

## **SILIKA MESOPORI TERFOSFATASI DARI ABU DAUN SALAK TERIMPREGNASI KALSIMUM OKSIDA SEBAGAI KATALIS FUNGSI GANDA UNTUK KONVERSI SATU LANGKAH MINYAK GORENG SAWIT BEKAS MENJADI BIODIESEL**

Adelia Indah Lestari  
21/480261/PA/20857

### **INTISARI**

Peningkatan konsumsi energi fosil yang disertai dengan tingginya emisi gas rumah kaca mendorong para peneliti untuk mengembangkan inovasi biodiesel berbasis minyak nabati sebagai upaya menuju netralitas karbon. Penelitian ini telah berhasil mensintesis silika mesopori terfosfatasi dari abu daun salak terimpregnasi kalsium oksida (CaO/PO<sub>4</sub>-MS) yang digunakan untuk mengonversi minyak goreng sawit bekas menjadi biodiesel. Karakterisasi katalis CaO/PO<sub>4</sub>-MS dilakukan menggunakan instrumen XRD, FTIR, NH<sub>3</sub>-TPD, CO<sub>2</sub>-TPD, SAA, SEM-EDX *Mapping*, dan XPS. Optimasi biodiesel dilakukan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) model *Central Composite Design* (CCD) dengan variabel waktu reaksi (A), konsentrasi katalis (B), dan rasio mol metanol:minyak (C). Parameter optimum yang diperoleh kemudian digunakan pada uji *reusability*.

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengevaluasi katalis CaO/PO<sub>4</sub>-MS untuk produksi biodiesel melalui pendekatan proses satu langkah menggunakan minyak goreng sawit bekas. Karakterisasi menunjukkan bahwa katalis ini memiliki nilai keasaman total sebesar 0,15 mmol/g NH<sub>3</sub> dan kebasaan total sebesar 0,05 mmol/g CO<sub>2</sub>, yang berkontribusi pada aktivitas katalitiknya. Katalis ini mampu menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 82,67% pada suhu reaksi 65 °C, konsentrasi katalis 4%, waktu reaksi 3 jam, dan rasio molar metanol:minyak 18:1. Kinerja katalis CaO/PO<sub>4</sub>-MS terbukti lebih unggul dibandingkan katalis MS, PO<sub>4</sub>-MS, CaO/MS, maupun kombinasi PO<sub>4</sub>-MS dilanjutkan dengan CaO/MS (proses dua langkah). Evaluasi *reusability* menunjukkan bahwa katalis ini masih mempertahankan aktivitas yang cukup baik setelah lima kali siklus penggunaan, dengan *yield* biodiesel pada siklus kelima sebesar 72,68%. Proses optimasi menggunakan metode RSM dengan desain CCD menghasilkan kondisi optimal pada waktu reaksi 3,59 jam, konsentrasi katalis 4,131%, dan rasio metanol:minyak 18,69:1. Model prediksi yang diperoleh menunjukkan keakuratan tinggi, dengan *yield* biodiesel optimum sebesar 83,63% dan error prediksi terhadap data eksperimen sebesar 0,961%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan *one-step process* dengan katalis CaO/PO<sub>4</sub>-MS merupakan metode yang efisien dan berpotensi untuk diaplikasikan dalam produksi biodiesel secara lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah minyak menjadi bahan bakar alternatif.

Kata kunci: abu daun salak, biodiesel, kalsium oksida, minyak goreng sawit bekas, silika mesopori terfosfatasi

***CALCIUM OXIDE-IMPREGNATED PHOSPHATED MESOPOROUS SILICA  
FROM SALAK LEAVES ASH AS A BIFUNCTIONAL CATALYST FOR  
ONE-STEP CONVERSION OF USED PALM COOKING OIL INTO  
BIODIESEL***

Adelia Indah Lestari  
21/480261/PA/20857

**ABSTRACT**

The increasing consumption of fossil fuels, along with high greenhouse gas emissions, has prompted researchers to develop innovations in vegetable oil-based biodiesel as an effort to achieve carbon neutrality. In this study, phosphated mesoporous silica (CaO/PO<sub>4</sub>-MS) was successfully synthesized from calcium oxide-impregnated salak leaf ash and used to convert used palm oil into biodiesel. The CaO/PO<sub>4</sub>-MS catalyst was characterized using XRD, FTIR, SAA, NH<sub>3</sub>-TPD, CO<sub>2</sub>-TPD, SEM-EDX mapping, and XPS. Biodiesel optimization was carried out using the Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD), employing reaction time (A), catalyst concentration (B), and methanol-to-oil molar ratio (C) as independent variables. The optimum parameters obtained were then used in the reusability test.

This study successfully developed and evaluated CaO/PO<sub>4</sub>-MS catalyst for biodiesel production through a one-step process approach using used palm cooking oil. Characterization showed that this catalyst has a total acidity value of 0.15 mmol/g NH<sub>3</sub> and total basicity of 0.05 mmol/g CO<sub>2</sub>, which contribute to its catalytic activity. The catalyst was able to produce a biodiesel yield of 82.67% at a reaction temperature of 65 °C, a catalyst concentration of 4%, a reaction time of 3 hours, and a molar ratio of methanol:oil of 18:1. The performance of CaO/PO<sub>4</sub>-MS catalyst proved superior to MS, PO<sub>4</sub>-MS, CaO/MS, and PO<sub>4</sub>-MS followed by CaO/MS (two-step process). The reusability evaluation showed that the catalyst still maintained good activity after five cycles of use, with a biodiesel yield of 72.68% in the fifth cycle. The optimization process using RSM method with CCD design resulted in optimal conditions at a reaction time of 3.59 hours, catalyst concentration of 4.131%, and methanol:oil ratio of 18.69:1. The prediction model obtained showed high accuracy, with an optimum biodiesel yield of 83.63% and a prediction error against experimental data of 0.961%. The results of this study indicate that the one-step process approach with CaO/PO<sub>4</sub>-MS catalyst is an efficient and potential method to be applied in biodiesel production in a more sustainable and environmentally friendly manner in processing waste oil into alternative fuels.

Keywords: biodiesel, calcium oxide, phosphatized mesoporous silica, salak leaf ash, used palm cooking oil