

LAPORAN TUGAS AKHIR
OPTIMASI KATALIS CAO/*FLY ASH* PADA PRODUKSI
BIODIESEL DARI *CRUDE PALM OIL* (CPO)



Diusulkan Sebagai Persyaratan Pelaksanaan
Kegiatan Tugas Akhir Pendidikan Diploma IV
Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri

OLEH:
INAYAHTULLAH RAMADHANI
062140420367

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2025

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Optimasi Katalis Cao/Fly Ash Pada Produksi Biodiesel Dari Crude Palm Oil
(CPO)

OLEH:

INAYAHTULLAH RAMADHANI
NIM. 062140420367

Disahkan dan disetujui oleh :

Palembang, Agustus 2025

Menyetujui,

Pembimbing I

Ir. Mustain, M.Si.
NIDN. 0018066113

Pembimbing II

Dilia Puspa, S.S.T., MTr.T
NIDN. 0016029402

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Tahdid, S.T., M.T.

NIP. 197201131997021001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.

Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji
Di Program Diploma IV – Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada tanggal 22 Juli 2025

Tim Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si.
NIDN 0023106402
2. Dr. Drs. Yulianto Wasiran, M.M.
NIDN 0018076706
3. Didiek Hari Nugroho, S.T., M.T.
NIDN 0130108001

Tanda Tangan

()



()

Palembang, Juli 2025
Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Kimia Industri



Dr. Yuniar, S.T., M.Si.
NIP. 197306211999032001



MOTTO

“ Jadilah pribadi yg kuat, agar di saat kita susah , kita bisa menolong diri kita sendiri , karna tidak semua orang peduli keadaan mu , tak perlu berharap dengan siapapun, karna yg bisa kau andalkan hanya dirimu sendiri ”

(Mama) ♥

“ Entah seberat apapun beban di pundakmu, dan entah seberisik apa kepalamu sekarang, semoga tuhan kuatkan, mampukan, dan mudahkan disetiap langkah dan prosesmu ”

(InayahTullah R)

“ Jangan pernah merasa tertinggal, setiap orang punya proses dan rezeki nya masing masing ”

(Qs. Maryam : 4)

Kupersembahkan Laporan ini untuk :

Mama, Papa , Ridho , Syifa.

Terima Kasih Keluargaku ♥



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139
Telp. 0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : InayahTullah Ramadhani
NIM : 062140420367
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia/D-IV Teknologi Kimia Industri

Menyatakan bahwa dalam penelitian laporan akhir dengan judul:
“ Optimasi Katalis Cao/Fly Ash Pada Produksi Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) ”
tidak mengandung unsur “PLAGIAT” sesuai dengan PERMENDIKNAS No. 17 Tahun
2010.

Bila pada kemudian hari terdapat unsur-unsur plagiat dalam penelitian ini, saya
bersedia diberikan sanksi peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tidak ada
paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2025

Pembimbing I,

Penulis

Ir. Mustain, M.Si.
NIDN 0018066113

InayahTullah Ramadhani
NPM 062140420367

Pembimbing II,

Dilia Paspas, S.S.T., M.Tr.T
NIDN 0016029402



ABSTRAK

OPTIMASI KATALIS CAO / *FLY ASH* PADA PRODUKSI BIODIESEL DARI CPO

(InayahTullah Ramadhani, 42 Halaman, 10 Tabel, 14 Gambar, 4 Lampiran)

