

Pengembangan Katalis Bentonit Terpilar Al_2O_3 Teraktivasi Asam Sulfat Dan Fosfat untuk Sintesis Dietil Eter

Puji Wahyuningsih

22/502389/SPA/00882

INTISARI

Penelitian ini bertujuan mengembangkan katalis bentonit terpilar Al_2O_3 teraktivasi asam untuk sintesis dietil eter melalui optimasi metode interkalasi dan aktivasi asam. Dua metode interkalasi dibandingkan, yakni metode konvensional melalui pengadukan mekanik dan ultrasonikasi sebagai pendekatan alternatif berbasis prinsip *green chemistry*. Aktivasi katalis dilakukan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dan asam fosfat (H_3PO_4) pada variasi konsentrasi (1,5; 2,5; 3,5 M) untuk mempelajari pengaruhnya terhadap karakter fisikokimia dan aktivitas katalitik yaitu persentase konversi etanol dan *yield* dietil eter. Selanjutnya dilakukan kajian *reusability* terhadap katalis bentonit terpilar Al_2O_3 teraktivasi asam untuk beberapa siklus reaksi dengan kondisi reaksi yang sama. Studi komputasi terhadap katalis Al-PILC dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi optimasi struktur Ca-bentonit dan Al-PILC, serta analisis interaksi proton pada struktur Al-PILC berdasarkan perhitungan energi relatif dari sistem yang dihasilkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ultrasonikasi menghasilkan bentonit terpilar dengan luas permukaan, keasaman, dan stabilitas termal yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional diantaranya nilai *basal spacing* d_{001} sebesar 6,40 Å, luas permukaan spesifik sebesar 60,03 m^2/g , keasaman permukaan sebesar 5,27 mmol/g, dan memiliki stabilitas termal lebih tinggi dengan nilai pengurangan massa pada rentang suhu 0–700 °C sebesar 23,00%. Aktivasi dengan asam sulfat memberikan sifat keasaman dan aktivitas katalitik yang lebih tinggi dibandingkan asam fosfat. Aktivasi menggunakan asam sulfat menghasilkan karakter keasaman yang lebih tinggi sebesar 13,43 mmol/g dan berdampak langsung terhadap peningkatan performa katalitiknya dalam reaksi dehidrasi etanol. Katalis Al-PILC– $\text{S}_{3.5}$ menunjukkan performa terbaik dengan konversi etanol sebesar 83,06% dan *yield* dietil eter sebesar 58,07% pada suhu reaksi 225 °C dan massa katalis 0,2 g. Uji *reusability* menunjukkan katalis tetap stabil hingga empat siklus penggunaan. Namun, pada siklus kelima mengalami penurunan signifikan *yield* DEE sebesar 20,05%.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan katalis padat ramah lingkungan berbasis bentonit terpilar untuk aplikasi sintesis bahan bakar alternatif khususnya dietil eter, serta menegaskan potensi ultrasonikasi sebagai pendekatan *green chemistry* dalam sintesis katalis.

Kata kunci: bentonit terpilar Al_2O_3 , aktivasi asam, dehidrasi etanol, dietil eter

Development of Sulfuric and Phosphoric Al_2O_3 -Activated Pillared Bentonite Catalyst for Diethyl Ether Synthesis

Puji Wahyuningsih

22/502389/SPA/00882

ABSTRACT

This study aims to develop acid-activated Al_2O_3 -pillared bentonite catalysts for diethyl ether synthesis through the optimization of intercalation and acid activation methods. Two intercalation techniques were compared namely conventional method using mechanical stirring and ultrasonication which aligns more with green chemistry principles. Catalyst activation was carried out using sulfuric acid (H_2SO_4) and phosphoric acid (H_3PO_4) at various concentrations (1.5, 2.5, and 3.5 M) to evaluate their effects on the physicochemical properties and catalytic performance. Reusability study was also conducted on the acid-activated pillared bentonite catalysts over multiple reaction cycles under identical conditions. The computational study of the Al-PILC catalyst was conducted in several stages, including the structural optimization of Ca-bentonite and Al-PILC, as well as the analysis of proton interactions within the Al-PILC structure based on the calculated relative energy of the resulting systems.

The results showed that ultrasonication produced pillared bentonite with superior surface area, acidity, and thermal stability compared to the conventional method. Notably, it achieved a basal spacing (d_{001}) of 6.40 Å, specific surface area of 60.03 m^2/g , surface acidity of 5.27 mmol/g, and enhanced thermal stability with a mass loss of 23.00% over the 0–700 °C range. Activation with sulfuric acid resulted in higher acidity of 13.43 mmol/g and significantly improved catalytic activity in the ethanol dehydration reaction compared to phosphoric acid. The best catalytic performance was achieved using Al-PILC- $\text{S}_{3.5}$ catalyst, with an ethanol conversion of 83.06% and diethyl ether yield of 58.07%. Optimum reaction conditions were found to be 225 °C and 0.2 g catalyst. Reusability evaluation revealed consistent catalytic performance over the first four cycles. Nevertheless, in the fifth cycle, the diethyl ether yield dropped markedly to 20.05%.

This study contributes to the development of environmentally friendly solid catalysts based on pillared bentonite for alternative fuel synthesis, particularly diethyl ether, and highlighting the potential of ultrasonication as a green chemistry approach in catalyst synthesis.

Keywords: pillared bentonite Al_2O_3 , acid activation, ethanol dehydration, diethyl ether