# SINTESIS GEOPOLIMER TERMODIFIKASI ASAM PEROKSIDA SEBAGAI ADSORBEN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK SAWIT MENTAH DAN KATALIS BIODIESEL

**TESIS**

**Sebagai salah satu syarat**
**Untuk memperoleh gelar pascasarjana**
**Sains dari Universitas Tanjungpura**

**Oleh**

**M.ILHAM RAMADANI**

**H2061221004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**

**2025**

**ABSTRAK**

# SINTESIS GEOPOLIMER TERMODIFIKASI ASAM PEROKSIDA SEBAGAI ADSORBEN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK SAWIT MENTAH DAN KATALIS BIODIESEL

Oleh
**M.Ilham Ramadani**
**H2061221004**
**(Program Studi S2 Kimia)**

Sintesis geopolimer termodifikasi asam peroksida sebagai adsorben asam lemak bebas pada minyak sawit mentah (CPO) dan katalis biodiesel telah dilakukan untuk mengatasi tingginya kandungan asam lemak bebas dalam produksi biodiesel dari CPO. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan formulasi geopolimer termodifikasi asam peroksida sebagai adsorben dan katalis yang efektif serta dapat diregenerasi. Metode yang digunakan meliputi sintesis geopolimer dengan variasi konsentrasi asam peroksida 5%,10%, 15%, 20% dan 30%, karakterisasi geopolimer dilakukan menggunakan XRF dan BET, serta uji adsorpsi dan aktivitas katalitik. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi adsorpsi terbaik sebesar 85,3% pada adsorben dengan konsentrasi asam peroksida 15% dan penggunaan 5% (b/b). Regenerasi adsorben menghasilkan efisiensi terbaik sebesar 30,7% pada konsentrasi asam peroksida 30%. Sebagai katalis biodiesel, geopolimer termodifikasi mampu mengkonversi CPO menjadi biodiesel secara total dalam waktu 1 jam pada semua variasi konsentrasi dengan penggunaan katalis 5% (b/b). Katalis dengan konsentrasi asam peroksida 30% dapat digunakan hingga 3 kali untuk mengkonversi biodiesel secara total dalam waktu 3 jam. Penelitian ini menunjukkan potensi geopolimer termodifikasi asam peroksida sebagai adsorben dan katalis yang efektif serta dapat diregenerasi dalam produksi biodiesel dari minyak sawit mentah.

**Kata Kunci : Adsorben, Biodiesel, Geopolimer Termodifikasi, Katalis**

**ABSTRACT**

***SYNTHESIS OF PEROXIDE-ACID MODIFIED GEOPOLYMER AS AN ADSORBENT FOR FREE FATTY ACIDS IN CRUDE PALM OIL AND A BIODIESEL CATALYST***

*By*

**M.Ilham Ramadani**

**H2061221004**

**(Master's Program in Chemistry)**

The synthesis of peroxide acid-modified geopolymer as an adsorbent for free fatty acids in crude palm oil (CPO) and as a biodiesel catalyst has been conducted to address the high free fatty acid content in biodiesel production from CPO. This study aims to optimize the formulation of peroxide acid-modified geopolymer as an effective and regenerable adsorbent and catalyst. The methods used include the synthesis of geopolymer with varying peroxide acid concentrations of 5%, 10%, 15%, 20%, and 30%, characterization of the geopolymer using XRF and BET, as well as adsorption and catalytic activity testing. The results show the best adsorption efficiency of 85.3% for an adsorbent with a 15% peroxide acid concentration and usage of 5% (w/w). Adsorbent regeneration yielded the best efficiency of 30.7% at a peroxide acid concentration of 30%. As a biodiesel catalyst, the modified geopolymer was able to fully convert CPO to biodiesel within 1 hour at all concentration variations with 5% (w/w) catalyst usage. The catalyst with a 30% peroxide acid concentration could be used up to three times for total biodiesel conversion within 3 hours. This research demonstrates the potential of peroxide acid-modified geopolymer as an effective and regenerable adsorbent and catalyst in biodiesel production from crude palm oil.