Energi merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia, namun sumber energi tak terbarukan semakin menipis. Untuk mengatasi krisis energi global, pengembangan energi alternatif terbarukan menjadi solusi utama. Salah satu energi alternatif potensial adalah biodiesel berbasis bahan nabati, seperti *Crude Palm Oil* (CPO). Indonesia, sebagai produsen CPO terbesar di dunia, memiliki peluang besar untuk memanfaatkan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku biodiesel. Namun, kandungan asam lemak bebas (ALB) dalam CPO yang tinggi (3-5%) membutuhkan proses penurunan kadar ALB melalui metode esterifikasi dan transesterifikasi sebelum diolah menjadi biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan produksi biodiesel dari CPO menggunakan katalis heterogen CaO/*Fly Ash* yang berasal dari batu kapur. Variasi rasio mol minyak:metanol dan konsentrasi katalis CaO/*Fly Ash* diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap % *yield* biodiesel serta karakteristik produk yang dihasilkan. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C dengan waktu reaksi yang bervariasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar mutu SNI 7182:2015, dengan parameter densitas, viskositas, angka asam, dan angka saponifikasi yang sesuai. Kondisi reaksi optimal tercapai pada penggunaan katalis CaO/*Fly Ash* sebanyak 12 gram dengan waktu reaksi 120 menit, menghasilkan *yield* biodiesel tertinggi sebesar 86,6%. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi massa katalis dan waktu reaksi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi konversi biodiesel secara signifikan. Penggunaan katalis CaO/*Fly Ash* dari batu kapur tidak hanya meningkatkan efisiensi proses tetapi juga mendukung pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan. Biodiesel berbasis CPO menawarkan solusi strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus mendukung visi Indonesia dalam transisi menuju energi terbarukan.

Kata Kunci: Batu Kapur, Biodiesel, CPO, CaO/*Fly Ash*

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF CAO / FLY ASH CATALYST IN BIODIESEL PRODUCTION FROM CPO

(InayahTullah Ramadhani, 42 *pages*, 10 *Tabel*, 14 *Figure*, 4 *Appedices*)

Energy is a fundamental human need, but non-renewable energy sources are increasingly scarce. To address the global energy crisis, the development of renewable alternative energy sources is a primary solution. One potential alternative energy is biodiesel based on vegetable oils, such as Crude Palm Oil (CPO). Indonesia, as the world's largest CPO producer, has a significant opportunity to utilize palm oil as a raw material for biodiesel. However, the high free fatty acid (FFA) content in CPO (3-5%) necessitates a reduction in FFA levels through esterification and transesterification methods before processing into biodiesel. This research aims to optimize biodiesel production from CPO using a heterogeneous CaO/Fly Ash catalyst derived from limestone. Variations in oil:methanol molar ratio and CaO/Fly Ash catalyst concentration were investigated to determine their effect on biodiesel % yield and product characteristics. The transesterification process was carried out at a temperature of 60°C with varying reaction times. The results show that the produced biodiesel meets SNI 7182:2015 quality standards, with density, viscosity, acid number, and saponification number parameters found to be in compliance. The optimal reaction conditions were achieved using 12 grams of CaO/Fly Ash catalyst with a reaction time of 120 minutes, yielding the highest biodiesel yield of 86.6%. This indicates that the appropriate combination of catalyst mass and reaction time can significantly improve biodiesel conversion efficiency. The utilization of CaO/Fly Ash catalyst from limestone not only enhances process efficiency but also supports the sustainable use of local resources. CPO-based biodiesel offers a strategic solution to reduce dependence on fossil fuels while supporting Indonesia's vision for a transition to renewable energy.

Keywords: *Limestone, Biodiesel, CPO, CaO/Fly Ash*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir dengan baik. Tugas Akhir yang berjudul "Optimasi Katalis CaO / *Fly Ash* pada Produksi Biodiesel dari CPO ". Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah Tugas Akhir pada Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Selama penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya
2. Dr. Yusri, S.Pd., M.Pd. selaku Wakil Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya,
3. Tahdid, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya,
4. Isnandar Yunanto, S.ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya,
5. Dr. Yuniar, S.T., M.Si. selaku Koordinator Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya,
6. Ir. Mustain Zamhari, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya,
7. Dilia Puspa, S.ST., M.Tr.T. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya,
8. Kepada Kedua Orang Tuaku tercinta, Mama Erda dan Papa Supriyadi , terima kasih atas segala do'a , segala bentuk dukungan , dan segala pengorbanan yang telah diberikan. Mama yang setiap hari menanyakan kabar dan selalu menguatkan penulis, terima kasih karena dukunganmu anak perempuan pertamamu mampu menyelesaikan laporan ini, Tanpa dirimu penulis tidak bisa bertahan dan kuat sampai titik ini, semoga kalian sehat selalu, Aamiin.
9. Kedua adik penulis, Muhammad Ridho Saputra dan Syifa Regina Putri yang selalu menjadi penyemangat penulis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan bumbu- bumbu persaudaraan yang selalu membuat rindu dan membuat semakin semangat , Semoga sukses selalu abang dan adek, Aamiin.
10. Kepada Lysanda yang teman dari SMA menemani penulis serta berjuang

