium-ion batteries, electrochemical performance