**Keywords: Adsorbent, Biodiesel, Modified Geopolymer, Catalyst.**

## PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama :M.Ilham Ramadani

NIM : H2061221004

Program Studi/ Jurusan : S2 Kimia/ Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 11 Februari 2025




M.Ilham Ramadani

NIM H2061221004

# SINTESIS GEOPOLIMER TERMODIFIKASI ASAM PEROKSIDA SEBAGAI ADSORBEN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK SAWIT MENTAH DAN KATALIS BIODIESEL

**Oleh**
**M.Ilham Ramadani**
**H2061221004**
**(Program Studi S2 Kimia)**

Universitas Tanjungpura

Menyetujui
Tim Pembimbing

Tanggal lulus

| Pembimbing 1 | Pembimbing 2 |
| --- | --- |
| Prof. Dr. H. Thamrin Usman, DEA | Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si |
| NIP 196211101988111001 | NIP 197506022000032001 |

# SINTESIS GEOPOLIMER TERMODIFIKASI ASAM PEROKSIDA SEBAGAI ADSORBEN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK SAWIT MENTAH DAN KATALIS BIODIESEL

**Oleh**
**M.Ilham Ramadani**
**H2061221004**
**(Program Studi S2 Kimia)**

Universitas Tanjungpura

Menyetujui
Tim Pembimbing dan Penguji

Tanggal lulus : 17 Januari 2025

Pembimbing 1

Prof. Dr. H. Thamrin Usman, DEA
NIP 196211101988111001

Pembimbing 2

Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si
NIP 197506022000032001

Penguji 1

Dr. Anthoni B. Aritonang, S.Si, M.Si
NIP 196803082000031001

Penguji 2

Dr. Endah Sayekti, S.Si, M.Si
NIP197206222000122001

Dekan FMIPA

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si, M.Si
NIP 19710802200003100l

## PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis Program Pascasarjana S2 Kimia yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Tanjungpura, serta terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HKI yang berlaku di Universitas Tanjungpura. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tesis ini dapat di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Nama Belakang, Inisial Nama Depan. (Tahun): Judul tesis, Tesis Program Studi S2 Kimia, FMIPA, Universitas Tanjungpura.

dan dalam bahasa Inggris sebagai berikut:

Nama Belakang, Inisial Nama Depan. (Tahun): Judul tesis yang telah *diterjemahkan dalam bahasa Inggris*, Master's Thesis, FMIPA, Universitas Tanjungpura.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tesis haruslah seizing Dekan FMIPA, Universitas Tanjungpura.

*Tesis ini dipersembahkan khusus kepada orang tua, saudara, dan keluarga besar tercinta. Serta kepada semua pihak yang telah mengsuport penulis dan saya persembahkan kepada  pendamping hidup saya. (kelak)*

# PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Tesis yang berjudul "**SINTESIS GEOPOLIMER TERMODIFIKASI ASAM PEROKSIDA SEBAGAI ADSORBEN ASAM LEMAK BEBAS PADA MINYAK SAWIT MENTAH DAN KATALIS BIODIESEL** ini dapat diselesaikan. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) pada program studi magister kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura**.**