bersama di perantauan, suka dan duka terima kasih selalu ada. Serta Athiyyah, Andini, dan Rika teman dari SMP yang dari jauh selalu memberikan dukungan, selalu menemani penulis disaat penulis terpuruk (anak linggau).

11. Kepada Yuk Anisa MJ yang selalu nanya, gimana skripsi lancar?, terima kasih ya jadi penyemangat penulis.
12. Kepada teman- teman KID 2021 atas kebersamaannya di perkuliahan ini selama 4 tahun.
13. Kepada Dwi Nur FY, selaku partner tugas akhir saya yang sudah membantu penelitian ini dalam segala ke panikan serta riwehnya sampe harus menempuh penelitian ke batu raja dan pusri. Nora Panola dan Misye Aprillia Y, Beb ku (Alycia Nur R, Azadia Nanda P) yang senantiasa menjadi tempat bertanya dan bercerita menuangkan kepanikan selama ini.
14. Kepada satu orang yang tidak bisa saya sebutkan namanya, terima kasih selalu ada, menemani disaat penulis merasa sendiri, terpuruk, sedih dan selalu memberi semangat, ketenangan & makanan. Semoga sukses selalu, Aamiin
15. Terakhir, Kepada diri saya sendiri, InayahTullah Ramadhani. Terima Kasih sudah bertahan sejauh ini dan memilih berusaha walaupun sering merasa kecewa, putus asa atas apa yang dilakukan belum berhasil. Namun, selalu berusaha bangkit, selalu berusaha, tidak memutuskan untuk menyerah dan berusaha menyelesaikan apa yang telah dimulai. Berbahagialah selalu dimana pun kamu berada, naya. Ingat masih banyak rintangan yang menunggu mu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis menyambut baik seluruh saran dan kritik yang sifatnya membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberi wawasan dan pengetahuan baru bagi para pembaca, terutama bagi penulis sendiri.

Palembang, Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
15.1 Latar Belakang.....	1
15.2 Rumusan Masalah.....	3
15.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biodiesel	4
2.2 <i>Crude palm oil</i> (CPO).....	5
2.3 Katalis.....	7
2.3.1 Pengertian Katalis	7
2.3.2 Klasifikasi Katalis.....	8
2.3.3 Katalis CaO.....	8
2.4 Batu Kapur.....	9
2.5 <i>Fly Ash</i>	11
2.6 Metode Kalsinasi	12
2.7 Reaksi Esterifikasi	13
2.8 Reaksi Transesterifikasi	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.2.1 Alat yang digunakan	16
3.2.1 Bahan yang digunakan.....	17
3.3 Perlakuan dan Rancangan Percobaan	17
3.3.1 Variabel Tetap	17
3.3.2 Variabel Bebas.....	17
3.3.3 Matriks Penelitian	17
3.4 Analisa Karakteristik <i>Crude palm oil</i> (CPO).....	18
3.4.1 Analisa Kadar Asam Lemak Bebas (ALB).....	18
3.4.2 Analisa Kadar Air (Metode Oven Terbuka)	19
3.4.3 Analisa Zat Pengotor	19
3.4.4 Analisa Densitas (ASTM D 1298).....	20
3.4.5 Analisa Viskositas (ASTM D 455).....	20
3.4.6 Analisa Bilangan Saponifikasi (ASTM D 664)	21
3.4.7 Analisa %yield (SNI 7182:2015).....	21
3.4.8 Analisa Bilangan Asam Biodiesel (SNI 7182:2015)	22
3.5 Prosedur Pembuatan	22
3.5.1 Preparasi CaO... ..	22
3.5.2 Preparasi <i>Fly Ash</i>	22
3.5.3 Pencampuran CaO dengan <i>Fly Ash</i> (Impregnasi).....	23
3.5.4 Tahap Sintesa Biodiesel.....	23
3.5.4.1 Tahap <i>Degumming</i>	23

