

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS ZEOLIT BASA
MENGUNAKAN METODE HIDROTERMAL UNTUK
TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL**

Skripsi

**Digunakan untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Kimia**



DISUSUN OLEH :

Valda Ashila Dharmawan
22031010108

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA**

2026

LAPORAN HASIL PENELITIAN

"Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel"

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN

**"SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS ZEOLIT BASA
MENGUNAKAN METODE HIDROTERMAL UNTUK TRANSESTERIFIKASI
BIO DIESEL"**

DISUSUN OLEH :

VALDA ASHILA DHARMAWAN

NPM. 22031010108

Telah dipertahankan, dihadapkan dan diterima oleh Tim Penguji

Pada tanggal : 5 Maret 2026

Dosen Penguji

Dosen Pembimbing

1.

(Ir. Ketut Sumada, M.S.)

NIP. 19620118 198803 1 001

(Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T.)

NIP. 19650731 199203 2 001

2.

(Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D.)

NIP. 19800410 200501 1 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jarlyah, MP.

NIP. 19650403 199103 2 001

Program Studi S-1 Teknik Kimia

Fakultas Teknik dan Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



LAPORAN HASIL PENELITIAN

"Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel"

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN

**"SINTESIS DAN KARAKTERISASI KATALIS ZEOLIT BASA
MENGUNAKAN METODE HIDROTERMAL UNTUK
TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL"**

DISUSUN OLEH :

VALDA ASHILA DHARMAWAN

(22031010108)

Penelitian ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing Penelitian

(Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T.)

NIP. 19650731 199203 2 001



LAPORAN HASIL PENELITIAN

"Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel"

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Valda Ashila Dharmawan

NPM : 22031010108

Program : Sarjana (S1)

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah ~~Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi*~~ ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemuan indikasi plagiat pada ~~Skripsi/Tesis/Desertasi~~ ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 6 maret 2026

Yang membuat pernyataan,



Valda Ashila Dharmawan



LAPORAN HASIL PENELITIAN

"Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel"

KETERANGAN REVISI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: 1. Valda Ashila Dharmawan
2. Muhammad Zainul Fata

NPM. 22031010108

NPM. 22031010115

Jurusan : Teknik Kimia

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi* ~~Proposal/Skripsi/Kerja Praktek~~, dengan Judul :

"Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel"

Surabaya, 26 Januari 2026

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1. Ir. Ketut Sumada, M.S.

NIP. 19620118 198803 1 001

2. Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19800410 200501 1 001

Mengetahui
Dosen Pembimbing

(Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T.)

NIP. 19650731 199203 2 00



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan hasil penelitian dengan judul “ Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel” sebagai salah satu tugas penelitian penyusun. Laporan hasil penelitian ini tidak dapat tersusun sedemikian rupa tanpa bantuan baik sarana, prasarana, pemikiran, kritik, dan saran. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penyusun tidak lupa menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sintha Soraya Santi, M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Kimia Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Prof. Dr. Ir. Ni Ketut Sari, M.T selaku dosen pembimbing penelitian
4. Ir. Ketut Sumada, M.S selaku dosen penguji dalam penelitian ini
5. Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji dalam penelitian ini

Penyusun menyadari masih banyak kekurangan pada penyusunan laporan hasil ini. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun atas laporan hasil ini. Akhir kata, penyusun mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, apabila dalam penyusunan proposal ini penyusun melakukan kesalahan baik yang disengaja maupun tidak disengaja.

Surabaya, 1 Januari 2026

Penyusun



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
KETERANGAN REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
INTISARI.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan	3
I.3 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Teori Umum.....	4
II.1.1. Bahan Baku Zeolit.....	4
II.1.2. Zeolit	6
II.1.3. Katalis	8
II.1.4. Biodiesel.....	8
II.1.5. Metode Pengujian Zeolit.....	10
II.2 Landasan Teori.....	13
II.2.1. Proses Alkali Hidrotermal.....	13
II.2.2. Proses Kalsinasi	14
II.2.3. Reaksi Transesterifikasi	14
II.2.4. Faktor yang Mempengaruhi	15
II.3 Hipotesis.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
III.2 Bahan yang Digunakan	19
III.3 Rangkaian Alat.....	19



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel”

III.4 Variabel Penelitian	20
III.5 Prosedur Penelitian.....	20
III.5.1 Uraian Prosedur.....	20
III.5.2 Diagram Alir	23
III.6 Prosedur Analisa	24
BAB IV	27
IV.1. Pengaruh Variabel Zeolit terhadap Yield Biodiesel.....	27
IV.2. Optimasi Yield pada Proses Transesterifikasi dengan RSM	31
IV.3. Hasil Analisis Material Zeolit Basa	43
IV.3.1. Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)	43
IV.3.2. Analisis X-Ray Fluorescence (XRF)	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
V.1 Kesimpulan	48
V.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN I	53
LAMPIRAN II	60



