



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**MODIFIKASI KATALIS KALSIUM OKSIDA BERBASIS
LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM DENGAN MAGNESIUM
OKSIDA TERHADAP PENINGKATAN SINTESIS
BIODIESEL DARI *CRUDE PALM OIL***

FIKRIYAH HAMIDAH NIM. 320210303012

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI KIMIA
BOGOR, 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Nama : Fikriyah Hamidah
NIM : 320210303012
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Modifikasi Katalis Kalsium Oksida Berbasis Limbah Cangkang Telur Ayam dengan Magnesium Oksida terhadap Peningkatan Sintesis Biodiesel dari *Crude Palm Oil*

Dosen Pembimbing I,



Dr. Dewi Anggraini Septaningsih, M.Si
NIDN. 8977960023

Tanggal :

Dosen Pembimbing II,

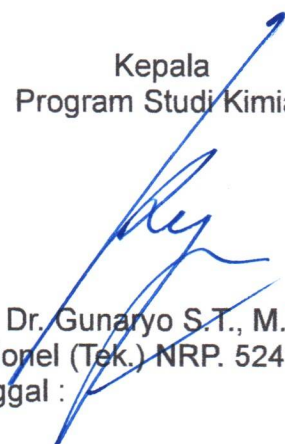


Kolonel Cpl (Purn) Dr. Ir Mirad Fahri, M.Sc
NIDN. 4702126401

Tanggal :

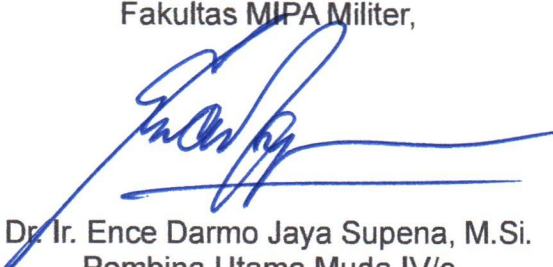
Mengetahui,

Kepala
Program Studi Kimia,



Dr. Gunaryo S.T., M.T.
Kolonel (Tek.) NRP. 524384
Tanggal :

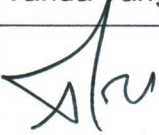
Dekan
Fakultas MIPA Militer,



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal :

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Fikriyah Hamidah
 NIM : 320210303012
 Program Studi : Kimia
 Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
 Judul Skripsi : Modifikasi Katalis Kalsium Oksida Berbasis Limbah Cangkang Telur Ayam dengan Magnesium Oksida terhadap Peningkatan Sintesis Biodiesel dari *Crude Palm Oil*

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I : Dr. Dewi Anggraini Septaningsih, M.Si. NIDN. 8977960023		
2	Dosen Pembimbing II : Kolonel Cpl (Purn) Dr. Ir Mirad Fahri, M.Sc. NIDN. 4702126401		08/2021 08
3	Dosen Penguji I : Minandre Wiratama, S.Si., M.Sc NIDK. 8997890024		
4	Dosen Penguji II : Yusuf Bramastya Apriliyanto, S.Si., M.Sc NIDN.4724049201		

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab, atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, Juli 2025



Fikriyah/Hamidah

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fikriyah Hamidah

NIM : 320210303012

Program Studi : Sarjana Sains

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Modifikasi Katalis Kalsium Oksida Berbasis Limbah Cangkang Telur Ayam dengan Magnesium Oksida terhadap Peningkatan Sintesis Biodiesel dari Crude Palm Oil

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor
Pada Tanggal : 21 Juli 2025
Yang menyatakan



Fikriyah Hamidah
NIM.320210303012

KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi dengan judul: “Modifikasi katalis kalsium oksida berbasis limbah cangkang telur ayam dengan magnesium oksida terhadap peningkatan sintesis biodiesel dari *crude palm oil*” dapat diselesaikan. Penyusunan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini Kadet Mahasiswa mengucapkan terima kasih kepada:

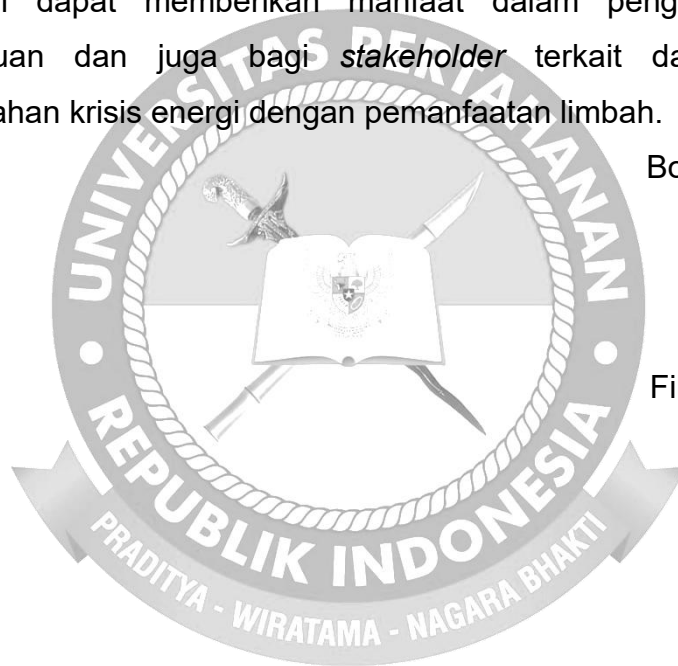
1. Bapak Kolonel Tek Dr. Gunaryo, ST., M.T selaku Kepala Program Studi Kimia Universitas Pertahanan RI yang selalu memberikan bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Dewi Anggraini Septaningsih, M.Si. dan Bapak Kolonel Cpl (Purn) Dr. Ir. Mirad Fahri, M.Sc, selaku Dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan dan masukan berharga hingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Para dosen dan mba staff Program Studi Kimia yang telah banyak membantu kegiatan akademik saya
4. Bapak Afrailin dan Ibu Nursiyah, selaku orang tua kandung saya yang telah membesarkan dan mendidik saya
5. Rekan seperjuangan, Audrey Nur Aisyah dan Azzahra Sandri yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, selama menempuh perjalanan akademik sejak awal pendidikan.
6. Saudara seperjuangan, Saudari Ananda Yessica Margaretha Hutagalung, Saudara Sony Jeremia Simamora, Saudara Daffa Putra Ramadhan dan Saudara Muhammad Angga Yoga Pratama yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan kebahagiaan selama menempuh perjalanan akademik.

7. Seluruh rekan Prodi Kimia maupun UNHAN yang telah mendukung saya selama ini

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya. Saya menyadari bahwa skripsi ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan juga bagi *stakeholder* terkait dalam mengatasi permasalahan krisis energi dengan pemanfaatan limbah.

Bogor, Juli 2025

Fikriyah Hamidah



ABSTRAK

MODIFIKASI KATALIS KALSIMUM OKSIDA BERBASIS LIMBAH CANGKANG TELUR AYAM DENGAN MAGNESIUM OKSIDA TERHADAP PENINGKATAN SINTESIS BIODIESEL DARI *CRUDE PALM OIL*

Biodiesel merupakan energi alternatif yang sangat potensial sebagai pengganti bahan bakar diesel. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi biodiesel dengan menggunakan katalis kalsium oksida (CaO) berbasis limbah cangkang telur ayam yang dimodifikasi dengan magnesium oksida (MgO). Katalis dibuat dengan metode kopresipitasi. Proses sintesis biodiesel melibatkan metode interesterifikasi dan transesterifikasi dengan rasio molar metil asetat/metanol : minyak adalah 9:1. Reaksi dilakukan selama 180 menit pada suhu 65°C dengan *catalyst loading* sebesar 2,5% berat total sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis yang telah dimodifikasi bekerja lebih efektif dibandingkan dengan CaO murni, menghasilkan biodiesel dengan rendemen yang lebih tinggi, yaitu sebesar 89,63% dan 99,96% untuk interesterifikasi dan transesterifikasi. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai katalis tidak hanya mendukung produksi biodiesel yang lebih efisien tetapi juga membantu mengurangi limbah organik yang mencemari lingkungan.

Kata kunci : Biodiesel, Katalis, Kalsium oksida, Magnesium oksida, Interesterifikasi

ABSTRACT

MODIFICATION OF CALCIUM OXIDE CATALYST DERIVED FROM CHICKEN EGG SHELL WASTE WITH MAGNESIUM OXIDE TO ENHANCE BIODIESEL SYNTHESIS FROM CRUDE PALM OIL

Biodiesel is a highly promising alternative energy source to replace conventional diesel fuel. This study aims to improve the efficiency of biodiesel production by utilizing a calcium oxide (CaO) catalyst derived from chicken eggshell waste, modified with magnesium oxide (MgO). The catalyst was prepared using the co-precipitation method. The biodiesel synthesis process involved both interesterification and transesterification methods, with a molar ratio of methyl acetate/methanol to oil of 9:1. The reaction was conducted for 180 minutes at 65°C, with a catalyst loading of 2.5% of the total sample weight. The results showed that the modified catalyst performed more effectively compared to pure CaO, producing biodiesel with higher *Yields* of 89.63% and 99.96% for the interesterification and transesterification processes, respectively. This study concludes that the utilization of eggshell waste as a catalyst not only supports more efficient biodiesel production but also contributes to reducing organic waste pollution in the environment.

