

## ANALISIS PENGARUH VARIASI KOMPOSISI ZEOLIT ALAM DAN BINDER KAOLIN DENGAN PERLAKUAN KALSINASI TERHADAP PENGGUNAAN SECARA BERULANG PADA KATALIS TERHADAP HASIL UJI KARAKTERISASI BIODIESEL BERBAHAN BAKU MINYAK KELAPA SAWIT

\*Yusuf Hamdhany<sup>1</sup>, Norman Iskandar<sup>2</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: yusufhamdhany01@gmail.com

### Abstrak

Katalis adalah bahan yang meningkatkan laju reaksi tanpa mengubah komposisi zat reaksi. Katalis dibagi menjadi heterogen dan homogen. Katalis heterogen dalam bentuk pelet sering digunakan dalam produksi biodiesel karena kelebihanannya seperti kekuatan mekanis tinggi, dapat digunakan berulang, bentuk variatif, dan mudah dikontrol. Produksi pelet katalis melibatkan penghancuran batuan zeolit, pengayakan serbuk, pencampuran serbuk zeolit dengan bahan pengikat, kompaksi serbuk menjadi pelet, lalu dikalsinasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase bahan dan penggunaan berulang pada kualitas dan kuantitas biodiesel yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada produksi biodiesel dari minyak kelapa sawit selama 3 jam pada suhu 60°C. Pengujian meliputi penentuan yield dan karakterisasi biodiesel, yang meliputi densitas, viskositas, dan bilangan asam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun mengalami penurunan dimensi dan perubahan bentuk fisik, pelet tetap layak digunakan kembali dan menunjukkan ketahanan yang baik terhadap siklus penggunaan berulang. Sementara itu pada katalis zeolit alam 75:25, yield awal 96% menurun menjadi 93,33% pada penggunaan ulang. Pada variasi 70:30, yield awal 93,33% menurun menjadi 90,67%. Densitas tertinggi diperoleh pada katalis 75:25 dengan 887,969 kg/m<sup>3</sup>, menurun menjadi 883,622 kg/m<sup>3</sup> pada penggunaan ulang. Viskositas terendah adalah pada katalis 70:30 pengujian 2 dengan 4,170 mm<sup>2</sup>/s. Angka asam terkecil adalah pada katalis 75:25 pengujian 1 dengan 0,056 mg-KOH/g.

**Kata kunci:** biodiesel; karakterisasi; pelet katalis; yield biodiesel; zeolite

### Abstract

Catalysts are substances that increase the reaction rate without altering the composition of the reactants. Catalysts are divided into heterogeneous and homogeneous. Heterogeneous catalysts in pellet form are often used in biodiesel production due to their advantages such as high mechanical strength, reusability, various shapes, and ease of control. The production of catalyst pellets involves crushing zeolite rocks, sieving the powder, mixing the zeolite powder with a binder, compacting the powder into pellets, and then calcining them. This study aims to determine the effect of varying the percentage of materials and repeated use on the quality and quantity of the biodiesel produced. The tests were conducted on biodiesel production from palm oil for 3 hours at a temperature of 60°C. The tests included determining the yield and characterizing the biodiesel, which involved testing density, viscosity, and acid number. The results showed that despite experiencing dimensional reduction and physical shape changes, the pellets remain reusable and exhibit good resistance to repeated use cycles. Meanwhile, for the 75:25 natural zeolite catalyst, the initial yield of 96% decreased to 93.33% upon reuse. For the 70:30 variation, the initial yield of 93.33% decreased to 90.67%. The highest density was obtained with the 75:25 catalyst at 887.969 kg/m<sup>3</sup>, which decreased to 883.622 kg/m<sup>3</sup> upon reuse. The lowest viscosity was observed with the 70:30 catalyst in the second test at 4.170 mm<sup>2</sup>/s. The lowest acid number was with the 75:25 catalyst in the first test at 0.056 mg-KOH/g.

