



UNIVERSITAS PERTAHANAN RI

**SINTESIS KATALIS KI/HIDROKSIAPATIT DARI LIMBAH TULANG
IKAN TENGGIRI (*Scomberomorus guttatus*) SEBAGAI
KATALIS INTERESTERIFIKASI *CRUDE PALM OIL***

HANIFA SETYA NINGRUM NIM. 320210303014

**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 : Hanifa Setya Ningrum
NIM : 320210303014
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Sintesis Katalis KI/Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus guttatus*) sebagai Katalis Interesterifikasi *Crude Palm Oil*

Dosen Pembimbing I,



Tedi Kurniadi, M.Si.
NIDK. 4710117501

Tanggal: 08 AUG 2025

Dosen Pembimbing II,

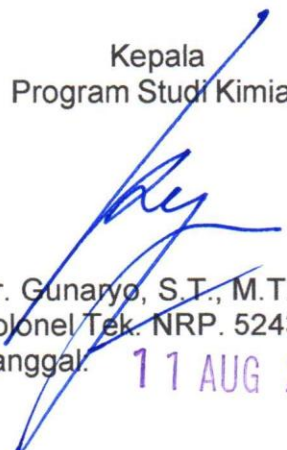


Mentari Zikri Anty, M.Si.
NIDK. 8987890024

Tanggal: 08 AUG 2025

Mengetahui,

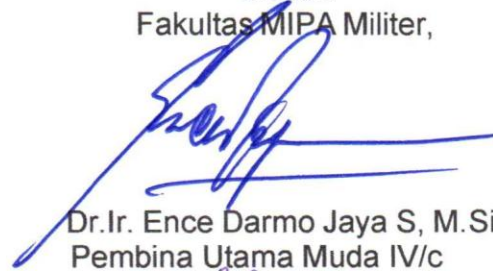
Kepala
Program Studi Kimia,



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

Tanggal: 11 AUG 2025

Dekan
Fakultas MIPA Militer,



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya S, M.Si.
Pembina Utama Muda IV/c

Tanggal: 12 AUG 2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Hanifa Setya Ningrum
NIM : 320210303014
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul Skripsi : Sintesis Katalis KI/Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus guttatus*) sebagai Katalis Interesterifikasi *Crude Palm Oil*

No	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dosen Pembimbing I: Tedi Kurniadi, M.Si. NIDK. 4710117501		08 AUG 2025
2	Dosen Pembimbing II: Mentari Zikri Anty, M.Si. NIDK. 8987890024		08 AUG 2025
3	Dosen Penguji I: Yusuf Bramastya A, M.Sc. NIDK. 4724049201		08 AUG 2025
4	Dosen Penguji II: Dr. Dewi Anggraini S, M.Si. NIDK. 8977960023		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 akademik di Perguruan Tinggi manapun. Saya juga memastikan bahwa tidak ada istilah, frasa, kalimat, paragraph, subbab, atau bab yang diambil dari karya yang pernah saya tulis atau terbitkan, kecuali yang secara eksplisit disebutkan dan dikutip dalam naskah ini serta tercantum dalam Daftar Referensi.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan atau undang-undang berlaku.

Bogor, Juli 2025



Hanifa Setya Ningrum

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Hanifa Setya Ningrum
NIM : 320210303014
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian 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:

Sintesis Katalis KI/Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus guttatus*) sebagai Katalis Interesterifikasi *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 : 14 Juli 2025
Yang menyatakan



Hanifa Setya Ningrum
NIM.320210303014

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, peneliti mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT atas karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul "Sintesis Katalis KI/Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri (*Scomberomorus guttatus*) sebagai Katalis Interesterifikasi *Crude Palm Oil*" dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai 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:

1. Kolonel (Tek) Dr. Gunaryo, S.T., M.T., sebagai Kepala Program Studi Kimia, yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan.
2. Tedi Kurniadi, S.Si., M.Si., Mentari Zikri Anty, S.Si., M.Si., dan Elva Stiawan, S.Pd., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan wawasan berharga dan membantu mengatasi berbagai tantangan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dosen dan Staff Laboran Prodi Kimia yang telah memberikan ilmu, masukan, dan bimbingan yang sangat berharga.
4. Rekan – rekan Prodi Kimia Cohort 2 yang selalu menemani dan mendukung penulis selama berkuliah di UNHAN RI.
5. Orang tua saya, Bambang Haryono dan Susita Erlina atas kasih sayang tanpa batas, dorongan tak henti, dan keyakinan teguh terhadap kemampuan saya dalam menyelesaikan skripsi.