Penulisan Tesis ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu dengan segenap kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Prof. Dr. Thamrin Usman, DEA, Selaku pembimbing pertama dan Dr. Nelly Wahyuni, S.Si, M.Si, selaku pembimbing kedua atas segala bimbingan, ilmu, arahan, masukan, waktu, motivasi, bantuan, serta petuah-petuah bijak yang diberikan selama melakukan penelitian ini hingga selesainya Tesis ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Astar dan mamak Sohimah serta saudara-saudaraku (nurhayati (almh), Khairiyah, A.Ma, Siti Saudah, Kholilah, Bukhori,S.Pd, M.Pd, Ismail Astar, S.Si, M.Si, Samuna Amini, S.Ei, Siti Nurardila, S.Pd, Romlah (Almh), Khairuddin, S,H, Jamila Nur Maulidia, S,Kom) ataas doa, perhatian, kasih sayang dan motivasi serta pengorbanan tak terbatas yang selalu diberikan.
2. Bapak Prof. Dr. Gusrizal S.Si, M.Si selaku dekan FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Bapak Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si, M.Si Selaku ketua jurusan KIMIA FMIPA Universitas Tanjungpura.
4. Ibu Dr. Anis Sofiani, S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi Magister Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
5. Bapak Dr. Anthoni B. Aritonang, S.Si, M.Si, Selaku penguji atas segala saran dan masukkan nya selama penyusunan tesis ini.

6. Ibu Dr. Endah sayekti, S.Si, M.Si, Selaku penguji atas segala saran dan masukkan nya selama penyusunan Tesis ini.
7. Seluruh dosen dan karyawan jurusan kimia FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.
8. Rekan-rekan mahasiswa program studi kimia Angkatan 2022 atas motivasi, perjuangan, Kerjasama, kebersamaan, semangat, dan diskusinya selama ini.
9. Berbagai pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penulisan Tesis ini.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun Pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan dimasa mendatang. Akhir kata penulis berharap Tesis ini dapat berguna dan bermanfaat bagi diri pribadi penulis, almamater dan bangsa terutama untuk pengembangan ilmu pengetahuan yang ramah lingkungan.

## DAFTAR ISI


COVER ..... i
ABSTRAK ..... ii
HALAMAN PENGESAHAN ..... iii
PEDOMAN PENGANTAR TESIS ..... iv
PRAKATA ..... v
DAFTAR ISI ..... vi
DAFTAR LAMPIRAN ..... vii
DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI ..... viii
DAFTAR TABEL ..... ix
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG ..... xiv
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1. Latar Belakang ..... 1
1.2. Masalah Penelitian ..... 3
1.3. Hipotesis ..... 3
1.4. Tujuan Penelitian ..... 4
1.5. Manfaat Penulisan ..... 4
1.6. Keaslian Penelitian ..... 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 6
2.1. Biodiesel ..... 6
2.2. Geopolimer Termodifikasi Asam Peroksida ..... 7
2.3. Transesterifikasi ..... 8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN ..... 10
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian ..... 10
3.2. Alat dan Bahan ..... 10
3.3. Prosedur Penelitian ..... 10
3.3.1. Preparasi Metakaolin ..... 10
3.3.2. Pembuatan Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ ..... 10
3.3.3. Pre-Tretmen CPO ..... 11
3.3.4. Proses Adsorbsi Minyak Menggunakan Geopolimer Termodifikasi ..... 11
3.3.6. Uji Aktivitas Katalitik Katalis Geopolimer Termodifikasi ..... 12
3.3.7. Uji Regenerasi Geopolimer Termodifikasi ..... 12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 13
4.1. Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ ..... 13
4.2. Adsorbsi FFA Menggunakan Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ .. 17
4.3. Sintesis Biodiesel Menggunakan Katalis Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ ..... 25
4.4. Karakterisasi Metil Ester Menggunakan GC-MS ..... 30
BAB V KESIMPULAN ..... 31
DAFTAR PUSTAKA ..... 32
LAMPIRAN ..... 35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji KLT Katalis Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ ..... 35
Lampiran 2. Hasil KLT Regenerasi Katalis Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ ..... 37
Lampiran 3. Perhitungan ..... 39
Lampiran 4. Hasil Analisis ..... 48

## DAFTAR GAMBAR DAN ILUSTRASI

Gambar 2.3 Reaksi transesterifikasi..... 9
Gambar 4.1 Proses Pembuatan Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ ..... 13
Gambar 4.2 Penampakan Geopolimer termodifikasi $H_2O_2$..... 15
Gambar 4.3 Penampakan CPO ..... 18
Gambar 4.4 Hasil KLT Sintesis Biodiesel Menggunakan Katalis Geopolimer Termodifikasi ..... 26
Gambar 4.5 Kromatogram Metil Ester dar CPO..... 30