**Keywords:** biodiesel; biodiesel yield; catalyst pellets; characterization; zeolite

### 1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya teknologi dan pengetahuan, banyak penemuan dan terobosan dalam berbagai bidang untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Salah satunya adalah dalam konversi energi yaitu energi baru terbarukan, yang saat ini mulai menggantikan batu bara dan minyak bumi [1]. Biodiesel merupakan salah satu opsi yang menjanjikan untuk bahan bakar diesel di masa depan, biodiesel dapat dihasilkan dari berbagai sumber seperti minyak nabati, lemak hewan, limbah minyak, dan lainnya [2]. Dalam proses pembuatan biodiesel yang menggunakan bahan

dasar dari minyak nabati yang memiliki pengaktifanya biodiesel relative lebih lama, diperlukan katalis. Katalis merupakan senyawa yang bila ditambahkan ke dalam suatu reaksi akan mempercepat dan mengurangi energi aktivasi serta meningkatkan laju reaksinya karena jumlah dari katalis tidak berubah selama reaksi dikarenakan tidak dikonsumsi sebagai bagian dari proses reaksi [3].

Secara umum katalis terdiri dari tiga jenis yaitu serbuk, cair, dan pellet. Katalis bentuk pellet merupakan katalis yang paling unggul karena memiliki ketahanan reaksi, kestabilan fisik, efisiensi yang lebih tinggi, dan dapat digunakan secara berulang. Pelet katalis zeolit alam memerlukan penambahan bahan pengikat agar pelet tersebut tidak mudah hancur. Penggunaan kaolin sebagai pengikat dapat memberikan stabilitas mekanis pada katalis serta meningkatkan distribusi katalis dalam reaktor. Setelah berbentuk pellet zeolite alam perlu dilakukan proses aktivasi zeolit melalui kalsinasi. Kalsinasi zeolit dimaksudkan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori kristal zeolite.

Biodiesel yang dihasilkan perlu melalui proses karakterisasi untuk mengevaluasi kualitas dan kuantitasnya dari minyak kelapa sawit. Tujuan karakterisasi ini adalah untuk memastikan apakah biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar bahan bakar mesin diesel berdasarkan SNI. Standar ini disusun dengan tujuan menetapkan persyaratan mutu dan metode uji biodiesel, serta merevisi beberapa bagian seperti kadar belerang, fosfor, angka asam, dan kestabilan oksidasi, serta menambahkan parameter kadar monogliserida dalam biodiesel. Penggunaan biodiesel ini harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh otoritas yang berwenang, memastikan bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki kualitas yang konsisten dan dapat diandalkan untuk keperluan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk menilai kualitas dan kuantitas biodiesel dari minyak kelapa sawit meliputi pengujian yield, densitas, viskositas, dan bilangan asam biodiesel [4].

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu opsi yang menjanjikan untuk bahan bakar diesel di masa depan, biodiesel dapat dihasilkan dari berbagai sumber seperti minyak nabati, lemak hewan, limbah minyak, dan lainnya. Biodiesel dapat menggantikan bahan bakar fosil karena mengandung unsur karbon (C), hidrogen (H), dan sulfur (S), sehingga memiliki komposisi yang mirip. Keunggulan lain dari biodiesel adalah kemampuannya untuk digunakan pada mesin yang sudah ada tanpa memerlukan modifikasi [5]. Biodiesel diproduksi dari minyak kelapa sawit melalui metode transesterifikasi. Proses ini melibatkan reaksi antara minyak kelapa sawit dengan metanol dan katalis. Hasil dari reaksi ini adalah ester metil dari minyak kelapa sawit, yang dikenal sebagai biodiesel, dan gliserol sebagai produk sampingan.

### 2.2 Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses di mana trigliserida, digliserida, dan monogliserida yang telah dimodifikasi diubah menjadi gliserol dengan menggunakan katalis basa. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi yang dapat berjalan bolak-balik atau reversible, dengan alkohol berlebih yang mendorong kesetimbangan ke arah produk. Secara umum, hasil akhir dalam sintesis reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh sejumlah faktor penting. Faktor-faktor yang memengaruhi reaksi transesterifikasi meliputi waktu reaksi, pengaruh air dan asam lemak, perbandingan mol alkohol dan minyak, jenis alkohol, jenis katalis, dan suhu reaksi [6]. Dalam mengukur jumlah biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi, digunakan parameter yang disebut *yield* biodiesel Berikut adalah rumus perhitungan untuk menentukan nilai *yield* biodiesel, yang dijelaskan melalui Persamaan 1.

