



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**SINTESIS KATALIS SnO DAN SnO_2 SEBAGAI
OPTIMALISASI REAKSI INTERESTERIFIKASI
CRUDE PALM OIL DALAM PRODUKSI
BIODIESEL**

AMADEA KENYONING HAPSARI SUBIAKTO NIM. 320210303003

**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 : Amadea Kenyoning Hapsari Subiakto
NIM : 320210303003
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Sintesis Katalis SnO dan SnO₂ sebagai Optimalisasi Reaksi Interesterifikasi *Crude Palm Oil* dalam Produksi Biodiesel

Dosen Pembimbing I



M. Sulthon Nurharmansyah Putra,
S.Si., M.Sc.

Penda Tk. I III/b 199310312022031001

Tanggal: 08 AUG 2025

Dosen Pembimbing II,



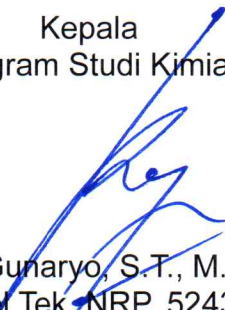
Dr. Dewi Anggraini Septaningsih,
M.Si

NIDN. 897760023

Tanggal: 08 AUG 2025

Mengetahui,

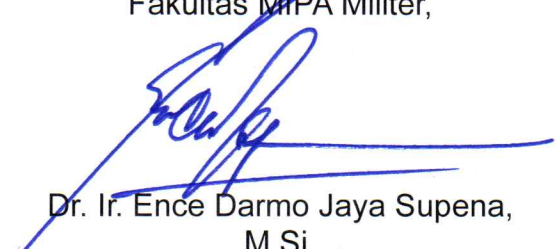
Kepala
Program Studi Kimia,



Dr. Gunaryo, S.T., M.T
Kolonel Tek. NRP. 524384

Tanggal: 11 AUG 2025

Dekan
Fakultas MIPA Militer,

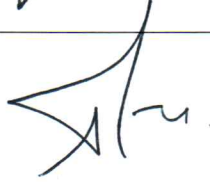
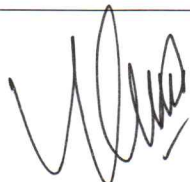
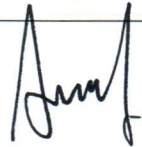


Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena,
M.Si.

Pembina Utama Muda IV/c
Tanggal: 12 AUG 2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Amadea Kenyoning Hapsari Subiakto
 NIM : 320210303003
 Program Studi : Kimia
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
 Judul Skripsi : Sintesis Katalis SnO dan SnO₂ sebagai Optimalisasi Reaksi Interesterifikasi *Crude Palm Oil* dalam Produksi Biodiesel

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: M. Sulthon Nurharmansyah Putra, S.Si., M.Sc. Penda Tk. I III/b 199310312022031001		08 AUG 2025
2	Dosen Pembimbing II: Dr. Dewi Anggraini Septaningsih, M.Si NIDN. 897760023		08 AUG 2025
3	Dosen Penguji I: Dr.Ir. Mirad Fahri.,M.Sc Kolonel Cpl (Purn) NIDN. 4702126401		08/ 2025 08 AUG 2025
4	Dosen Penguji II: Azimatur Rahmi, M.Si. NIP 198512292024212017		08 AUG 2025

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, 20 Juli 2025



Amadea Kenyoning Hapsari Subiakto

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Amadea Kenyoning Hapsari Subiakto
NIM : 320210303003
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan, **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non- Royalty Free Right)** atas Karya Ilmiah saya yang berjudul :

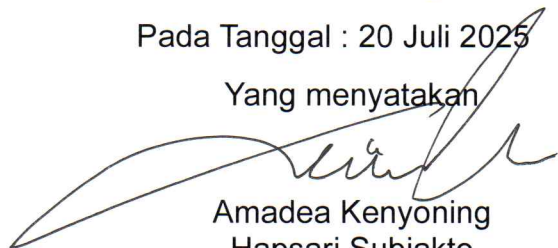
Sintesis Katalis SnO dan SnO₂ sebagai Optimalisasi Reaksi Interesterifikasi Crude Palm Oil dalam Produksi Biodiesel

