

**NICKEL AND MOLYBDENUM RECOVERY FROM SPENT  
HYDROPROCESSING CATALYST USING AMMONIA AND  
AMMONIUM CARBONATE BASES LEACHING METHOD WITH H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>  
OXIDIZER**

Elysa Umiati  
21/476555/PA/20580

**ABSTRACT**

Nickel and molybdenum recovery from spent hydroprocessing catalyst is crucial for reclaiming valuable metals from industrial waste. This research focuses on the recovery of Ni and Mo from spent catalyst (NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) using base leaching methods. The primary objective is to optimize the leaching process using NH<sub>4</sub>OH and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> with the addition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, to investigate the kinetic model and activation energy, and to synthesize nickel carbonate (NiCO<sub>3</sub>) through precipitation methods. The study examines the effects of various leaching parameters, such as concentrations, solid-to-liquid (metal/solvent) ratio, stirring speed, temperature, and reaction time on the efficiency of Ni and Mo extraction. To achieve the aims, the study involved determining the optimal concentration, solid-to-liquid (metal/solvent) ratio, stirring speed, temperature, and reaction time for both leaching processes. The process flow included pre-treatment, such as the deoiling and decoking process of the spent catalyst. The leaching experiments were performed under varying conditions to identify the most effective parameters. Kinetic analysis was carried out using the pseudo-order reaction approach and the Shrinking Core Model (SCM) to understand the rate-controlling steps for Ni and Mo leaching. The most effective parameter was used for the synthesis of NiCO<sub>3</sub> through precipitation.

The optimal conditions for Ni and Mo recovery using NH<sub>4</sub>OH + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> were 15 % concentration, 1:2 of S/L ratio, 300 rpm, and 60 °C for 120 minutes, with recovery of Ni 95 % and Mo 88 %. While using (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, the optimum results at 15 % concentration, 1:10 of S/L ratio, 400 rpm, and 60 °C for 120 minutes, with recovery of Ni 25 % and Mo 78 %. Kinetic modelling both of the NH<sub>4</sub>OH + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> approach the pseudo-first-order reaction for Ni and Mo. The SCM follows solid liquid product layer control for Ni leaching has an Ea value of 44 kJ/mol (NH<sub>4</sub>OH) and 55 kJ/mol ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). In contrast, Mo leaching with an Ea of 9 kJ/mol (NH<sub>4</sub>OH) follows chemical reaction control, while Ea value of 105 kJ/mol ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) follows chemical reaction and internal diffusion control. The final product is nickel carbonate hydroxide (Ni<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(OH)<sub>2</sub>) product had 87 % purity, with a yield of 93 %, and a recovery efficiency of Ni 95 %, demonstrating its potential for industrial nickel recovery.

Keywords: leaching process, nickel carbonate, Ni and Mo recovery, SCM model, spent NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst

**PEMULIHAN NIKEL DAN MOLIBDENUM DARI KATALIS  
HIDROPROSES BEKAS MENGGUNAKAN METODE PELINDIAN BASA  
AMONIA DAN AMONIUM KARBONAT DENGAN OKSIDATOR H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Elysa Umiati  
21/476555/PA/20580

**INTISARI**

Pemulihan nikel dan molybdenum dari katalis hidroproses bekas penting untuk mendaur ulang logam berharga dari limbah industri. Penelitian ini fokus pada pemulihan Ni dan Mo dari katalis bekas (NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan metode pelindian basa. Tujuan penelitian ini untuk mengoptimalkan proses pelindian dengan NH<sub>4</sub>OH dan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dengan penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, menyelidiki model kinetika dan energi aktivasi, serta mensintesis nikel karbonat (NiCO<sub>3</sub>) melalui metode presipitasi. Penelitian ini mengkaji pengaruh berbagai parameter pelindian, seperti konsentrasi, rasio padat-cair (logam/pelarut), kecepatan pengadukan, suhu, dan waktu reaksi terhadap efisiensi terlindi Ni dan Mo. Untuk mencapai hal tersebut, penelitian ini melibatkan penentuan konsentrasi optimal, rasio padat-cair, kecepatan pengadukan, suhu, dan waktu. Alur proses mencakup perlakuan awal, seperti proses *deoil*ing dan *decoking* pada katalis bekas. Eksperimen pelindian dilakukan di berbagai kondisi untuk mengidentifikasi parameter yang paling efektif. Analisis kinetika dilakukan menggunakan pendekatan reaksi *pseudo*-orde dan *Shrinking Core Model* (SCM) untuk memahami langkah pengendali laju dalam pelindian Ni dan Mo. Parameter yang paling efektif kemudian digunakan untuk sintesis NiCO<sub>3</sub> melalui presipitasi.

Kondisi optimal untuk pemulihan Ni dan Mo menggunakan NH<sub>4</sub>OH + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah konsentrasi 15 %, rasio S/L 1:2, 300 rpm, dan suhu 60 °C selama 120 menit dengan pemulihan Ni 95 % dan Mo 88%. Sedangkan penggunaan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> memberikan hasil optimal pada konsentrasi 15 %, rasio S/L 1:10, 400 rpm, dan suhu 60 °C selama 120 menit dengan pemulihan Ni 25% and Mo 78%. Pemodelan kinetika dari kedua pendekatan dengan NH<sub>4</sub>OH + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> menunjukkan bahwa reaksi mengikuti *pseudo*-orde pertama untuk Ni dan Mo. Model SCM mengikuti kontrol reaksi kimia pada pelindian Ni yang memiliki nilai energi aktivasi (E<sub>a</sub>) sebesar 44 kJ/mol (NH<sub>4</sub>OH) dan 55 kJ/mol ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>). Sebaliknya, pelindian Mo dengan E<sub>a</sub> sebesar 9 kJ/mol (NH<sub>4</sub>OH) mengikuti kontrol reaksi kimia, sedangkan dengan E<sub>a</sub> sebesar 105 kJ/mol ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>2</sub>) mengikuti kontrol reaksi kimia dan difusi internal. Produk akhir yang dihasilkan adalah nikel karbonat hidroksida (Ni<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)(OH)<sub>2</sub>) dengan kemurnian 87 %, *yield* sebanyak 93 %, dan efisiensi pemulihan Ni sebesar 95 %, yang menunjukkan potensinya untuk pemulihan nikel secara industri.

Kata Kunci: katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bekas, model SCM, nikel karbonat, pemulihan nikel dan molybdenum, proses pelindian