$$Yield (\%) = \frac{V_{bio}}{V_m} \times 100\% \quad \text{Persamaan 1}$$

### 2.3 Syarat Spesifikasi Biodiesel Berdasarkan SNI

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 tentang biodiesel adalah revisi dari SNI 7128:2012. Standar ini disusun dengan tujuan menetapkan persyaratan mutu dan metode uji biodiesel. Standar ini menetapkan persyaratan mutu dan metode uji biodiesel yang digunakan sebagai bahan bakar pengganti atau campuran (blending) dengan minyak diesel fosil. Penggunaan biodiesel ini harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh otoritas yang berwenang, memastikan bahwa biodiesel yang dihasilkan memiliki kualitas yang konsisten dan dapat diandalkan untuk keperluan tersebut [4]. Pada Tabel 1. merupakan syarat mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015

**Tabel 1.** Syarat Mutu Biodiesel SNI 7182:2015

Parameter	Satuan	Nilai
Massa Jenis pada 40°C	Kg/m <sup>3</sup>	850-890
Viskositas kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2,3 - 6,0
Angka Asam	Mg-KOH/g	Maks 0,5

## 2.4 Karakterisasi Biodiesel

Karakterisasi biodiesel dilakukan untuk mengetahui sifat fisik atau sifat kimia yang dimiliki biodiesel dari minyak kelapa sawit yang digunakan untuk pengujian performa biodiesel. Karakterisasi pada biodiesel meliputi pengujian densitas, viskositas, dan bilangan asam.

### 2.4.1 Densitas

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biodiesel, densitas seharusnya berada dalam kisaran 850 hingga 890 kg/L pada suhu 40 °C. Untuk melakukan perhitungan densitas dapat dilihat pada Persamaan 2 dan Persamaan 3.

$$V_p = \frac{(M_{pa} - m_p)}{(\rho_{aq})} \quad \text{Persamaan 2}$$

Setelah  $V_p$  (Volume Piknometer) ditemukan hitung dengan Persamaan 3.

$$\rho_{bio} = \frac{(M_{bio} - m_p)}{(V_p)} \quad \text{Persamaan 3}$$

### 2.4.2 Viskositas

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biodiesel, nilai viskositas seharusnya berada dalam rentang 2,3 hingga 6 cSt pada suhu 40 °C. Untuk melakukan perhitungan densitas dapat dilihat pada Persamaan 4.

$$\eta_{bio} = \frac{(\rho_{bio} \times t_{bio})}{\rho_{aq} \times t_{aq}} \times \eta_{aq} \quad \text{Persamaan 4}$$

### 2.4.3 Bilangan Asam

Angka asam adalah jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam bebas dalam 1 g percontohan. Standar kualitas SNI 7182:2015 menetapkan batasan bahwa biodiesel seharusnya memiliki nilai bilangan asam tidak melebihi 0,5 mg NaOH/g minyak. Untuk melakukan perhitungan bilangan asam dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$\text{Angka Asam} = \frac{(m_{KOH} \times N_{KOH} \times Mr_{KOH})}{m_{bio}} \quad \text{Persamaan 5}$$

## 2.5 Katalis

Katalis adalah bahan yang mampu meningkatkan laju reaksi dari reaktan menjadi produk tanpa memengaruhi komposisi zat dalam reaksi tersebut. Biasanya, katalis berinteraksi dengan reaktan selama reaksi, namun pada akhirnya, katalis dapat dikembalikan ke bentuk semula, sehingga jumlah katalis tetap konstan sebelum dan setelah reaksi. Katalis dapat dikelompokkan menjadi dua jenis berdasarkan fase mereka: katalis homogen dan katalis heterogen [7]. Sedangkan berdasarkan bentuknya katalis terbagi menjadi 3 yaitu serbuk, cair, dan pellet seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Jenis Katalis Berdasarkan Bentuk (a) Katalis Serbuk (b) Katalis Cair (c) Katalis Pelet

## 2.6 Zeolit

Zeolit merupakan katalis yang sering digunakan dalam produksi biodiesel karena memiliki sifat unik yang tidak ditemukan pada katalis amorf konvensional. Zeolit memiliki struktur berongga dengan rongga-rongga yang biasanya diisi oleh air dan kation yang dapat dipertukarkan serta memiliki ukuran pori tertentu. Oleh karena itu, zeolit dapat digunakan sebagai filter, penukar ion, bahan penyerap, dan katalis [8]. Zeolit alam merupakan salah satu bahan katalis

yang mudah ditemukan di daerah pegunungan aktif. Dengan penambahan binder sebagai pengikat, maka katalis zeolite akan lebih solid dan kuat yang akan mempengaruhi ketahanan fisik dalam penggunaan katalis [9].