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Biodiesel dan Petrodiesel ..... 6
Tabel 4.1 Komposisi Logam dari Katalis Geopolimer Termodifikasi..... 15
Tabel 4.2 Luas permukaan, total volume dan rata-rata pori geopolimer .... 16
Tabel 4.3 Kadar Asam Lemak Bebas Pada CPO ..... 19
Tabel 4.4 Hasil Adsorbsi Menggunakan Variasi Massa Adsorben..... 19
Tabel 4.5 Hasil Adsorbsi Menggunakan Geopolimer dengan Variasi Volume $H_2O_2$ ..... 20
Tabel 4.6 Hasil Adsorbsi FFA Menggunakan Geopolimer Termodifikasi Dengan Variasi Konsenstrasi $H_2O_2$ ..... 21
Tabel 4.7 Hasil Adsorbsi adsorben geopolimer regenerasi..... 23
Tabel 4.8 Efisiensi Adsorbsi dari Berbagai Adsorben ..... 24
Tabel 4.9 Hasil Konversi Biodiesel Menggunakan Katalis Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$ ..... 27
Tabel 4.10 Hasil Regenerasi Katalis Geopolimer Termodifikasi $H_2O_2$..... 28
Tabel 4.11 Komponen Senyawa Metil Ester dari CPO..... 30

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

| SINGKATAN | NAMA | Pemakaian pertama kali pada halaman |
|---|---|---|
| CPO | *Crude Palm Oil* | 1 |
| FFA | *Free Fatty Acid* | 1 |
| RBDO | *refined bleached deodorized oil* | 1 |
| GC-MS | *Gas Chromatography-Mass Sprektometry* | 10 |
| GSA | *Gas Sorption Analyzer* | 10 |
| XRF | *X-Ray Flourosence* | 10 |

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang semakin penting dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memitigasi dampak lingkungan. Biodiesel terbentuk dari hasil reaksi transesterifikasi atau esterifikasi minyak nabati dengan alkohol rantai pendek yang dibantu katalis. Saat ini biodiesel dianggap sebagai energi alternatif terbarukan menggantikan bahan bakar fosil karena membantu mengurangi dampak lingkungan masalah akibat emisi gas rumah kaca. Selain itu biodiesel memiliki keunggulan dalam hal kandungan partikulat yang lebih rendah, emisi karbon monoksida (CO), aromatik dan sulfur konten, serta biodegradabilitas yang lebih baik dibandingkan bahan bakar berbasis minyak bumi (Chattopadhyay, 2013).

Sebagai negara dengan potensi sumber daya alam yang besar, Indonesia memiliki peluang signifikan dalam pengembangan biodiesel. Salah satu bahan baku utama yang berpotensi untuk produksi biodiesel di Indonesia adalah minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*/CPO). Minyak kelapa sawit mentah (CPO) telah menjadi salah satu bahan baku utama dalam produksi biodiesel karena ketersediaannya yang melimpah dan sifatnya yang menguntungkan secara ekonomi. Namun penggunaan CPO sebagai bahan baku biodiesel menghadapi beberapa tantangan. Salah satu kendala utama dalam pembuatan biodiesel dari CPO adalah kandungan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid*/FFA) yang tinggi. Keberadaan FFA dapat mengganggu proses transesterifikasi trigliserida menjadi biodiesel dan menurunkan kualitas biodiesel yang dihasilkan (Farobie, 2021).

Penghilangan FFA pada CPO secara konvensional ditemukan pada proses pemurnian di kilamg minyak goreng dengan proses *pretreatment* (*degumming*), *bleaching*, dan *deodorization.* Produk akhir yang dihasilkan adalah disebut *refined bleached deodorized oil* (RBDO) (Damarani, 2019). Namun Proses ini memerlukan energi yang besar sehingga akan mempengaruhi harga pokok bahan baku biodiesel. Oleh karena itu diperlukan metode lain dalam menghilangkan kandungan FFA pada CPO salah satunya adalah metode adsorbsi.

