

INTISARI

Peningkatan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) di atmosfer akibat aktivitas industri dan pembakaran bahan bakar fosil merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi CO₂ adalah teknologi penangkapan karbon menggunakan material adsorben berbasis karbon. *Graphene oxide (GO)* memiliki potensi yang besar sebagai material adsorben karena luas permukaan tinggi dan keberadaan berbagai gugus fungsi oksigen pada permukaannya. Namun demikian, kemampuan adsorpsi GO masih perlu ditingkatkan melalui modifikasi struktur, seperti proses etching serta doping logam dan heteroatom.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan material *graphene oxide* terdoping nikel dan nitrogen sebagai adsorben CO₂ dengan memanfaatkan grafit dari limbah baterai lithium-ion (LIBs). Proses sintesis dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembuatan *graphene oxide*, proses etching menggunakan H₂O₂ untuk meningkatkan jumlah cacat dan pori, imobilisasi logam nikel, serta proses nitrogenasi menggunakan urea pada suhu furnace 700–900 °C di bawah atmosfer inert. Variabel penelitian yang dikaji meliputi konsentrasi nikel, jumlah urea sebagai sumber nitrogen, dan suhu pemanasan. Optimasi kondisi proses dilakukan menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM).

Karakterisasi material dilakukan menggunakan SEM–EDX untuk analisis morfologi dan komposisi unsur, Raman untuk mengevaluasi tingkat cacat struktural melalui rasio intensitas ID/IG, FTIR untuk identifikasi gugus fungsi, serta ICP-OES untuk menentukan kandungan nikel yang terinkorporasi pada material. Kinerja adsorpsi CO₂ diuji menggunakan sistem reaktor adsorpsi skala laboratorium yang dilengkapi sensor CO₂ berbasis Arduino.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi GO melalui proses etching serta doping Ni dan N mampu meningkatkan jumlah situs aktif dan memperkuat interaksi antara permukaan material dengan molekul CO₂. Nilai rasio ID/IG berada pada rentang 1,29–1,72 yang menunjukkan peningkatan cacat struktural pada GO setelah proses modifikasi. Kandungan nikel dalam material

berada pada kisaran 0,42–1,52% berdasarkan analisis ICP-OES. Kapasitas adsorpsi CO₂ yang diperoleh berada pada rentang 0,26–1,09 mmol/g tergantung pada kondisi sintesis material.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *graphene oxide* terdoping nikel dan nitrogen yang disintesis dari grafit limbah baterai memiliki potensi sebagai material adsorben CO₂ yang efektif dan berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya memberikan solusi dalam pengembangan teknologi penangkapan karbon, tetapi juga berkontribusi pada pemanfaatan limbah baterai serta peningkatan nilai tambah sumber daya nikel di Indonesia.

Kata kunci: *Graphene oxide*, adsorpsi CO₂, doping nikel, nitrogen doping, limbah baterai lithium-ion, carbon capture.

ABSTRACT

The increasing concentration of carbon dioxide (CO₂) in the atmosphere due to industrial activities and fossil fuel combustion is one of the major causes of global warming. Carbon capture using solid adsorbent materials is considered a promising approach to mitigate CO₂ emissions. Graphene oxide (GO) is a potential adsorbent material due to its high surface area and abundant oxygen-containing functional groups. However, the adsorption performance of GO can be further improved through structural modification such as etching and heteroatom or metal doping.

This study aims to develop nickel and nitrogen doped graphene oxide as a CO₂ adsorbent using graphite derived from lithium-ion battery (LIB) waste. The synthesis process involved several stages, including graphene oxide preparation, H₂O₂ etching to create additional defects and pores, nickel immobilization, and nitrogen doping using urea followed by heat treatment at 700–900 °C under an inert atmosphere. The investigated variables include nickel concentration, urea content as a nitrogen source, and furnace temperature. Process optimization was conducted using Response Surface Methodology (RSM).

Material characterization was carried out using SEM–EDX to analyze morphology and elemental composition, Raman spectroscopy to evaluate structural defects through the ID/IG ratio, FTIR to identify functional groups, and ICP-OES to determine the nickel content incorporated into the material. CO₂ adsorption performance was evaluated using a laboratory-scale adsorption reactor equipped with an Arduino-based CO₂ sensor.

The results indicate that the combination of etching and Ni–N doping significantly enhances the number of active sites and strengthens the interaction between the adsorbent surface and CO₂ molecules. The ID/IG ratio ranged from 1.29 to 1.72, indicating an increase in structural defects after modification. ICP-OES analysis revealed that the nickel content in the synthesized materials ranged from 0.42% to 1.52%. The CO₂ adsorption capacity ranged from 0.26 to 1.09 mmol/g depending on the synthesis conditions.

Overall, the findings demonstrate that Ni–N doped graphene oxide derived

from battery waste graphite has promising potential as an effective and sustainable CO₂ adsorbent. This approach not only contributes to the development of carbon capture technology but also promotes the utilization of battery waste and adds value to Indonesia's abundant nickel resources.

Keywords: graphene oxide, CO₂ adsorption, nickel doping, nitrogen doping, lithium-ion battery waste, carbon capture.