Semoga Allah SWT Tuhan Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya. Akhirnya semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak.

Bogor, Juli 2025

Hanifa Setya Ningrum

ABSTRAK

SINTESIS KATALIS KI/HIDROKSIAPATIT DARI LIMBAH TULANG IKAN TENGGERI (*Scomberomorus guttatus*) SEBAGAI KATALIS INTERESTERIFIKASI *CRUDE PALM OIL*

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan menguji efektivitas katalis heterogen hidroksiapatit (HAp) yang berasal dari limbah tulang ikan Tenggeri (*Scomberomorus guttatus*) yang diimpregnasi dengan Kalium Iodida (KI), sebagai katalis dalam reaksi interesterifikasi *Crude Palm Oil* (CPO). Sintesis HAp dilakukan menggunakan metode hidrotermal, kemudian diimpregnasi dengan KI melalui metode impregnasi. Hasil sintesis katalis KI/HAp dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Hasil FTIR menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang 3448, 1627, dan 1041 cm^{-1} yang mengindikasikan keberadaan gugus OH^- , CO_3^{2-} , dan PO_4^{3-} pada hidroksiapatit. Data tersebut diperkuat oleh hasil XRD yang menunjukkan puncak difraksi pada $2\theta = 26,03^\circ$, $32,11^\circ$, dan $32,98^\circ$, sesuai dengan data referensi JCPDS No. 09-0432. Pengaruh variasi konsentrasi bobot katalis terhadap hasil interesterifikasi CPO dianalisis melalui parameter kualitas biodiesel, meliputi densitas, viskositas, angka asam, dan angka iodin, serta dikarakterisasi lebih lanjut menggunakan GC-MS. Hasil terbaik diperoleh pada penggunaan katalis KI/HAp sebesar 2,5% (b/b) dengan *yield* sebesar 81,30%, yang menunjukkan performa optimal berdasarkan parameter kualitas biodiesel, serta teridentifikasi senyawa metil oleat pada hasil analisis GC-MS pada waktu retensi 22,693 menit. Penelitian ini menunjukkan potensi pemanfaatan limbah tulang ikan Tenggeri sebagai bahan baku katalis ramah lingkungan dalam interesterifikasi CPO.

Kata Kunci: Biodiesel, *Crude Palm Oil*, Hidroksiapatit, Interesterifikasi, Katalis Heterogen, Tulang Ikan Tenggeri

ABSTRACT

SYNTHESIS OF KI/HYDROXYAPATITE CATALYST FROM TENGGIRI FISH (*scomberomorus guttatus*) BONE WASTE AS A CRUDE PALM OIL INTERESTERIFICATION CATALYST

*This study aims to synthesize and test the effectiveness of hydroxyapatite (HAp) heterogeneous catalyst derived from Tenggiri fish bone waste (*Scomberomorus guttatus*) impregnated with Potassium Iodide (KI), as a catalyst in Crude Palm Oil (CPO) interesterification reaction. HAp synthesis was carried out using hydrothermal method, then impregnated with KI through impregnation method. The synthesized KI/HAp catalyst was characterized using FTIR and XRD. FTIR results show the presence of absorption at wave numbers 3448, 1627, and 1041 cm^{-1} which indicates the presence of OH^- , CO_3^{2-} , and PO_4^{3-} groups in hydroxyapatite. The data is reinforced by the XRD results which showed diffraction peaks at $2\theta = 26,03^\circ$, $32,11^\circ$, and $32,98^\circ$, in accordance with JCPDS reference data No. 09-0432. The effect of variation in catalyst weight concentration on CPO interesterification results was analyzed through biodiesel quality parameters, including density, viscosity, acid number, and iodine number, and further characterized using GC-MS. The best results were obtained with the use of KI/HAp catalyst at 2,5% (w/w) with a yield of 81,30%, which showed optimal performance based on biodiesel quality parameters, and the methyl oleate compound was identified in the GC-MS analysis at a retention time of 22,693 minutes. This research shows the potential of utilizing Tenggiri fish bone waste as raw material for environmentally friendly catalysts in CPO interesterification.*

