

SILIKA MESOPORI TERFOSFATASI DARI ABU SEKAM PADI TERIMPREGNASI KALSIMUM OKSIDA SEBAGAI KATALIS BIFUNGSIONAL UNTUK KONVERSI SATU LANGKAH MINYAK GORENG SAWIT BEKAS MENJADI BIODIESEL

Zalzalbila Nurmalita Octaviana
21/474030/PA/20456

INTISARI

Peningkatan penggunaan bahan bakar berbasis fosil menjadi isu serius terhadap kelestarian lingkungan karena emisi karbon yang berlebihan ke lingkungan. Oleh karena itu, para peneliti terus berupaya untuk mengembangkan *biofuel* sebagai energi alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya adalah biodiesel. Pada penelitian ini, katalis bifungsional kalsium oksida terdispersi pada silika mesopori terfosfatasi (CaO/PO₄-MS) berhasil disintesis dari abu sekam padi dan diaplikasikan untuk konversi satu langkah minyak goreng sawit bekas menjadi biodiesel. Karakterisasi katalis dilakukan menggunakan XRF, XRD, FTIR, NH₃-TPD, CO₂-TPD, SAA, SEM-EDX *mapping*, dan XPS. Optimasi kondisi reaksi dilakukan menggunakan metode *Response Surface Methodology* (RSM) model *Central Composite Design* (CCD) dengan variabel waktu reaksi (A), konsentrasi katalis (B), dan rasio molar antara minyak dan metanol (C).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis CaO/PO₄-MS memiliki nilai keasaman total sebesar 0,1702 mmol/g NH₃ dan kebasaan total sebesar 0,0578 mmol/g CO₂, dengan hasil biodiesel mencapai 94,370% pada suhu reaksi 65 °C, konsentrasi katalis 5%, waktu reaksi 2 jam, serta rasio molar metanol:minyak 18:1. Hasil biodiesel yang diperoleh menggunakan katalis CaO/PO₄-MS paling tinggi dibandingkan dengan MS, PO₄-MS, CaO/MS (*one-step conversion*), serta kombinasi PO₄-MS yang dilanjutkan dengan CaO/MS (*two-step conversion*), Uji *reusability* selama lima siklus membuktikan bahwa katalis CaO/PO₄-MS tetap efektif, dengan hasil biodiesel pada siklus kelima mencapai 72,59%. Hasil optimasi kondisi reaksi dengan RSM model CCD menyatakan bahwa *yield* biodiesel tertinggi sebesar 94,583% diperoleh pada waktu reaksi 2,145 jam, konsentrasi katalis 5,026%, serta rasio molar metanol:minyak 18,539:1, dengan tingkat kesalahan sebesar 0,534% dibandingkan dengan data eksperimen. Dengan performa yang baik serta bahan baku yang melimpah, katalis CaO/PO₄-MS berpotensi menjadi solusi ramah lingkungan untuk produksi biodiesel secara berkelanjutan untuk mendukung penurunan jejak karbon di lingkungan.

Kata kunci : abu sekam padi, biodiesel, kalsium oksida, katalis bifungsional, silika mesopori terfosfatasi

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

Zalzalbila Nurmalita Octaviana
21/474030/PA/20456

ABSTRACT

The increased use of fossil-based fuels has become a serious issue for environmental sustainability due to excessive carbon emissions. Therefore, researchers continue to develop biofuels as alternative energy sources to address this problem, one of which is biodiesel. In this study, a bifunctional catalyst consisting of calcium oxide dispersed on phosphated mesoporous silica (CaO/PO₄-MS) was successfully synthesized from rice husk ash and applied for the one-step conversion of used palm cooking oil into biodiesel. Catalyst characterization was conducted using XRF, XRD, FTIR, NH₃-TPD, CO₂-TPD, SAA, SEM-EDX mapping, and XPS. Optimization of reaction conditions was performed using Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD) model, focusing on three variables: reaction time (A), catalyst concentration (B), and the molar ratio of oil to methanol (C).

The results showed that the CaO/PO₄-MS catalyst had a total acidity of 0.1702 mmol/g NH₃ and a total basicity of 0.0578 mmol/g CO₂, achieving a biodiesel yield of 94,370% under optimal conditions: a reaction temperature of 65 °C, catalyst concentration of 5%, reaction time of 2 h, and a methanol-to-oil molar ratio of 18:1. The biodiesel yield obtained using CaO/PO₄-MS was the highest compared to MS, PO₄-MS, CaO/MS (one-step conversion), and the sequential combination of PO₄-MS followed by CaO/MS (two-step conversion). A reusability test over five cycles confirmed that the CaO/PO₄-MS catalyst remained effective, with a biodiesel yield of 72.59% in the fifth cycle. Optimization using the RSM-CCD model predicted a maximum biodiesel yield of 94.583% at a reaction time of 2.145 h, catalyst concentration of 5.026%, and a methanol-to-oil molar ratio of 18.539:1, with a prediction error of only 0.534% compared to the experimental data. With its strong performance and the use of abundant raw materials, the CaO/PO₄-MS catalyst shows significant potential as an environmentally friendly solution for biodiesel production, supporting efforts to reduce the carbon footprint.

Keywords : biodiesel, bifunctional catalyst, calcium oxide, phosphate mesoporous silica, rice husk ash