## 2.7 Binder

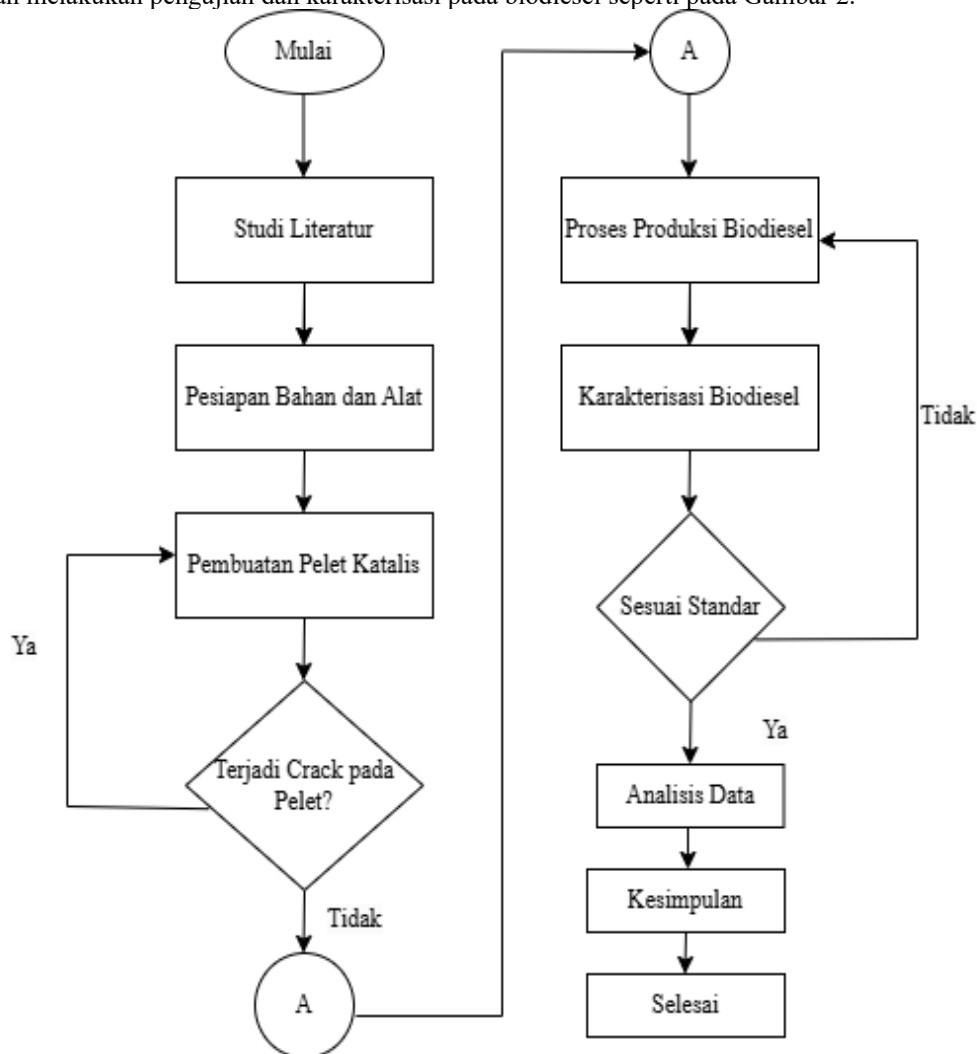
Untuk meningkatkan kestabilan mekanis dan kemampuan penggunaan berulang, zeolit alam sebagai katalis dapat diformulasikan dalam bentuk pellet. Katalis bentuk pellet merupakan katalis paling unggul dalam aspek stabilitas mekanis dan penggunaan yang berulang. Pelet katalis zeolit alam memerlukan penambahan bahan pengikat agar pelet tersebut tidak mudah hancur. Fungsi bahan pengikat adalah memengaruhi gaya kohesif antara partikel serbuk, sehingga membentuk tablet atau pelet yang memiliki kekuatan mekanis yang kuat setelah proses pemadatan. Penggunaan kaolin sebagai pengikat dapat memberikan stabilitas mekanis pada katalis serta meningkatkan distribusi katalis dalam reaktor.

