

INTISARI

Permintaan litium yang terus meningkat telah memperkuat kebutuhan akan teknologi ekstraksi litium yang efisien dan berkelanjutan. Metode konvensional untuk memperoleh litium dari *brine*, yang didasarkan pada penguapan matahari dan kristalisasi bertingkat kurang efektif untuk sumber litium berkonsentrasi rendah. Disertasi ini bertujuan membuat adsorben litium-aluminium hidroksida (LDHs) dengan memakai limbah aluminium untuk memungut ion litium dari *brine* secara selektif, ramah lingkungan, dan ekonomis.

Penelitian ini menggunakan proses sintesis dua tahap dengan memanfaatkan limbah aluminium foil dan limbah plastik multi-lapis yang mengandung aluminium sebagai bahan baku. Tahap pertama melibatkan reaksi limbah aluminium dengan natrium hidroksida untuk menghasilkan natrium aluminat dan gas hidrogen, diikuti reaksi kopresipitasi dengan litium klorida pada tahap kedua untuk membentuk adsorben LDHs. Pemodelan kinetika menunjukkan bahwa pada limbah aluminium foil, laju reaksi dikendalikan oleh reaksi kimia permukaan, sedangkan pada limbah multi-lapis, reaksi permukaan, perpindahan massa antar fase, serta pelepasan sebagian plastik menjadi langkah pembatas laju. Adsorben LDHs hasil sintesis terkonfirmasi memiliki struktur *double layered hydroxide* yang teratur berdasarkan analisis struktur kristal dan gugus fungsi yang spesifik.

Pengujian performa menunjukkan bahwa adsorben LDHs memiliki kapasitas maksimum penjerapan litium sebesar 9,47 mg Li⁺/g adsorben pada brine sintesis. Adsorben ini juga stabil dipakai berulang kali terbukti pemakaian selama delapan kali hanya menurunkan performanya sebesar 3,6%. Adsorben ini juga efektif digunakan pada brine Bleduk Kuwu dengan konsentrasi 40 ppm Li⁺, menghasilkan tingkat pemungutan 12,1% dan kapasitas adsorpsi 0,438 mg Li⁺/g adsorben. Studi isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa model Freundlich dan Temkin paling sesuai menggambarkan perilaku kesetimbangan, mengindikasikan mekanisme adsorpsi multilapis dan heterogen. Kehadiran MgCl₂ dalam konsentrasi tinggi pada brine diketahui meningkatkan penjerapan litium, karena ion klorida membantu menstabilkan struktur LDHs.

Lebih lanjut, disertasi ini memanfaatkan litium in-situ dari brine Bleduk Kuwu dan LUSI untuk menyintesis adsorben litium-aluminium hidroksida (Li/Al-LDH) melalui skema dua tahap. Proses berurutan ini mengendapkan Mg/Al-LDH terlebih dahulu, kemudian memperoleh Li/Al-LDH berkemurnian 99% dengan perolehan litium 76%. Sedangkan pada pemakaian brine ekstrak LUSI dihasilkan tingkat perolehan litium hingga 87%. Berkat penggunaan bahan baku murah—limbah aluminium dan litium dari brine—kajian tekno-ekonomi menunjukkan rasio nilai produk terhadap biaya yang kompetitif, sehingga layak untuk diimplementasikan pada skala pilot.

Kesimpulannya, penelitian ini membuktikan potensi pemanfaatan limbah aluminium untuk sintesis adsorben LDHs berkinerja tinggi dalam pemungutan litium secara selektif dari *brine* berkonsentrasi rendah. Temuan ini berkontribusi pada pengembangan teknologi ekstraksi litium berkelanjutan di Indonesia. Penelitian lanjutan dianjurkan untuk optimalisasi proses pada skala lebih besar dan integrasi dengan teknologi lainnya.

Kata Kunci:

Pemungutan litium, Limbah aluminium, Litium Aluminium Hidroksida, *Layered double hydroxides* (LDHs), *Brine*, Adsorpsi, Kopresipitasi, Bleduk Kuwu, LUSI, Adsorpsi selektif ion, Analisis tekno-ekonomi

ABSTRACT

The rising global demand for lithium has heightened the necessity for more efficient and sustainable extraction methods. Traditional lithium recovery method from brine, such as solar evaporation and multistage crystallization, are less effective for brines with low lithium concentrations. This dissertation focuses on synthesis of lithium-aluminum layered double hydroxides (LDHs) adsorbents using aluminum waste as a raw material, with the objective of developing an environmentally sustainable and cost-effective method for lithium recovery from brine.

The study employs a double-stage synthesis process utilizing aluminium foil and multi-layer plastic aluminium waste as raw materials. The first stage involves reacting aluminium waste with sodium hydroxide to produce sodium aluminate and hydrogen gas, followed by a co-precipitation reaction with lithium chloride in the second stage to form LDHs adsorbents. Detailed kinetic modeling reveals that, for aluminium foil, the process is controlled by surface chemical reactions, while for multi-layer plastic aluminium waste, surface reaction, interfacial mass transfer, and partial plastic delamination are all rate-limiting steps. Structural analysis confirmed the successful formation of well-structured LDHs.

Performance assessment indicated that the synthesized adsorbents exhibit a maximum uptake of 9.47 mg of ion lithium per gram of adsorbent and retain 96.4% % capacity after eight adsorption-desorption cycles. The adsorbents also proved effective for Bleduk Kuwu brine with lithium concentrations 40 ppm, achieving a recovery rate of 12.1%, and an adsorption capacity of 0.438 mg Li⁺/g adsorbent. Adsorption isotherm studies indicated that the Freundlich and Temkin models best describe the equilibrium behavior, suggesting multilayer and heterogeneous adsorption mechanisms. High concentrations of MgCl₂ in brine were found to enhance lithium adsorption, as chloride ions help stabilize the structure of layered double hydroxides.

Furthermore, this dissertation exploits in-situ lithium from Indonesian brine (Bleduk Kuwu and LUSI) to synthesise lithium-aluminium layered double hydroxide (Li/Al-LDH) adsorbent through a two-step scheme. The sequential process first precipitates Mg/Al-LDH, followed by the recovery of Li/Al-LDH with 99 % purity and a lithium yield of 76 %. Meanwhile, the application of LUSI brine extract achieved a lithium recovery efficiency of up to 87%. Owing to the use of low-cost feedstocks—aluminium waste and brine-derived lithium—the preliminary techno-economic analysis reveals a competitive product-to-cost ratio, indicating that the process is suitable for scale-up to the pilot level.

In conclusion, this research demonstrates the feasibility of converting aluminium waste into LDHs adsorbents suitable for lithium recovery processes. These outcomes support waste valorization, resource management, and the progression of lithium extraction technologies tailored for contexts similar to Indonesia. Future work should focus on process scale-up the process, adsorbent granulation for fixed-bed applications, and integration of extraction and precipitation to enhance efficiency and cost-effectiveness.

Keywords:

Lithium recovery, Aluminium waste, Layered double hydroxides (LDHs), Brine, Adsorption, Co-precipitation, Bleduk Kuwu, LUSI, Selective ion adsorption, Techno-economic analysis