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Pertahanan berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (*Database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : 20 Juli 2025

Yang menyatakan



Amadea Kenyoning
Hapsari Subiakto

NIM. 320210303003

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, peneliti ingin mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas karunia-Nya yang memungkinkan penulis dalam menyusun skripsi dengan judul: " Sintesis Katalis SnO dan SnO₂ sebagai Optimalisasi Reaksi Interesterifikasi *Crude Palm Oil* dalam Produksi Biodiesel ". Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

1. Kepada Kolonel (Tek) Dr. Gunaryo, S.T., M.T., sebagai kepala program studi kimia yang selalu membimbing, mengarahkan, dan memberi wawasan baru mengenai kehidupan.
2. Kepada M. Sulthon Nurharmansyah Putra, S.Si., M.Sc. sebagai dosen pembimbing satu dan Dr. Dewi Anggraini Septyaningsih, S.Si, M.Si sebagai dosen pembimbing dua yang senantiasa membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitiannya.
3. Kepada Ayah, Bunda, Adik, dan keluarga besar saya, atas kasih sayang tanpa batas, dorongan tak henti, dukungan moril dan materil, serta keyakinan teguh terhadap kemampuan saya dalam menyelesaikan skripsi.
4. Kepada seluruh dosen dan staff Prodi Kimia Universitas Pertahanan RI yang selalu membimbing penulis dalam menyelesaikan pendiidkan di Program S1 Kimia Universitas Pertahanan RI.
5. Kepada sahabat-sahabat terbaik saya selama menjadi Mahasiswa Universitas Pertahanan RI yaitu Allodya, Alya, Azzahra, Dhiva, dan rekan-rekan Kimia Cohort 2 yang senantiasa memberikan kekuatan, inspirasi, doa, dan hiburan selama penulis menyelesaikan skripsi.
6. Kepada sahabat saya Arum, Mutiara, Sarah, Dyana, Nurul, Marsha, dan Litha yang telah menemani dan mendukung penulis selama 11

tahun perjalanan hidup penulis. Serta rekan-rekan yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Bogor, Juli 2025

Amadea Kenyoning Hapsari Subiakto



ABSTRAK

SINTESIS KATALIS SnO DAN SnO_2 SEBAGAI OPTIMALISASI REAKSI INTERESTERIFIKASI *CRUDE PALM OIL* DALAM PRODUKSI BIODIESEL

Ketergantungan terhadap bahan bakar fosil mendorong pengembangan sumber energi alternatif, salah satunya biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi katalis SnO dan SnO_2 menggunakan metode hidrotermal dan sol-gel, serta mengkaji efektivitasnya dalam reaksi interesterifikasi crude palm oil (CPO) menjadi biodiesel. Karakterisasi SnO dilakukan menggunakan FTIR dan menunjukkan puncak serapan khas ikatan Sn–O pada bilangan gelombang 362 cm^{-1} , 563 cm^{-1} , dan 617 cm^{-1} . Produk biodiesel hasil interesterifikasi diuji berdasarkan parameter SNI 7182:2015 meliputi densitas, viskositas, kadar air, bilangan iod, dan kadar asam lemak bebas (FFA). Katalis SnO menghasilkan biodiesel dengan densitas 861 kg/m^3 , viskositas $3,09\text{ cSt}$, kadar air $0,25\%$, FFA $0,66\%$, dan bilangan iod $44,04$. Sedangkan katalis SnO_2 menghasilkan biodiesel dengan densitas 886 kg/m^3 , viskositas $3,12\text{ cSt}$, kadar air $0,22\%$, FFA $0,56\%$, dan bilangan iod $36,03$. Hasil GC-MS menunjukkan keberadaan senyawa utama *methyl oleate* pada biodiesel terkatalisis SnO dengan tingkat kemiripan 93% dan *methyl palmitate* pada biodiesel terkatalisis SnO_2 dengan tingkat kemiripan 97% . Hasil ini menunjukkan bahwa kedua katalis mampu menghasilkan biodiesel yang mendekati standar kualitas SNI, dengan potensi yang menjanjikan untuk pengembangan biodiesel berbasis CPO di Indonesia.