## 2.8 Kalsinasi

Setelah berbentuk pellet zeolite alam perlu dilakukan proses aktivasi zeolit melalui kalsinasi yang menyebabkan pelepasan air sehingga luas permukaan pori-pori zeolit bertambah yang meningkatkan kemampuan untuk adsorpsi. Kalsinasi zeolit dimaksudkan untuk meningkatkan sifat-sifat khusus zeolit dengan cara menghilangkan unsur-unsur pengotor dan menguapkan air yang terperangkap dalam pori kristal zeolite [10].

## 2.9 Diagram Alir

Penelitian pengaruh presentasi katalis zeolite alam + kaolin hingga pembuatan biodiesel secara berulang terdiri dari berbagai tahap penelitian. Tahap-tahap ini melingkupi semua kegiatan yang dilakukan selama penelitian, memecahkan masalah, dan melakukan pengujian dan karakterisasi pada biodiesel seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

## 2.10 Bahan/Material Penelitian

Dalam penelitian pembuatan pelet katalis untuk mempercepat proses pembuatan biodiesel, bahan yang digunakan yaitu zeolit alam yang berasal dari bandung dengan menggunakan bahan perekat yaitu binder kaolin. Zeolit yang

didapatkan di pasaran berbentuk batuan, kemudian dilakukan proses crushing untuk mengubah batuan menjadi serbuk. Zeolit dan binder tanah liat di panaskan dengan suhu 110 °C selama 3 jam untuk menghilangkan kadar air. Setelah serbuk telah kering, dilakukan proses meshing zeolit dan binder tanah liat dengan ukuran 250 mesh. Setelah menyiapkan campuran zeolit dan binder, langkah selanjutnya adalah pembuatan pelet menggunakan metode pemadatan atau kompaksi. Setelah itu pellet di kalsinasi, Dalam penelitian ini, kalsinasi dilakukan pada suhu 550 °C. Pemanasan menggunakan furnace thermolyne membutuhkan waktu sekitar 4-5 jam untuk mencapai suhu 550 °C, dan setelah mencapai suhu tersebut, dipertahankan selama 180 menit atau 3 jam.

Tujuan dari pembuatan biodiesel adalah menciptakan alternatif bahan bakar untuk kendaraan dengan mesin diesel. Biasanya, proses produksi biodiesel secara tradisional melibatkan reaksi transesterifikasi minyak tumbuhan dengan alkohol rantai pendek, menggunakan katalis zeolit alam yang dikombinasikan dengan kaolin sebagai bahan perekat. Disini variasi biodiesel yang akan dibuat adalah biodiesel rasio mol minyak goreng dan metanol sebesar 1:4 dengan campuran minyak sebanyak 75 ml dan methanol sebanyak 25 ml, dengan variasi katalis menggunakan zeolit alam + binder kaolin dengan variasi 70% zeolite alam + 30% kaolin dan 75% zeolite alam + 25% kaolin dengan waktu yaitu 3 jam dengan pellet yang digunakan secara berulang.