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel”

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1. Struktur Biodiesel (Veluru et al., 2022)	9
Gambar II. 2. Reaksi Proses Transesterifikasi Pembentukan Biodiesel (Permata Lestari & Sylvia, 2021)	15
Gambar III. 1. Rangkaian Alat Proses Sintesis Katalis Zeolit	19
Gambar III. 2 Diagram Alir Sintesis katalis zeolit basa.....	23
Gambar III. 3. Diagram Alir Pengujian Biodiesel	24
Gambar IV. 1. Pengaruh pH Pencucian Katalis terhadap Yield Biodiesel pada Berbagai Rasio Si/Al.....	28
Gambar IV. 2. Pengaruh Rasio Si/Al Terhadap Yield Biodiesel pada Berbagai pH	29
Gambar IV. 3. 3D Surface Plot Pengaruh Rasio Si/Al dan pH terhadap Viskositas Biodiesel.....	33
Gambar IV. 4. 3D Surface Plot Pengaruh Rasio Si/Al dan pH terhadap Densitas Biodiesel.....	34
Gambar IV. 5. Korelasi antara Data Prediksi dan Data Eksperimental untuk Yield Biodiesel pada 25 Percobaan	36
Gambar IV. 6. Korelasi antara Data Prediksi dan Data Eksperimental untuk Yield Biodiesel pada 13 Percobaan Terpilih.....	40
Gambar IV. 7. Contour Plot yang Mengilustrasikan Pengaruh Rasio Si/Al dan PH terhadap Yield Biodiesel	41
Gambar IV. 8. Surface Plot yang Mengilustrasikan Efek Gabungan dari Rasio Si/Al dan PH Terhadap Yield Biodiesel.....	42
Gambar IV. 9. Hasil Analisis SEM Material Zeolit (a) Zeolit rasio Si/Al 5:1 dengan pH 9 (b) Jenis zeolit Y	44
Gambar IV. 10. Hasil Analisis XRF Produk Zeolit pada Rasio Si/Al = 5 dengan PH 9.....	46



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel”

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1. Sifat Bahan dari Natrium Silikat (Material Safety Data Sheet, 2014) .	4
Tabel II. 2. Sifat Bahan Natrium Aluminat (Material Safety Data Sheet, 2024)....	5
Tabel II. 4. Klasifikasi Zeolit Berdasarkan Rasio Silikon terhadap Aluminium (Si/Al) (Auerbach dkk., 2003)	6
Tabel II. 5. Syarat Mutu Biodiesel (Standar Nasional Indonesia, 2015)	9
Tabel III. 1. Komposisi Bahan Sintesis Zeolit Y dari Natrium Silikat dengan Variasi Rasio Molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (1/500 Komposisi).....	21
Tabel IV. 1. Hasil Yield Biodiesel pada Berbagai Kondisi Rasio Si/Al dan PH Pencucian Katalis Zeolit	27
Tabel IV. 2. Perbandingan Karakteristik Biodiesel Hasil Eksperimen dengan Standar SNI 7182:2015	30
Tabel IV. 3. Data Pengaruh Rasio Si/Al dan pH terhadap Densitas dan Viskositas Biodiesel.....	31
Tabel IV. 4. Seleksi Model Regresi Berdasarkan Kriteria Statistik Viskositas	32
Tabel IV. 5. Seleksi Model Regresi Berdasarkan Kriteria Statistik Densitas	32
Tabel IV. 6. Matriks Desain Eksperimen Response Surface Methodology (RSM) dengan 25 Titik Data.....	34
Tabel IV. 7. Matriks Desain Eksperimen 13 Titik Data Terpilih.....	36
Tabel IV. 8. Seleksi Model Regresi Berdasarkan Kriteria Statistik.....	37
Tabel IV. 9. Analisis Varians (ANOVA) untuk Model Quadratic Yield Biodiesel	38
Tabel IV. 10. Koefisien Determinasi untuk Model Regresi yang Diperoleh dari Optimasi 13 Titik Data.....	39
Tabel IV. 11. Solusi Optimal Berdasarkan Response Surface Methodology (RSM) dari 13 Titik Data Eksperimen	41



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel”

