



Sintesis W/ZSM-5, W/H-mordenit, dan W/Karbon Aktif Dengan Metode Spray Sebagai Katalis Konversi

Refined Palm Kernel Oil (RPKO) Menjadi Bioavtur

Aditya Tyasnatama, Prof. Dra. Wega Trisunaryanti, M.S., Ph.D. Eng.; Prof. Dr.rer.nat Karna Wijaya, M.Eng

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

SINTESIS W/ZSM-5, W/H-MORDENIT, DAN W/KARBON AKTIF DENGAN METODE IMPREGNASI KERING SEBAGAI KATALIS KONVERSI *REFINED PALM KERNEL OIL* (RPKO) MENJADI BIOAVTUR

Aditya Tyasnatama
18/430279/PA/18792

INTISARI

Dampak lingkungan yang kian meningkat dari sektor penerbangan, yang didorong oleh meningkatnya konsumsi Bahan Bakar Turbin Pesawat (Avtur) berbasis fosil, mendorong perlunya pengembangan bahan bakar alternatif yang berkelanjutan dan bersifat “drop-in”. Penelitian ini mengkaji konversi katalitik *Refined Palm Kernel Oil* (RPKO), bahan baku yang kaya akan asam lemak C12-C14, menjadi Bioavtur melalui hidrodeoksigenasi (HDO). Studi ini menyajikan analisis perbandingan dari tiga katalis bifungsional berbeda yang disintesis dengan mengimpregnasikan 5% berat wolfram (W) pada penyangga zeolit ZSM-5 (Z), H-mordenit (M), dan karbon aktif (CA). Katalis yang dibuat melalui impregnasi kering metode *spray* yang diikuti dengan kalsinasi dan reduksi, dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX) dan dievaluasi dalam sistem reaktor *semi-batch*. Produk cair dianalisis dengan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) untuk menentukan efikasi konversi dan selektivitas terhadap fraksi bahan bakar jet C8-C16.

Hasil penelitian menunjukkan adanya ketergantungan kinerja katalitik yang besar pada sifat fisikokimia material penyangga. Katalis W/Z menunjukkan kinerja superior, menghasilkan ragam produk yang paling diinginkan, yang mencakup campuran beragam parafin, isoparafin, olefin, naften, dan aromatik (PIONA), dengan tingkat deoksigenasi tertinggi. Keberhasilan ini disebabkan oleh sinergi optimal antara fungsi logam dari situs W yang terdispersi dan keasaman moderat serta mikropori selektif bentuk dari penyangga Z, yang secara kolektif memfasilitasi serangkaian reaksi berurutan yaitu HDO, perengkahan, dan isomerisasi. Sangat kontras, katalis W/M menunjukkan kegagalan total, dengan produk yang mengandung lebih dari 40% asam lemak yang tidak terkonversi. Hal ini disebabkan oleh keasaman penyangga yang berlebihan, yang memicu deaktivasi katalis secara cepat melalui pembentukan kokas yang ekstensif, sehingga menonaktifkan baik situs aktif logam maupun asam. Katalis W/CA, dengan penyangga non-asamnya, berfungsi sebagai kontrol penting, yang menunjukkan bahwa meskipun W aktif untuk deoksigenasi, ia tidak efisien pada hidrogenasi lanjutan dan tidak mampu melakukan penataan ulang kerangka yang diperlukan untuk menghasilkan bahan bakar jet berkualitas tinggi, sehingga menghasilkan produk yang didominasi oleh olefin linear.

Studi ini menyimpulkan bahwa arsitektur bifungsional yang seimbang, seperti yang dicontohkan oleh sistem W/Z, sangat penting untuk konversi RPKO yang efektif menjadi Bioavtur yang sesuai spesifikasi. Sifat-sifat material penyangga khususnya keasaman dan struktur porinya bukan hanya bersifat pasif, tetapi merupakan penentu utama dari jalur reaksi, selektivitas produk, dan stabilitas katalis.

Kata kunci : Bioavtur, ZSM-5, H-mordenit, Karbon aktif, Hidrodeoksigenasi, Wolfram, RPKO.



Sintesis W/ZSM-5, W/H-mordenit, dan W/Karbon Aktif Dengan Metode Spray Sebagai Katalis Konversi

Refined Palm Kernel Oil (RPKO) Menjadi Bioavtur

Aditya Tyasnatama, Prof. Dra. Wega Trisunaryanti, M.S., Ph.D. Eng.; Prof. Dr.rer.nat Karna Wijaya, M.Eng

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

SYNTHESIS OF W/ZSM-5, W/H-MORDENITE, AND W/ACTIVATED CARBON BY DRY IMPREGNATION METHOD AS CATALYSTS FOR THE CONVERSION OF REFINED PALM KERNEL OIL (RPKO) TO BIOAVTUR

Aditya Tyasnatama
18/430279/PA/18792

ABSTRACT

The escalating environmental impact of the aviation sector, driven by rising consumption of fossil-based Aviation Turbine Fuel (Avtur), necessitates the development of sustainable, drop-in alternative fuels. This research investigates the catalytic conversion of Refined Palm Kernel Oil (RPKO), a feedstock rich in C12-C14 fatty acids, into Bioavtur via hydrodeoxygenation (HDO). The study presents a comparative analysis of three distinct bifunctional catalysts synthesized by impregnating 5% weight wolfram (W) onto ZSM-5 zeolite (Z), H-mordenite zeolite (M), and Activated Carbon (CA) supports. The catalysts, prepared via a spray method dry impregnation followed by calcination and reduction, were characterized using Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX) and evaluated in a semi-batch reactor system. Product liquids were analyzed by Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) to determine conversion efficacy and selectivity towards the C8-C16 jet fuel fraction.

The results reveal a profound dependence of catalytic performance on the physicochemical properties of the support material. The W/Z catalyst demonstrated superior performance, yielding the most desirable product slate, which included a diverse mixture of paraffins, isoparaffins, olefins, naphthenes, and aromatics (PIONA), with the highest degree of deoxygenation. This success is attributed to an optimal synergy between the metallic function of the dispersed W sites and the moderate acidity and shape-selective micropores of the ZSM-5 support, which collectively facilitate a sequential cascade of HDO, cracking, and isomerization reactions. In stark contrast, the W/M catalyst exhibited catastrophic failure, with the product comprising over 40% unconverted fatty acids. This is ascribed to the support's excessive acidity, which triggered rapid catalyst deactivation via extensive coke formation, passivating both metallic and acidic active sites. The W/CA catalyst, with its non-acidic support, served as a crucial control, demonstrating that while W is active for deoxygenation, it is inefficient at subsequent hydrogenation and incapable of the skeletal rearrangements necessary for producing high-quality jet fuel, resulting in a product dominated by linear olefins.

This study concludes that a balanced bifunctional architecture, as exemplified by the W/Z system, is imperative for the effective conversion of RPKO into on-specification Bioavtur. The properties of the support material specifically its acidity and pore structure are not merely passive but are the primary determinants of reaction pathways, product selectivity, and catalyst stability.

Kata kunci : bioavtur, ZSM-5, H-mordenit, activated carbon, hidrodeoxygenation, wolfram, RPKO.