## 2.11 Pengujian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase bahan dan penggunaan berulang pada kualitas dan kuantitas biodiesel yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada produksi biodiesel dari minyak kelapa sawit selama 3 jam pada suhu 60°C. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan mekanis pelet katalis yang digunakan secara berulang, penentuan yield, dan karakterisasi biodiesel, yang meliputi densitas, viskositas, dan bilangan asam.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Produksi Pelet Katalis

Pada penelitian ini pembahasan hasil penelitian dimulai dari hasil produk pelet katalis yang telah dicetak. Pelet katalis memiliki bentuk tabung, sesuai dengan bentuk dies (5 mm x 10 mm), dengan diameter sekitar 5 mm. Pengaruh penggunaan pellet katalis secara berulang terhadap diameter dan Panjang pada pellet setelah dilakukan pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

**Tabel 2.** Pengaruh Penggunaan Pelet Katalis Secara Berulang terhadap Diameter dan Panjang Pellet

No	Pengujian	Variasi Zeolit:Kaolin	Panjang Awal (mm)	Panjang Setelah Pengujian (mm)
1.	Diameter	75:25, 75%	7,72	7,10
2.		70:30, 70%	7,67	7,11
3.	Panjang	75:25, 75%	9,69	9,49
4.		70:30, 70%	9,43	8,58

Pada Tabel 3 merupakan data penggunaan pellet katalis secara berulang yang sudah dilakukan pada setiap variasinya.

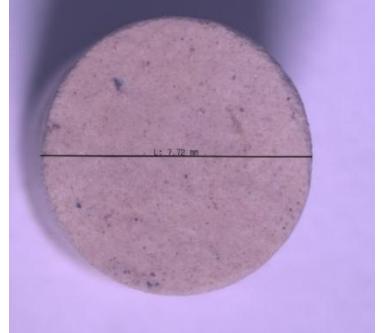
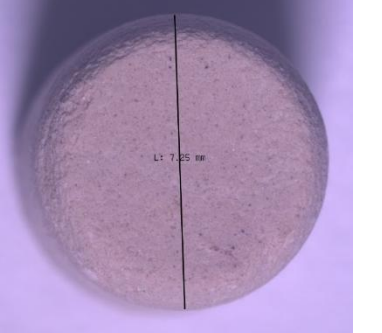
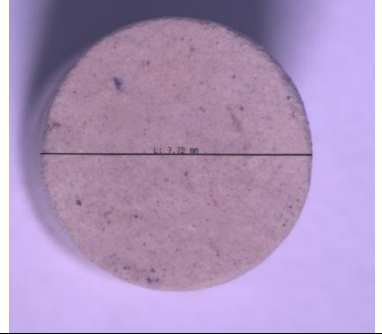
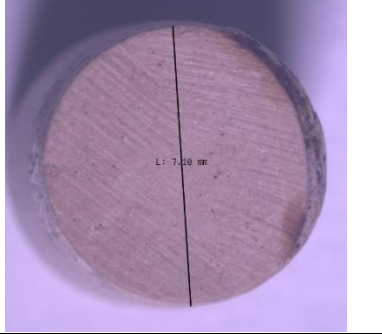


**Tabel 3.** Penggunaan Pelet Katalis Secara Berulang

No	Pengujian	Variasi Zeolit:Kaolin	Berat Awal (g)	Berat Setelah Pengujian (g)
1.	1	75:25, 75%	0,903	0,8839
2.		70:30, 70%	0,8901	0,8612
3.	2	75:25, 75%	0,8839	0,8595
4.		70:30, 70%	0,8612	0,8501

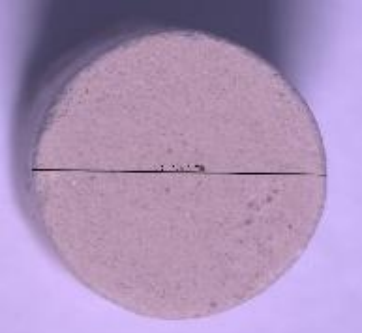
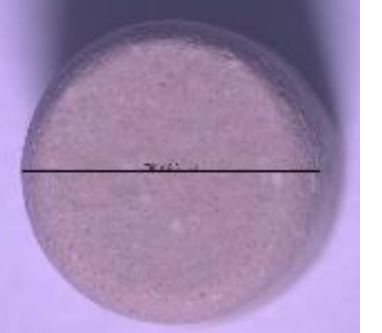
Berikut merupakan gambar makro dari pelet katalis zeolite alam:kaolin 75:25 dan 70:30 dengan perlakuan kalsinasi sebelum dan sesudah pemakaian dengan perbesaran 15x, disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

