

**TK4093 PENELITIAN TEKNIK KIMIA II**  
**Semester II - 2021/2022**

**Judul**  
**STUDI KINETIK DAN SIMULASI KONSEPTUAL REAKTOR**  
**PRODUKSI BIOAVTUR**

**Kelompok C2.2021.K.11**

Hanif Muhammad Dhiya U      (13018019)  
Prama Pradipta Andrisi      (13018032)

**Pembimbing**

Dr. I.G.B.N. Makertiharta  
Dr. Haryo Pandu Winoto



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG  
Juli 2022



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TK4093 PENELITIAN TEKNIK KIMIA II**  
**Semester II – 2021/2022**

**STUDI KINETIK DAN SIMULASI KONSEPTUAL REAKTOR**  
**PRODUKSI BIOAVTUR**

Kelompok C2.2021.K.11

Hanif Muhammad Dhiya Ulhaq  
Prama Pradipta Andrisi

(13018019)  
(13018032)

Catatan Pembimbing

Disetujui Pembimbing 1



Dr.Ir. I.G.B.N. Makertiharta

Bandung, Juli 2022  
Disetujui Pembimbing 2



Dr. Haryo Pandu Winoto, S.T., M. Sc.



**SURAT PERNYATAAN**  
**TK4093 PENELITIAN TEKNIK KIMIA II**  
**Semester II Tahun 2021/2022**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Kelompok : C2.2021.K.11

Nama (NIM) : Hanif Muhammad Dhiya Ulhaq (13018019)

Nama (NIM) : Prama Pradipta Andrisi (13018032)

dengan ini menyatakan bahwa laporan dengan judul:

**STUDI KINETIK DAN SIMULASI KONSEPTUAL REAKTOR PRODUKSI  
BIOAVTUR**

adalah hasil penelitian kami sendiri di mana seluruh pendapat dan materi dari sumber lain telah dikutip melalui penulisan referensi yang sesuai. Publikasi yang dibuat berdasarkan materi yang tercakup dalam dokumen penelitian ini **hanya dapat dilakukan dengan sepengetahuan dan seijin dosen pembimbing penelitian.**

Surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan dalam lembar pernyataan ini di kemudian hari diketahui keliru, kami bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 17 Juli 2022



Hanif Muhammad Dhiya Ulhaq



Prama Pradipta Andrisi



## TK4093 PENELITIAN TEKNIK KIMIA II

### Studi Kinetik Dan Simulasi Konseptual Reaktor Produksi Bioavtur

Kelompok C2.2021.K.11

Hanif Muhammad Dhiya Ulhaq (13018019) dan Prama Pradipta Andrisi(13018032)

Pembimbing

Dr. Ir. I.G.B.N. Makertiharta

Dr. Haryo Pandu Winoto, S.T., M. Sc.

---

### ABSTRAK

Bioavtur merupakan salah satu sumber bahan bakar terbarukan yang menggunakan minyak nabati sebagai umpan dalam proses produksinya. Pembuatan bioavtur biasanya dilakukan dengan proses konversi minyak nabati menjadi alkana melalui reaksi hidroleoksidasi. Minyak inti kelapa sawit (PKO) berpotensi menjadi umpan pembuatan bioavtur karena kandungan utamanya adalah asam laurat yang memiliki rantai karbon pada rentang yang sesuai dengan avtur ( $C_9 - C_{15}$ ). Kinerja proses HDO, seperti konversi dan selektivitas, dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti temperatur, tekanan, katalis, dan waktu tinggal. Oleh karena itu, simulasi reaktor HDO asam laurat dapat membantu dalam menentukan kondisi operasi untuk mendapatkan proses produksi bioavtur yang optimal.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, antara lain studi literatur dan pengumpulan data, pemodelan dan pengolahan data serta simulasi reaktor. Pemodelan dilakukan mengikuti data penelitian oleh (Brandão dkk., 2020) yang melakukan reaksi HDO asam laurat dalam reaktor partaian menggunakan katalis  $NiMo/Al_2O_3$  yang disulfidasi pada tekanan 30 bar dan temperatur 280 – 340 °C. Data penelitian meliputi konversi asam laurat dan yield undekana dan dodekana pada beberapa kondisi temperatur dan waktu reaksi. Data ini kemudian digunakan untuk membangun model neraca massa dan energi reaktor pipa adiabatik. Permodelan reaktor dibangun sesuai dengan dimensi reaktor *hydrotreatment* di Pertamina RU II-Dumai ( $L = 3$  m,  $d = 1.6$  m,  $V = 6$  m<sup>3</sup>). Hasil permodelan kemudian disimulasikan pada beberapa variasi fraksi massa asam laurat umpan, temperatur umpan, dan kecepatan ruang menggunakan perangkat lunak Python untuk menentukan kondisi operasi agar reaksi menghasilkan konversi asam laurat dan selektivitas HDO yang optimal sambil menjaga agar temperatur reaktor tidak melebihi batasan temperatur desain reaktor *hydrotreating* (400 °C).

Berdasarkan simulasi yang dilakukan, ditemukan peningkatan konsentrasi asam laurat umpan menyebabkan peningkatan total produk dodekana namun konsentrasi asam laurat umpan sebanyak 30%-massa merupakan batas konsentrasi tertinggi agar temperatur reaktor tidak melebihi batas desain. Dengan 30%-massa asam laurat umpan, ditemukan kondisi operasi dengan temperatur umpan 300 °C dan LHSV 1 jam<sup>-1</sup> menghasilkan perolehan produk dodekana per jam yang paling tinggi.

