



INTISARI

Perubahan dari penggunaan kendaraan konvensional berbahan bakar fosil ke kendaraan listrik meningkatkan kebutuhan baterai, terutama jenis litium ion yang dapat diisi ulang dan sering digunakan karena kapasitas penyimpanan energinya yang baik, seperti baterai NMC (Lithium Nickel Cobalt Manganese Oxide). Di Indonesia, jenis ini populer karena efisiensinya, meskipun baterai ini hanya bertahan 3-8 tahun, menghasilkan limbah B3 yang mengandung mineral berharga seperti grafit. Degradasi katoda dan kerusakan struktur akibat suhu tinggi dan perpindahan logam selama pemakaian menyebabkan penurunan efisiensi grafit dalam proses pengisian daya baterai. Saat ini, Indonesia masih mengimpor grafit untuk bahan baku baterai, dan grafit dari baterai bekas harus diperbaiki dan dimurnikan untuk digunakan kembali.

Untuk memenuhi spesifikasi grafit komersial, grafit bekas akan melalui dua tahapan proses: treatment panas dan pemurnian. Treatment panas bertujuan memperbaiki struktur dan membuka pori-pori grafit, dilakukan dengan pirolisis pada suhu 850°C dan steam pada suhu 200°C untuk menentukan metode terbaik. Pemurnian dilakukan melalui leaching hidrometalurgi menggunakan campuran asam sulfat dan asam peroksida untuk melarutkan logam pengotor (Fe, Cu, Al, Li, Ni, Mn dan Co) secara selektif. Proses leaching dilakukan dengan laju pengadukan 500 rpm, rasio padatan/cairan 40% w/v, konsentrasi asam peroksida 2%, variasi suhu 45, 60, dan 75°C, variasi konsentrasi asam sulfat 0,25, 0,75, dan 1M dan Variasi waktu cuplikan sampel di menit ke-3, 5, 10, 30 dan 60. Proses karakterisasi bahan baku dan produk terdiri dari analisis komposisi logam menggunakan ICP-OES, analisis ikatan kimia dengan Raman Spectroscopy, analisis struktur dengan XRD, analisis morfologi permukaan dmenggunakan SEM-EDX, analisis surface area menggunakan BET.

Penelitian ini menemukan bahwa perlakuan panas optimum untuk pemurnian grafit menggunakan steam pada suhu 75°C dan konsentrasi asam sulfat 1 M menghasilkan grafit dengan struktur dan kemurnian yang paling mendekati grafit komersial. Pada kondisi ini, perolehan *recovery* logam dari grafit adalah Fe 99,94%; Cu 99,50%; Al 99,97%; Li 98,93%; Ni 99,94%; Mn 99,93%; dan Co 99,96%. Kemurnian grafit bekas meningkat dari 89,65% menjadi 99,98% setelah proses steam diikuti leaching selama 60 menit. Pemodelan kinetika proses leaching H₂SO₅ pada grafit pasca steam menggunakan metode SCM yang dimodifikasi dengan reaksi diikuti difusi karena terbentuknya lapisan abu yang mengontrol proses.

Kata kunci: Baterai NMC; Hidrometalurgi; *Peroxymonosulfuric*; *Leaching*.



ABSTRACT

The transition from conventional fossil fuel vehicles to electric vehicles has increased the demand for batteries, particularly lithium-ion types, which are widely used due to their good energy storage capacity, such as NMC (Lithium Nickel Cobalt Manganese Oxide) batteries. In Indonesia, this type is popular because of its efficiency, although these batteries only last 3-8 years, resulting in hazardous waste containing valuable minerals like graphite. Cathode degradation and structural damage due to high temperatures and metal displacement during use lead to a decrease in graphite efficiency in the battery charging process. Currently, Indonesia still imports graphite for battery raw materials, and graphite from used batteries must be repaired and purified for reuse.

To meet commercial graphite specifications, used graphite will undergo two stages of processing: thermal treatment and purification. Thermal treatment aims to repair the structure and open the pores of the graphite, carried out by pyrolysis at 850°C and steam at 200°C to determine the best method. Purification is done through hydrometallurgical leaching using a mixture of sulfuric acid and peroxide acid to selectively dissolve impurity metals (Fe, Cu, Al, Li, Ni, Mn, and Co). The leaching process is conducted with a stirring rate of 500 rpm, a solid/liquid ratio of 40% w/v, a peroxide acid concentration of 2%, temperature variations of 45, 60, and 75°C, sulfuric acid concentration variations of 0.25, 0.75, and 1M, and sample time variations at 3, 5, 10, 30, and 60 minutes. Characterization of raw materials and products includes metal composition analysis using ICP-OES, chemical bond analysis with Raman Spectroscopy, structural analysis with XRD, surface morphology analysis using SEM-EDX, and surface area analysis using BET.

This research found that the optimum thermal treatment for graphite purification using steam at 75°C and 1 M sulfuric acid concentration produces graphite with a structure and purity closest to commercial graphite. Under these conditions, the metal *recovery* from graphite is Fe 99.94%; Cu 99.50%; Al 99.97%; Li 98.93%; Ni 99.94%; Mn 99.93%; and Co 99.96%. The purity of spent graphite increased from 89.65% to 99.98% after the steam process followed by leaching for 60 minutes. The kinetics of the H₂SO₅ leaching process on post-steam graphite are modeled using a modified SCM method with reaction followed by diffusion due to the formation of a controlling ash layer.

Keywords: NMC Battery; Hydrometallurgy; *Peroxymonosulfuric*; Leaching.