Kata kunci: *Crude Palm Oil*, Hidrotermal, Interesterifikasi, SnO , SnO_2 , Sol-Gel,

ABSTRACT

Synthesis of SnO and SnO₂ Catalysts for the Optimization of Crude Palm Oil Interesterification in Biodiesel Production

Dependence on fossil fuels have driven the development of alternative energy sources, one of which is biodiesel. This study aims to synthesize and characterize SnO and SnO₂ catalysts using hydrothermal and sol-gel methods, as well as evaluate their effectiveness in the interesterification reaction of crude palm oil (CPO) into biodiesel. SnO characterization was carried out using FTIR, which showed characteristic Sn–O absorption peaks at 362 cm⁻¹, 563 cm⁻¹, and 617 cm⁻¹. The resulting biodiesel was tested based on the Indonesian National Standard (SNI 7182:2015) for parameters including density, viscosity, water content, iodine value, and free fatty acid (FFA) content. The SnO catalyst produced biodiesel with a density of 861 kg/m³, viscosity of 3.09 cSt, water content of 0.25%, FFA of 0.66%, and iodine value of 44.04. The SnO₂ catalyst produced biodiesel with a density of 886 kg/m³, viscosity of 3.12 cSt, water content of 0.22%, FFA of 0.56%, and iodine value of 36.03. GC-MS analysis identified methyl oleate as the main compound in the SnO-catalyzed biodiesel with a 93% similarity, and methyl palmitate as the main compound in the SnO₂-catalyzed biodiesel with a 97% similarity. These results indicate that both catalysts are capable of producing biodiesel that closely meets SNI quality standards and demonstrate promising potential for the development of CPO-based biodiesel in Indonesia.

Keywords: Crude Palm Oil, Hydrothermal, Interesterification, SnO, SnO₂, Sol-Gel,

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 GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.4.1 Manfaat Teoritis	3
1.4.2 Manfaat Praktis	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Biodiesel	5
2.1.2 SnO	6
2.1.3 SnO ₂	7
2.1.4 Hidrotermal	8
2.1.5 Sol-Gel.....	8
2.1.6 Interesterifikasi.....	9
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu.....	11
2.3 Kerangka Berpikir	13
2.3.1 Kerangka Berpikir 1	13
2.3.2 Kerangka Berpikir 2	14
2.4 Hipotesis	14

2.4.1	Hipotesis 1	14
2.4.2	Hipotesis 2	14
BAB III METODE PENELITIAN.....		16
3.1	Metode dan Desain Penelitian	16
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2.1	Tempat Penelitian	16
3.2.2	Waktu Penelitian	17
3.3	Alat dan Bahan	18
3.4	Variable Penelitian	18
3.5	Populasi dan Sampel	18
3.7	Prosedur Penelitian	18
3.7.1	Preparasi Katalis SnO Metode Hidrotermal	18
3.7.2	Preparasi Katalis SnO ₂ Metode Sol-Gel	19
3.7.3	Pemurnian <i>Crude Palm Oil</i>	20
3.7.4	Reaksi Interesterifikasi Pembuatan Biodiesel.....	20
3.8	Metode Analisis	21
3.8.1	Pengujian Kadar Asam Lemak Bebas	21
3.8.2	Pengujian Kadar Air	21
3.8.3	Pengujian Densitas	22
3.8.4	Pengujian Viskositas	22
3.8.5	Pengujian Bilangan Iod	23
3.8.6	Analisis X-Ray Diffraction.....	23
3.8.7	Analisis Gas Chromatography-Mass Spectrometry	23
3.8.8	Analisis Fourier Transform Infrared	24
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Pemurnian <i>Crude Palm Oil</i>	25
4.2	Sifat Kimia dan Fisika dari <i>Refining Bleaching Palm Oil</i>	27
4.3	Sintesis Katalis SnO Metode Hidrotermal	29
4.4	Karakterisasi Sintesis Katalis SnO	31
4.5	Sintesis Katalis SnO ₂ Metode Sol-Gel	34
4.6	Karakterisasi Sintesis SnO ₂	36
4.7	Reaksi Interesterifikasi RBPO	38