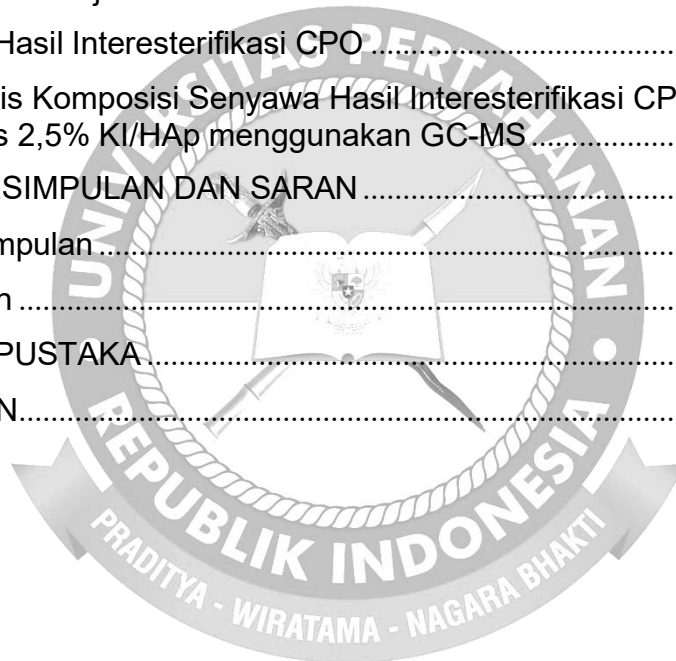
Keywords: Biodiesel, Crude Palm Oil, Heterogeneous Catalys, Hydroxyapatite, Interesterification, Tenggiri Fish Bone

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Biodiesel.....	5
2.1.2 <i>Crude Palm Oil</i>	6
2.1.3 Interesterifikasi	7
2.1.4 Katalis.....	8
2.1.5 Hidroksiapatit.....	9
2.1.6 Tulang Ikan Tenggiri (<i>Scomberomorus guttatus</i>)	11
2.1.7 Kalium Iodida.....	12
2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	12
2.3.1 Dasar Pemikiran Pertama	15
2.3.2 Dasar Pemikiran Kedua	15

2.3.3 Dasar Pemikiran Ketiga	16
2.4 Hipotesis	17
2.4.1 Hipotesis Pertama	17
2.4.2 Hipotesis Kedua	17
2.4.3 Hipotesis Ketiga	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Metode dan Desain Penelitian	18
3.1.1 Metode Penelitian	18
3.1.2 Desain Penelitian	18
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2.1 Tempat Penelitian	19
3.2.2 Waktu Penelitian	19
3.3 Alat dan Bahan	20
3.3.1 Alat	20
3.3.2 Bahan	20
3.4 Variabel Penelitian	20
3.5 Populasi dan Sampel	21
3.6 Prosedur Penelitian	21
3.6.1 Sintesis Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri	21
3.6.2 Impregnasi Kalium Iodida pada Hidroksiapatit dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri	22
3.6.3 <i>Degumming</i> dan <i>Bleaching</i> CPO	22
3.6.4 Interesterifikasi CPO	23
3.7 Metode Analisis	23
3.7.1 Analisis Gugus Fungsi Katalis KI/HAp menggunakan FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectrophotometer</i>)	23
3.7.2 Analisis Struktur Kristal Katalis KI/HAp menggunakan XRD (<i>X-Ray Diffractometer</i>)	24
3.7.3 Analisis Kualitas Biodiesel Hasil Interesterifikasi CPO	25
3.7.4 Analisis Senyawa Hasil Interesterifikasi CPO menggunakan GC-MS (<i>Gas Chromatograph – Mass Spectrometer</i>)	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29

