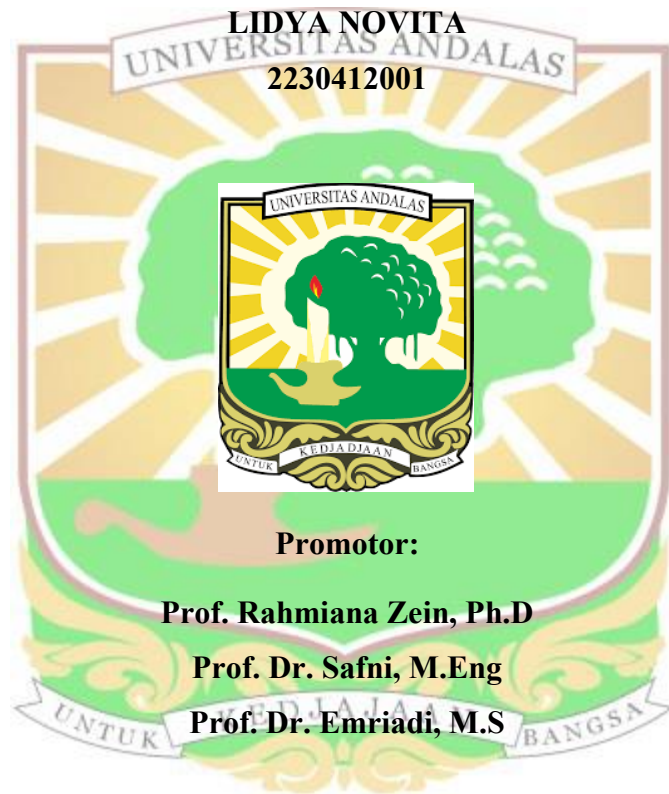


**OPTIMASI REAKSI TRANSESTERIFIKASI DENGAN
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY PADA SINTESIS BIODIESEL
BERBASIS MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS DARI ABU
CANGKANG SAWIT**

DISERTASI

LIDYA NOVITA

2230412001



Promotor:

Prof. Rahmiana Zein, Ph.D

Prof. Dr. Safni, M.Eng

Prof. Dr. Emriadi, M.S

PROGRAM STUDI S3 ILMU KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ANDALAS

2025

**OPTIMASI REAKSI TRANSESTERIFIKASI DENGAN
RESPONSE SURFACE METHODOLOGY PADA SINTESIS BIODIESEL
BERBASIS MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS DARI ABU
CANGKANG SAWIT**



**PROGRAM STUDI S3 ILMU KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS**

2025

RINGKASAN

Biodiesel merupakan bahan bakar ramah lingkungan yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol menggunakan katalis. Katalis heterogen berbasis limbah kini banyak dikembangkan karena mudah dipisahkan, dapat digunakan ulang, dan lebih ramah lingkungan. Abu cangkang kelapa sawit, yang kaya silika namun masih kurang dimanfaatkan, berpotensi dijadikan prekursor sintesis katalis berbasis silikat.

Minyak jelantah dipilih sebagai bahan baku ekonomis, meski memerlukan *pretreatment* untuk menurunkan asam lemak bebas dan kadar air. Optimasi kondisi reaksi seperti konsentrasi katalis, rasio molar metanol: minyak, suhu, dan waktu sangat penting untuk meningkatkan rendemen. *Response surface methodology* (RSM) digunakan untuk merancang eksperimen, menganalisis pengaruh parameter, dan menentukan kondisi optimum. Penelitian ini bertujuan mensintesis silikat dari abu cangkang sawit menggunakan $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan NaOH , kemudian mengaplikasikannya sebagai katalis heterogen dalam produksi biodiesel dari minyak jelantah. Tahapan penelitian meliputi preparasi katalis, *pretreatment* minyak jelantah, karakterisasi katalis (XRD, FTIR, SEM-EDX, BET), optimasi transesterifikasi dengan RSM, serta evaluasi reusabilitas katalis, model kinetika dan termodinamika reaksi, dan karakterisasi biodiesel yang dihasilkan.