Kata kunci : Asam laurat, dodekana, hidroleoksidasi, model,  $NiMo/Al_2O_3$ , undekana

**Kinetic Study and Conceptual Simulation of Reactor for Bioavtur Production**

Group C2.2021.K.11

Hanif Muhammad Dhiya Ulhaq (13018019) and Prama Pradipta Andrisi(13018032)

Advisor

Dr. Ir. I.G.B.N. Makertiharta

Dr. Haryo Pandu Winoto, S.T., M. Sc.

---

**ABSTRACT**

Bioavtur is one of the renewable fuels that use vegetable oil as feedstock in its production. The production of bioavtur usually involves a hydrodeoxygenation reaction to convert vegetable oil to paraffin. Palm kernel oil (PKO) has the potential to be used as feedstock for bioavtur production due to its high lauric acid content that is already in the suitable carbon chain range for avtur (C9-C15). The performance of HDO processes, such as conversion and selectivity, can be influenced by several factors, including temperature, pressure, catalyst, and residence time. Therefore, the lauric acid HDO reactor simulation can be utilized in determining the operating conditions that lead to optimal bioavtur production.

This study consists of several stages, including literature study, data collection, data processing, modelling, and reactor simulation. The modelling is based on the research data by (Brandão et al., 2020) who carried out an HDO reaction of lauric acid in a batch reactor using sulfided NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst at 30 bar of pressure and 280 – 340 °C of temperature. The data provided includes lauric acid conversion and undecane and dodecane yield at several temperatures and residence time. This data was then utilized to build the mass and energy balance of an adiabatic plug flow reactor. Reactor modelling was built following the hydrotreating reactor dimension from Pertamina RU II-Dumai (L = 3 m, d = 1.6 m, V = 6 m<sup>3</sup>). The reactor model was simulated at several variations of lauric acid feed concentration, feed temperature, and space velocity. Python was used as the programming software to determine the operating conditions that will lead to optimal conversion and HDO selectivity while ensuring reactor temperature does not exceed the maximum temperature threshold of the hydrotreating reactor, which is 400 °C.

Based on the simulation done, it was found that the increase of lauric acid feed concentration will lead to higher total of dodecane product however lauric acid feed concentration of 30%-wt is the maximum concentration threshold so that the reactor temperature does not exceed the design limit. For 30%-wt lauric acid feed concentration, it was found that the feed temperature of 300 °C and LHSV of 1 h<sup>-1</sup> as the operating conditions result in the highest hourly yield of dodecane product.

**Keyword:** Deodecane, hydrodeoxygenation, lauric acid, modelling, NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, undecane



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan akhir penelitian yang berjudul “Studi Kinetik Dan Simulasi Konseptual Reaktor Produksi Bioavtur ” tepat waktu. Laporan akhir penelitian ini merupakan salah satu syarat kelulusan mata kuliah TK4093 Penelitian Teknik Kimia II, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.

Dalam menyusun laporan akhir penelitian ini, penulis mendapat banyak bantuan dari pihak-pihak lain. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Dr. I.G.B.N. Makertiharta dan Dr. Haryo Pandu Winoto sebagai dosen pembimbing dalam penulisan laporan akhir.
2. Orang tua dari kedua penulis yang telah memberikan dukungan moral dan material selama proses penulisan laporan akhir, terutama pada masa pandemi.
3. Mahasiswa yang tergabung di dalam Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis (TRKK) sebagai rekan seperjuangan dalam penulisan laporan akhir penelitian.
4. Seluruh teman dan kerabat yang telah memberikan dukungan selama penulisan laporan akhir penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan akhir penelitian yang telah disusun masih memiliki kesalahan, kekurangan, dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat meningkatkan kualitas penulisan laporan akhir penelitian ini. Akhir kata, penulis berharap laporan akhir penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
SURAT PERNYATAAN .....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Sasaran Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Avtur .....	4
2.1.1 Karakteristik Avtur .....	4
2.2 Bioavtur.....	5
2.2.1 Perkembangan Bioavtur .....	5
2.2.2 Rute Produksi Bioavtur.....	7
2.3 Minyak Nabati .....	8
2.4 Hidrodeoksigenasi.....	9
2.5 Katalis .....	22
2.6 Efek Kondisi Operasi .....	24
2.6.1 Efek Temperatur .....	24
2.6.2 Efek Tekanan .....	26
2.6.3 Efek Waktu Tinggal .....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	31
3.1 Tahapan Penelitian.....	31
3.2 Dasar Pemodelan .....	33
3.3 Prosedur Kerja .....	34
3.3.1 Studi Literatur dan Pengumpulan Data.....	34
3.3.2 Permodelan dan Pengolahan Data Kinetika Reaksi HDO .....	35
3.3.3 Simulasi Reaktor .....	36
3.4 Variasi Percobaan .....	38

3.4.1 Variabel Kontrol .....	38
3.4.2 Variabel Terikat .....	38
3.4.3 Variabel Bebas .....	39
3.5 Jadwal Kerja.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	41
4.1 Model Reaksi .....	41
4.1.1 Data Fisik dan Kimia .....	41
4.1.2 Model Reaksi dan Asumsi yang Digunakan .....	42
4.1.3 Penentuan Parameter Kinetika Reaksi HDO.....	43
4.1.4 Neraca Massa dan Energi Permodelan Reaktor .....	49
4.2 Evaluasi Pengaruh Kondisi Operasi terhadap Performa Reaksi HDO.....	50
4.2.1 Pengaruh Fraksi Massa Asam Laurat dalam Umpan .....	50
4.2.2 Pengaruh Temperatur Umpan dan Kecepatan Ruang .....	54
BAB V KESIMPULAN.....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	64
DAFTAR SIMBOL .....	68
LAMPIRAN A Algoritma Python untuk Simulasi HDO pada Reaktor Pipa Adiabatik Ideal .....	70
LAMPIRAN B Rumus-Rumus untuk Simulasi HDO Asam Laurat.....	73