4.1 Sintesis Katalis KI/HAp dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri.....	29
4.2 Analisis Gugus Fungsi Katalis KI/HAp menggunakan FTIR	30
4.3 Analisis Struktur Kristal Katalis KI/HAp menggunakan XRD	35
4.4 Parameter Uji Hasil Pemurnian CPO	38
4.5 Mekanisme Reaksi Interesterifikasi CPO menggunakan Katalis KI/HAp	39
4.6 Karakteristik Fisik Hasil Interesterifikasi CPO	42
4.7 Parameter Uji Hasil Interesterifikasi CPO	43
4.8 <i>Yield</i> Hasil Interesterifikasi CPO	45
4.9 Analisis Komposisi Senyawa Hasil Interesterifikasi CPO dengan Katalis 2,5% KI/HAp menggunakan GC-MS	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaksi Pembentukan Trigliserida	6
Gambar 2. 2 Reaksi Interesterifikasi Trigliserida	8
Gambar 2. 3 Struktur Kimia Hidroksiapatit (HAp)	10
Gambar 2. 4 Bagan Kerangka Berpikir Penelitian	15
Gambar 4. 1 Spektrum FTIR CaO dan Ca(OH) ₂	31
Gambar 4. 2 Spektrum FTIR HAp, KI/HAp sebelum Kalsinasi, dan KI/HAp setelah Kalsinasi	33
Gambar 4. 3 Difraktogram XRD HAp, KI/HAp sebelum Kalsinasi, dan KI/HAp setelah Kalsinasi	35
Gambar 4. 4 Mekanisme Reaksi Interesterifikasi CPO menggunakan Katalis KI/HAp dengan Situs Aktif Asam.....	40
Gambar 4. 5 Mekanisme Reaksi Interesterifikasi CPO menggunakan Katalis KI/HAp dengan Situs Aktif Basa	41
Gambar 4. 6 Produk Biodiesel dari Hasil Interesterifikasi CPO dengan Konsentrasi Bobot Katalis KI/HAp 2%, 2,5%, dan 3%	43
Gambar 4. 7 Spektra Massa Metil Oleat	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Bahan Bakar Diesel Konvensional dan Biodiesel..	5
Tabel 2. 2 Jenis Asam Lemak pada CPO.....	7
Tabel 2. 3 Katalis Homogen dan Heterogen	9
Tabel 2. 4 Hasil Penelitian Terdahulu.....	12
Tabel 3. 1 Tabel Rencana Jadwal Penelitian	19
Tabel 4. 1 Pita Serapan CaO dan Ca(OH)_2	32
Tabel 4. 2 Pita Serapan HAp, KI/HAp sebelum Kalsinasi, dan KI/HAp setelah Kalsinasi	34
Tabel 4. 3 Kristalitas, Ukuran Kristal, dan Parameter Kisi HAp, KI/HAp sebelum kalsinasi, dan KI/HAp setelah kalsinasi.....	37
Tabel 4. 4 Parameter Uji Hasil Pemurnian CPO.....	38
Tabel 4. 5 Karakteristik Fisik dari Hasil Interesterifikasi CPO.....	42
Tabel 4. 6 Parameter Uji Hasil Interesterifikasi CPO	44
Tabel 4. 7 Perbandingan <i>Yield</i> Hasil Interesterifikasi CPO.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data GC-MS	62
Lampiran 2. Pola Fragmentasi Metil Oleat	64
Lampiran 3. Data XRD	65
Lampiran 4. Perhitungan Pemurnian CPO	68
Lampiran 5. Perhitungan Sintesis Katalis KI/HAp dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri	69
Lampiran 6. Perhitungan Parameter Uji Hasil Interesterifikasi CPO	71
Lampiran 7. Perhitungan <i>Yield</i> Hasil Interesterifikasi CPO	75
Lampiran 8. Dokumentasi Sintesis katalis KI/HAp dari Limbah Tulang Ikan Tenggiri dan Interesterifikasi CPO	76



DAFTAR SINGKATAN

CPO	: <i>Crude Palm Oil</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform Infrared Spectrophotometer</i>
GC-MS	: <i>Gas Chromatograph – Mass Spectrometer</i>
HAp	: Hidroksiapatit
KI	: Kalium Iodida
XRD	: <i>X-Ray Diffractometer</i>