3.5.4.2 Tahap Esterifikasi	23
3.5.4.3 Tahap Netralisasi	23
3.5.4.4 Tahap Transesterifikasi	23
3.6 Karakteristik Katalis CaO / <i>Fly Ash</i>	25
3.6.1 Uji XRD	25
3.7 Diagram Alir Proses Penelitian	26
3.7.1 Diagram Alir Preparasi Katalis	26
3.7.2 Preparasi <i>Fly Ash</i>	27
3.7.3 Impregnasi CaO dengan <i>Fly Ash</i>	28
3.7.4 Proses <i>Degumming</i>	29
3.7.5 Diagram Alir Pembuatan Biodiesel	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Penelitian	32
4.2 Pembahasan	33
4.2.1 Analisa Karakteristik Biodiesel	33
4.2.1.1 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap Densitas Produk Biodiesel	33
4.2.1.2 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap Viskositas Produk Biodiesel	35
4.2.1.3 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap Saponifikasi Biodiesel	35
4.2.1.4 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap Bil. Asam Produk Biodiesel	35
4.2.1.5 Pengaruh Variasi Katalis Terhadap <i>Yield</i> Produk Biodiesel	35
4.2.2 Analisa Karakteristik <i>Crude palm oil</i> (CPO)	40
4.2.2.1 Analisa Kadar Air	40
4.2.2.2 Analisa Zat Pengotor	40
4.2.2.3 Analisa Asam Lemak Bebas (ALB)	40
BAB V KESIMPULAN	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN A DATA PENGAMATAN	46
LAMPIRAN B PERHITUNGAN	47
LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN	56
LAMPIRAN D SURAT- SURAT	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Batu Kapur	10
Gambar 2. 2 Proses Esterifikasi Asam Lemak Bebas	13
Gambar 2. 3 Reaksi Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel	14
Gambar 3. 1 Diagram Alir Preparasi Katalis	26
Gambar 3. 2 Diagram Alir Preparasi <i>Fly Ash</i>	26
Gambar 3. 3 Diagram Alir Preparasi CaO/ <i>Fly Ash</i>	26
Gambar 3. 4 Diagram Alir Proses <i>Degumming</i>	26
Gambar 3. 5 Diagram Alir Proses Esterifikasi	30
Gambar 3. 6 Diagram Alir Proses Transesterifikasi	31
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Katalis Pada Waktu terhadap Densitas	34
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Katalis Pada Waktu terhadap Viskositas	35
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Katalis Pada Waktu terhadap Saponifikasi	37
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Katalis Pada Waktu terhadap Bil. Asam	38
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Katalis Pada Waktu terhadap Yield	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 SNI Biodiesel.....	5
Tabel 2. 2 SNI Minyak Kelapa Sawit Mentah.....	7
Tabel 3. 1 Alat yang digunakan.....	16
Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan.....	17
Tabel 3. 3 Data Pengamatan Biodiesel	18
Tabel 4. 1 Hasil Analisa Produk Biodiesel dengan Variasi Waktu 60 Menit.....	32
Tabel 4. 2 Hasil Analisa Produk Biodiesel dengan Variasi Waktu 90 Menit.....	32
Tabel 4. 3 Hasil Analisa Produk Biodiesel dengan Variasi Waktu 120 Menit.....	33
Tabel 4. 4 Hasil Analisa Karakteristik Crude <i>palm</i> oil (CPO).....	33
Tabel 4. 5 Hasil Analisa Titik Nyala dan Angka Setana Biodiesel	33

DAFTAR LAMPIRAN

A. DATA PENGAMATAN.....	46
B. PERHITUNGAN	47
C. DOKUMENTASI	56
D. SURAT- SURAT	59