Keywords: Biodiesel, Catalyst, Calcium Oxide, Magnesium Oxide, Interesterification

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	4
1.4.2 Manfaat Praktis.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Biodiesel	6
2.1.2 Minyak Kelapa Sawit/ <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	7
2.1.3 Cangkang Telur Ayam	9
2.1.4 Katalis Heterogen CaO	10
2.1.5 Magnesium Oksida	12
2.1.6 Reaksi Sintesis Biodiesel	12
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	14
2.3 Kerangka Berpikir.....	18
2.3.1 Kerangka Berpikir I	18
2.3.2 Kerangka Berpikir II	18
2.4 Hipotesis	20

2.4.1	Hipotesis I.....	20
2.4.2	Hipotesis II.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Metode dan Desain Penelitian	21
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.3	Alat dan Bahan.....	22
3.3.1	Alat Penelitian.....	22
3.3.2	Bahan Penelitian	23
3.4	Variabel Penelitian	24
3.4.1	Variabel Terikat	24
3.4.2	Variabel Bebas	24
3.4.3	Variabel Tetap.....	24
3.5	Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	24
3.6	Populasi dan Sampel	25
3.7	Prosedur Penelitian.....	25
3.7.1	Sintesis katalis CaO dari Cangkang Telur Ayam.....	25
3.7.2	Modifikasi CaO menggunakan MgO.....	26
3.7.3	Modifikasi CaO Tersulfonasi	26
3.7.4	Analisis Karakterisasi Katalis	26
3.7.5	Tahap Pemurnian <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	28
3.7.6	Analisis Sifat Fisika dan Kimia <i>Crude Palm Oil</i>	29
3.7.7	Tahap Interesterifikasi.....	30
3.7.8	Analisis Parameter Uji Biodiesel.....	30
3.7.9	Karakterisasi Biodiesel Menggunakan GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectroscopy)	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Pembahasan Hasil Katalis	33
4.1.1	Sintesis CaO dari Limbah Cangkang Telur Ayam	33
4.1.2	Modifikasi CaO menggunakan MgO	34
4.1.3	Modifikasi CaO Tersulfonasi	37
4.1.4	Karakterisasi Katalis	38
4.2	Sifat Kimia dan Fisika <i>Crude Palm Oil</i>	46
4.3	Karakterisasi Biodiesel.....	48
4.3.1	Nyala Pembakaran Biodiesel.....	49

4.3.2	Persentase <i>Yield</i> Biodiesel	50
4.3.3	Angka Asam Biodiesel	51
4.3.4	Densitas Biodiesel	52
4.3.5	Viskositas Biodiesel	52
4.3.6	Bilangan Iod Biodiesel	53
4.3.7	Karakterisasi Biodiesel Menggunakan GCMS	53
BAB V PENUTUP		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		64