Adsorbsi merupakan terserapnya molekul atau ion pada permukaan adsorben baik melalui mekanisme fisika atau kimia. Penurunan asam lemak bebas pada CPO menggunakan metode adsorbsi secara fisika telah banyak dilakukan. Penelitian Syahwandi (2019) yang melakukan adsorbsi menggunakan adsorben abu tankos dengan efisiensi penurunan FFA sebesar 35,4%, sedangkan penelitian Lestari (2024) yang menggunakan adsorben *fly ash* termodifikasi menghasilkan efisiensi adsorbsi sebesar 44,15% serta penelitian Siahaan (2023) yang menggunakan adsorben Kalsium silikat ($CaSiO_3$) 5% gliserol (CTG5) menghasilkan efisiensi yang tinggi yakni sebesar 80%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa metode adsorbsi efektif untuk menurunkan FFA pada CPO.

Salah satu material yang memiliki sifat sebagai adsorben adalah geopolimer. Geopolimer merupakan material yang terbuat dari aktivasi alkali aluminosilikat yang menarik perhatian sebagai adsorben efektif. Geopolimer memiliki jaringan aluminosilikat bermuatan negatif yang diseimbangkan oleh kation seperti natrium atau kalium, yang selanjutnya dapat ditukar dengan kation dalam larutan (Novais, 2016).

Novais (2019) menyatakan bahwa penggunan geopolimer sebagai adsorben metilen biru efektif digunakan dengan efisiensi sebesar 94,3% dan dapat digunakan hingga 8 kali dengan efisiensi mencapai 83%. Selain itu pada penelitian sebelumnya oleh Ramadani (2022) penggunaan geopolimer sebagai adsorben pada adsorbsi FFA pada CPO menghasilkan efisiensi adsorbsi sebesar 45,78%. Sedangkan geopolimer termodifikasi asam peroksida ($H_2O_2$) 0,25 mL menghasilkan efisiensi yang tinggi yakni mencapai 85,14%. Hasil yang menjanjikan ini menunjukkan kelayakan penggunaan geopolimer termodifikasi asam peroksida. Namun belum diketahui formulasi asam peroksida yang digunakan telah menghasilkan hasil yang optimum, serta belum diketahui efisiensi penggunaan adsorben secara berulang. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut mengenai optimasi formulasi geopolimer termodifikasi asam peroksida dapat memberikan pemahaman lebih lanjut untuk menghasilkan geopolimer yang memiliki daya adsorbsi FFA pada CPO yang lebih maksimal serta dapat digunakan berulang.

Selain itu keberadaan kation seperti kalium atau natrium pada struktur geopolimer yang berasal dari senyawa alkali aktivator yang digunakan selama sintesis memberikan sifat basa pada geopolimer tersebut. Sifat basa pada geopolimer ini dapat berperan sebagai katalisator dalam produksi biodiesel. Pemanfaatan geopolimer sebagai katalistaror biodiesel telah dilakukan seperti pada penelitian Nugraha (2017) yang melakukan sintesis biodiesel dengan katalis geopolimer dari abu sekam padi dan kaolin pada minyak biji nyamplung. Sedangkan Nabila (2024) menggunakan katalis geopolimer-ZnO pada minyak sawit dapat mengkonversih secara total dan dapat digunakan kembali sebanyak 2 kali.

Berdasarkan penelitian sebelumnya Ramadani (2022) menunjukkan bahwa penggunaan katalis geopolimer termodifikasi asam peroksida dapat mensintesis minyak sawit dengan kadar FFA <1% menjadi biodiesel secara total dalam waktu 1 jam. Sehingga dalam penelitian ini juga akan dilakukan optimalisasi geopolimer termodifikasi asam peroksida sebagai katalisator biodiesel yang optimal serta dapat digunakan berulang.