4.8 Analisis Pengujian Hasil Interesterifikasi	41
4.9 Komposisi Senyawa Biodiesel GC-MS dengan Katalis SnO dan SnO ₂	44
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2. Struktur Senyawa SnO	7
Gambar 2.3. Struktur Senyawa SnO ₂	7
Gambar 2.4. Reaksi Interesterifikasi CPO Menjadi Biodiesel	10
Gambar 2.5. Radas Interesterifikasi Biodiesel	10
Gambar 4.1. Diagram antar Fase (a) dan Ilustrasi Mekanisme <i>Degumming</i> (b)	26
Gambar 4.2. Reaksi Hidrolisis Trigliserida	28
Gambar 4.3. Ilustrasi Tahapan Hidrotermal pada Sintesis SnO	30
Gambar 4.4. Spektrum FTIR Katalis SnO	32
Gambar 4.5. Difraktogram Katalis SnO	33
Gambar 4.6. Tahapan Sintesis SnO ₂ dengan Metode Sol-Gel	36
Gambar 4.7. Difraktogram Katalis SnO ₂	37
Gambar 4.8. Mekanisme Aktivitas Katalis pada Proses Interesterifikasi ...	40
Gambar 4.9. Spektrum MS Senyawa <i>Hexadecanoic Acid Methyl Ester</i> dari Sintesis Biodiesel Terkatalisis SnO ₂	45
Gambar 4.10. Pola Fragmentasi Senyawa <i>Hexadecanoic Acid</i>	46
Gambar 4.11. Spektrum MS Senyawa <i>9-Octadecanoic Acid Methyl Ester</i> dari Sintesis Biodiesel Terkatalisis SnO	47
Gambar 4.12. Pola Fragmentasi Senyawa <i>9-Octadecanoic Acid</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standar CPO Berdasarkan SNI 01-2901-2006	5
Tabel 2.2. Standar Mutu Biodiesel Berdasarkan SNI 7182:2015	6
Tabel 2.3. Penelitian Terdahulu	11
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian Skripsi.....	17
Tabel 4.1. Data Hasil Pemurnian <i>Crude Palm Oil</i>	26
Tabel 4.2. Perbandingan Sifat Fisika dan Kimia CPO dan RBPO	27
Tabel 4.3. Hasil dan Interpretasi FTIR Katalis SnO	32
Tabel 4.4. Interpretasi XRD Katalis SnO	34
Tabel 4.5. Interpretasi XRD Katalis SnO ₂	38
Tabel 4.6. Pengujian Biodiesel Hasil Reaksi Interesterifikasi dengan Katalis SnO dan SnO ₂	42
Tabel 4.7. Jenis Metil Ester yang Terkandung dalam Biodiesel	44
Tabel 4.8. Perkiraan Pola Fragmentasi Senyawa <i>Hexadecanoic Acid</i>	45
Tabel 4.9. Perkiraan Pola Fragmentasi Senyawa <i>9-Octadecanoic Acid</i> ...	48

DAFTAR SINGKATAN

CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
FAME	: <i>Fatty Acid Metyl Ester</i>
FFA	: <i>Free Fatty Acid</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared</i>
FWHM	: <i>Full Width at Half Maximum</i>
GC-MS	: <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i>
JCPDS	: Joint Committee on Powder Diffraction Standards
KESDM	: Konsumsi Energi Final Per Sektor
RBPO	: <i>Refinery Bleaching Palm Oil</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>