Katalis MgSiO_3 menghasilkan rendemen biodiesel 90,43% pada kondisi optimum (8% katalis, rasio metanol/minyak 15:1, 60 °C, 150 menit), sedangkan Na_2SiO_3 mencapai rendemen lebih tinggi, 99,01% pada kondisi 6% katalis, 15:1, 50 °C, 90 menit. Karakterisasi menunjukkan kedua katalis stabil setelah tujuh kali penggunaan, meskipun kandungan atom Mg dan Na menurun masing-masing 4,11% dan 5,22%. Morfologi Na_2SiO_3 lebih seragam dengan luas permukaan, volume, dan pori lebih besar dibanding MgSiO_3 . Optimasi RSM menghasilkan model kuadratik dengan R^2 tinggi (0,976 untuk MgSiO_3 ; 0,986 untuk Na_2SiO_3), di mana faktor dominan adalah konsentrasi katalis (MgSiO_3) dan suhu reaksi (Na_2SiO_3). Uji reusabilitas menunjukkan Na_2SiO_3 lebih unggul (74,44% pada siklus ke-7) dibanding MgSiO_3 (60,47%). Biodiesel dari Na_2SiO_3 memenuhi standar SNI, sedangkan dari MgSiO_3 belum pada kandungan FAME. Kinetika mengikuti model pseudo-orde pertama dengan E_a 40,38 kJ/mol (MgSiO_3) dan 37,29 kJ/mol (Na_2SiO_3), serta studi termodinamika mengindikasikan reaksi bersifat endotermik.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa silika abu cangkang sawit memiliki potensi tinggi pada sintesis katalis heterogen berbasis silikat yang efektif untuk produksi biodiesel. Selain itu, penggunaan minyak jelantah yang telah diperlakukan dengan abu cangkang sawit sebagai bahan baku pembuatan biodiesel menegaskan pendekatan berkelanjutan yang tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah, tetapi juga mendukung pengelolaan biomassa dan pengembangan energi terbarukan di Indonesia.

Kata kunci : Biodiesel, cangkang sawit, katalis heterogen, minyak jelantah, transesterifikasi, *Response surface methodology*

SUMMARY

Biodiesel is an environmentally friendly fuel produced through the transesterification of triglycerides with methanol using a catalyst. Waste-derived heterogeneous catalysts have gained increasing attention due to their ease of separation, reusability, and lower environmental impact. Palm kernel shell ash, which is rich in silica but remains underutilized, holds great potential as a precursor for the synthesis of silicate-based catalysts.

Used cooking oil was selected as a cost-effective feedstock, although it requires pretreatment to reduce free fatty acids and moisture content. Optimization of process conditions such as catalyst concentration, methanol-to-oil molar ratio, temperature, and reaction time is crucial to maximize biodiesel yield. Response surface methodology (RSM) was employed to design experiments, analyze the influence of parameters, and determine the optimal conditions. This study aimed to synthesize silicates from palm kernel shell ash using $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and NaOH , and subsequently apply them as heterogeneous catalysts in biodiesel production from used cooking oil. The research stages included catalyst preparation, pretreatment of feedstock, catalyst characterization (XRD, FTIR, SEM-EDX, BET), optimization of transesterification using RSM, and evaluation of catalyst reusability, reaction kinetics and thermodynamics, as well as biodiesel characterization.

The MgSiO_3 catalyst achieved a biodiesel yield of 90.43% under optimum conditions (8% catalyst, 15:1 methanol-to-oil ratio, 60 °C, 150 min), while Na_2SiO_3 showed a higher yield of 99.01% (6% catalyst, 15:1 ratio, 50 °C, 90 min). Characterization confirmed that both catalysts remained structurally stable after seven cycles, although atomic contents of Mg and Na decreased by 4.11% and 5.22%, respectively. Na_2SiO_3 exhibited a more uniform morphology with greater surface area, pore volume, and pore diameter compared to MgSiO_3 . RSM optimization produced quadratic models with high R^2 values (0.976 for MgSiO_3 ; 0.986 for Na_2SiO_3), with catalyst concentration as the dominant factor for MgSiO_3 and reaction temperature for Na_2SiO_3 . Reusability tests demonstrated that Na_2SiO_3 retained higher activity (74.44% yield at the 7th cycle) than MgSiO_3 (60.47%). Biodiesel produced using Na_2SiO_3 met all SNI quality standards, while that from MgSiO_3 did not meet the FAME content requirement. The reaction kinetics followed a pseudo-first-order model, with activation energies of 40.38 kJ/mol (MgSiO_3) and 37.29 kJ/mol (Na_2SiO_3). Thermodynamic studies indicated that the reactions catalyzed by both materials were endothermic, with ΔH values of 37.73 kJ/mol and 34.65 kJ/mol, respectively.

Overall, the findings demonstrate that silica derived from palm kernel shell ash has great potential for synthesizing effective silicate-based heterogeneous catalysts for biodiesel production. Furthermore, the use of pretreated used cooking oil as feedstock

highlights a sustainable approach that not only adds value to waste materials but also supports biomass management and the development of renewable energy in Indonesia.

Keywords : Biodiesel, palm kernel shell, heterogeneous catalyst, waste cooking oil, transesterification, response surface methodology