DAFTAR TABEL

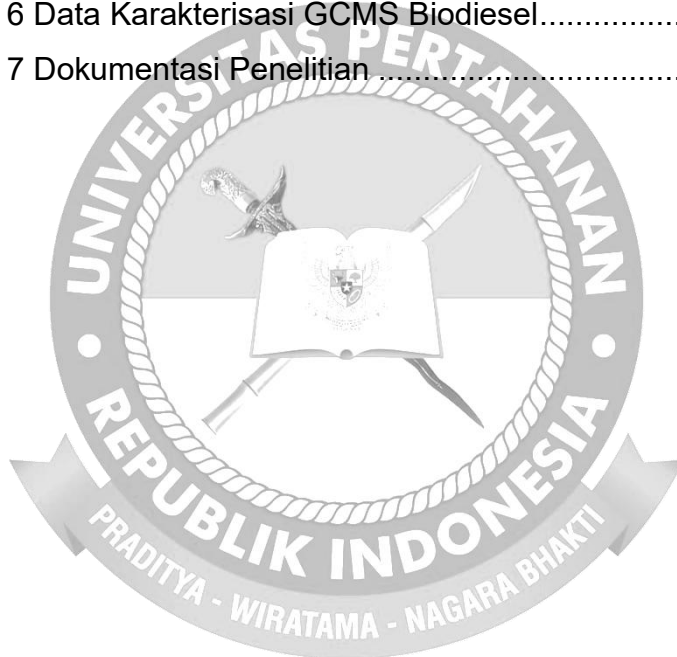
Tabel 2. 1 Standar Biodiesel Indonesia menurut SNI 04-7182-2015.....	6
Tabel 2. 2 Standar Kualitas Crude Palm Oil menurut SNI 05-2901-2021...	9
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu yang Relevan dengan Penelitian.....	15
Tabel 3. 1 Alokasi Waktu Penelitian	21
Tabel 3. 2 Parameter Pengukuran Instrumen	23
Tabel 4.1 Kekuatan Basa Katalis CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi	39
Tabel 4.2 Kekuatan Asam Katalis CaO, CaO.MgO dan CaO Tersulfonasi	39
Tabel 4.3 Analisis Gugus Fungsi dan Panjang Gelombang Katalis CaO, CaO.MgO, serta CaO Sulfonasi	41
Tabel 4.4 Hasil Analisis XRF berdasarkan Unsur Tunggal dan Oksida ...	43
Tabel 4.5 Sifat Fisik dan Kimia Uji CPO Sebelum dan Sesudah Proses Degumming Bleaching	47
Tabel 4.6 Kecepatan Waktu Uji Nyala Biodiesel dengan Penggunaan CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi pada Metode Interesterifikasi dan Transesterifikasi	49
Tabel 4.7 Persentase <i>Yield</i> Biodiesel dengan Penggunaan CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi pada Metode Interesterifikasi dan Transesterifikasi	50
Tabel 4.8 Angka Asam Biodiesel dengan Penggunaan CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi pada Metode Interesterifikasi dan Transesterifikasi	51
Tabel 4.9 Densitas Biodiesel dengan Penggunaan CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi pada Metode Interesterifikasi dan Transesterifikasi	52
Tabel 4.10 Viskositas Biodiesel dengan Penggunaan CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi pada Metode Interesterifikasi dan Transesterifikasi	53
Tabel 4.11 Bilangan Iod Biodiesel dengan Penggunaan CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi pada Metode Interesterifikasi dan Transesterifikasi	53
Tabel 4.12 Kandungan Biodiesel menggunakan Karakterisasi GCMS.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Buah Kelapa Sawit	8
Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi	13
Gambar 2.3 Reaksi Interesterifikasi	14
Gambar 4.1 Katalis CaO Berbasis Cangkang Telur Ayam	33
Gambar 4.2 Struktur Kristal CaO	34
Gambar 4.3 Katalis CaO Termodifikasi MgO	35
Gambar 4.4 Ilustrasi Doping Karbon dari Urea pada Kondisi Atmosfer Inert dan Atmosfer Biasa.....	36
Gambar 4.5 Struktur Kristal CaO.MgO	37
Gambar 4.6 Katalis CaO Tersulfonasi.....	37
Gambar 4.7 Struktur Kristal CaO Tersulfonasi	38
Gambar 4.8 Spektrum FTIR Katalis CaO, CaO.MgO dan CaO Tersulfonasi	41
Gambar 4.9 Pola Difraksi XRD Katalis CaO, CaO.MgO, dan CaO Tersulfonasi.....	44
Gambar 4.10 Hasil Sintesis Biodiesel Menggunakan Interesterifikasi dan Transesterifikasi dengan Katalis CaO, CaO.MgO dan CaO Sulfonasi.....	49
Gambar 4.11 Mekanisme Reaksi Interesterifikasi Senyawa Metil Palmitat	55
Gambar 4.12 Mekanisme Reaksi Hidrolisis Tripalmitin menjadi Asam Heksadekanoat.....	55
Gambar 4.13 Spektrum Massa Senyawa Asam Heksadekanoat.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Sifat Kimia Fisika CPO-RDBPO.....	64
Lampiran 2 Perhitungan Sifat Kimia Katalis	66
Lampiran 3 Perhitungan Komposisi Reaksi Sintesis Biodiesel	67
Lampiran 4 Perhitungan Sifat Kimia Fisika Biodiesel.....	71
Lampiran 5 Data Karakterisasi Katalis	73
Lampiran 6 Data Karakterisasi GCMS Biodiesel.....	77
Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian	79



DAFTAR SINGKATAN



BE	: <i>Bleaching Earth</i>
BTB	: <i>Bromothymol Blue</i>
CaO	: Kalsium oksida
CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
DAMG	: <i>Diacetin Monogliserida</i>
DBPO	: <i>Degummed Bleached Palm Oil</i>
DitjenPKH	: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan
ESDM	: Energi Sumber Daya Mineral
FAME	: <i>Fatty Acid Methyl Ester</i>
FFA	: <i>Free Fatty Acid</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform Infra-Red</i>
GC-MS	: <i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>
JCPDS	: <i>Joint Committee on Powder Diffraction Standards</i>
MADG	: <i>Monoacetin Digliserida</i>
MgO	: Magnesium Oksida
OPEC	: <i>Organization of the Petroleum Exporting Countries</i>
RED	: <i>Renewable Energy Directive</i>
SAA	: <i>Surface Area Analysis</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
WCO	: <i>Waste Cooking Oils</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
XRF	: <i>X-Ray Fluorescence</i>