INTISARI

Krisis energi global dan tuntutan transisi menuju energi terbarukan mendorong pertumbuhan pesat pasar biodiesel, yang diproyeksikan meningkat dari USD 42,43 miliar (2024) menjadi USD 92,45 miliar pada 2034. Di Indonesia, kebijakan mandatori biodiesel melalui Permen ESDM No. 12/2015 telah mewajibkan pencampuran biodiesel ke dalam solar hingga B35 (2023) dan diarahkan menuju B40 (2025), sehingga menuntut peningkatan efisiensi dan keberlanjutan teknologi produksinya. Produksi biodiesel secara konvensional dilakukan melalui reaksi transesterifikasi trigliserida menggunakan katalis basa homogen seperti NaOH dan KOH, namun katalis ini menghadapi kendala serius berupa kesulitan pemisahan dari produk, konsumsi air tinggi pada tahap pencucian, pembentukan sabun yang menurunkan yield, serta ketidakmampuan untuk digunakan kembali. Katalis heterogen berbasis zeolit menawarkan solusi atas permasalahan tersebut karena mudah dipisahkan, memiliki reusabilitas tinggi, dan toleran terhadap kandungan FFA dan air dalam bahan baku.

Penelitian ini bertujuan mensintesis dan mengkarakterisasi katalis zeolit basa melalui metode hidrotermal, dengan mengoptimalkan variasi rasio molar Si/Al (1:1, 2:1, 3:1, 4:1, dan 5:1) serta pH pencucian katalis (7, 8, 9, 10, dan 11) menggunakan Response Surface Methodology (RSM) berbasis Design Expert. Katalis disintesis dari larutan natrium silikat dan natrium aluminat yang dicampurkan hingga membentuk gel prekursor zeolit, kemudian dipanaskan secara hidrotermal pada suhu 100°C selama 72 jam, dikeringkan pada 100°C selama 2 jam, dan dikalsinasi pada 500°C selama 5 jam. Katalis hasil sintesis diuji aktivitasnya pada reaksi transesterifikasi 50 mL minyak goreng dengan metanol pada rasio molar 20:1, menggunakan 1 gram katalis, kecepatan pengadukan 600 rpm, suhu 70°C, selama 3 jam. Karakterisasi material dilakukan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk analisis morfologi dan X-Ray Fluorescence (XRF) untuk analisis komposisi kimia, sedangkan kualitas biodiesel dievaluasi melalui pengukuran densitas dan viskositas kinematik sesuai SNI 7182:2015.



LAPORAN HASIL PENELITIAN

“Sintesis dan Karakterisasi Katalis Zeolit Basa Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Transesterifikasi Biodiesel”

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan rasio Si/Al secara konsisten meningkatkan yield biodiesel pada seluruh rentang pH, dengan yield tertinggi 82,387% diperoleh pada rasio Si/Al 5:1 dan pH 9, sedangkan yield terendah 28,258% pada rasio Si/Al 1:1 dan pH 7. Hubungan antara pH pencucian dan yield bersifat non-linear dengan titik optimum pada pH 8–9; kondisi basa berlebih (pH > 10) menurunkan yield akibat hidrolisis kerangka Si–O–Al. Optimasi menggunakan model kuadratik RSM dari 13 titik data terpilih menghasilkan model dengan signifikansi tinggi (p-value < 0,0001, $R^2 = 0,9976$, Adjusted $R^2 = 0,9957$, Predicted $R^2 = 0,9844$, Adequate Precision = 65,56), dengan persamaan Yield = $56,66 + 24,88A + 0,50B - 1,15AB + 1,32A^2 - 4,06B^2$ (coded factors). Kondisi optimum diprediksi pada rasio Si/Al = 4,975 dan pH = 8,912, menghasilkan yield 82,537% dengan nilai desirability 1,000. Biodiesel pada kondisi optimum (Run 23) memiliki densitas 877 kg/m³ dan viskositas kinematik 4,69 cSt, keduanya memenuhi standar SNI 7182:2015.

Analisis SEM pada kondisi optimal menunjukkan morfologi kristal oktahedral berujung lancip berukuran 4,569–14,000 μm yang tersusun dalam agregat berlapis, konsisten dengan karakteristik zeolit Y pada literatur pembandingan. Analisis XRF menunjukkan kandungan Al sebesar 11% dan Si sebesar 25,1%, menghasilkan rasio Si/Al aktual sebesar 2,28 — berbeda dari rasio teoritis 5:1 akibat kelarutan sebagian silika selama sintesis pada kondisi basa, namun tetap berada pada rentang 2–5 yang merupakan ciri khas zeolit Y. Ditemukan pula indikasi unsur minor seperti Ca dan Ba yang berpotensi memberikan kontribusi situs basa tambahan pada aktivitas katalitik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa katalis zeolit basa hasil sintesis hidrotermal terbukti aktif, dapat diregenerasi, dan berpotensi diaplikasikan sebagai katalis heterogen ramah lingkungan untuk mendukung produksi biodiesel nasional yang berkelanjutan.