## 1.2 Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas geopolimer termodifikasi dengan variasi konsentrasi asam peroksida dalam mengadsorbsi asam lemak bebas pada CPO serta bagaimana kemampuan regenerasinya?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi asam peroksida terhadap karakteristik luas permukaan, volume pori dan diameter pori pada geopolimer?
3. Bagaimana efektivitas geopolimer termodifikasi dengan variasi asam peroksida sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak sawit menjadi biodiesel, serta bagaimana kemampuan regenerasinya?

## 1.3 Hipotesis

1. Modifikasi geopolimer dengan variasi asam peroksida dapat meningkatkan efektivitas adsorpsi asam lemak bebas pada CPO. Variasi konsentrasi asam peroksida diharapkan dapat mengoptimalkan pori-pori pada

geopolimer sehingga efisien dalam menurunkan kadar asam lemak bebas dari CPO, serta geopolimer dapat digunakan berulang kali dalam menurunkan asam lemak bebas.

2. Penambahan konsentrasi asam peroksida pada geopolimer dapat meningkatkan luas permukaan, volume pori dan diameter pori-pori pada geopolimer, Sehingga akan diketahui karakteristik geopolimer terbaik sebagai adsorben asam lemak bebas pada CPO dan katalisator biodiesel.
3. Penggunaan geopolimer modifikasi sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi akan meningkatkan efisiensi konversi minyak menjadi biodiesel, dengan menghasilkan rendemen biodiesel yang lebih tinggi, serta regenerasi katalis geopolimer dapat memulihkan aktivitas katalititk yang menurun, sehingga geopolimer dapat digunakan dalam siklus produksi yang lebih lama.

## 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efektivitas geopolimer termodifikasi dengan variasi konsentrasi asam peroksida dalam mengadsorbsi asam lemak bebas pada CPO serta mengetahui kemampuan regenerasinya.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi asam peroksida terhadap karakteristik luas permukaan, volume pori dan diameter pori pada geopolimer.
3. mengetahui efektivitas geopolimer termodifikasi dengan variasi asam peroksida sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak sawit menjadi biodiesel, serta mengetahui kemampuan regenerasinya?

## 3.1 Manfaat Penelitian

Hasil akhir penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai sintesis katalis geopolimer modifikasi dengan variasi penambahan asam peroksida yang dapat berperan sebagai adsorben dalam menurunkan asam lemak bebas pada CPO dan dapat digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel. Selain itu katalis ini diharapkan dapat digunakan berulang kali dalam produksi biodiesel sehingga dapat mengurangi biaya produksi dan memaksimalkan hasil yang didapatkan.

### 3.2 Keaslian Penelitian

Penggunaan geopolimer termodifikasi asam peroksida ($H_2O_2$) sebagai adsorben asam lemak bebas pada CPO sekaligus sebagai katalisator biodiesel berdasarkan hasil penelusuran jurnal, buku dan berbagai sumber lain sejauh ini belum pernah di publikasikan. Penggunaan geopolimer termodifikasi asam peroksida sejauh ini digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan beton, dan beton ringan untuk kontruksi. Selain itu geopolimer termodifikasi telah digunakan sebagai adsorben logam berat dan metilen biru dalam air serta membran untuk pengolahan air. Sedangkan penggunaan geopolimer sebagai katalisator biodiesel telah digunakan dengan berbagai modifikasi seperti penambahan ZnO atau abu sekam padi untuk meningkatkan efisiensi konversi biodiesel yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian di atas, kebaharuan yang terdapat dalam penelitian ini adalah penggunaan geopolimer termodifikasi asam peroksida ($H_2O_2$) yang dapat digunakan sebagai adsorben asam lemak bebas pada CPO sekaligus sebagai katalisator biodiesel yang dapat digunakan berulang kali (regenerasi).