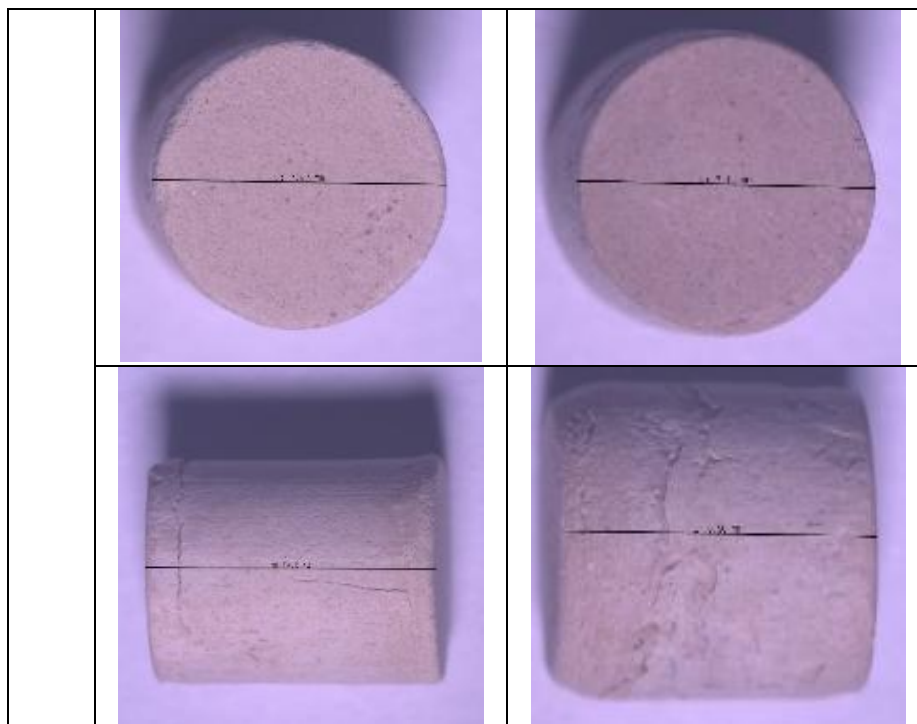


**Tabel 4.** Foto Makro Pelet Katalis 75% Zeolit + 25% Kaolin Sebelum dan Setelah Pengujian Berulang

No	Foto Makro Sebelum Reaksi 75:25, 75%	Foto Makro Setelah Reaksi 75:25, 75%
1.		
		
		

**Tabel 5.** Foto Makro Pelet Katalis 70% Zeolit + 30% Kaolin Sebelum dan Setelah Pengujian Berulang

No	Foto Makro Sebelum Reaksi 70:30, 70%	Foto Makro Setelah Reaksi 70:30, 70%
1.		



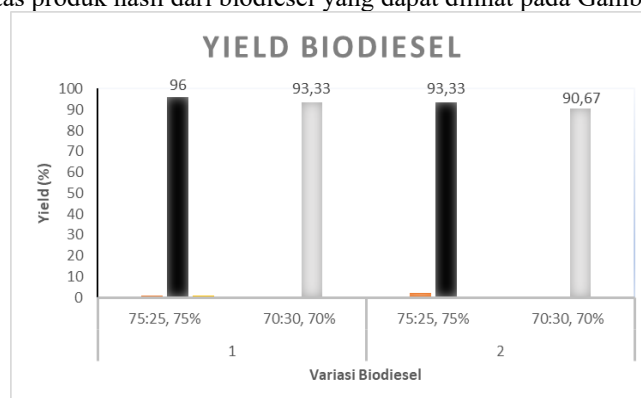
### 3.2 Yield Biodiesel

Persentase yield merupakan parameter krusial dalam menilai nilai ekonomis dan efektivitas pada suatu proses produksi biodiesel. Dengan mengetahui persentase yield biodiesel, kita bisa mengevaluasi seberapa ekonomis proses produksi biodiesel menggunakan metode yang diterapkan. Data mengenai kalkulasi yield biodiesel dengan berbagai variasi katalis dalam proses pembuatannya disajikan pada tabel 6.

**Tabel 6.** Data Pengujian Yield Biodiesel

No	Pengujian	Variasi Zeolit:Kaolin	$V_m$ (ml)	$V_{bio}$ (ml)	Yield (%)
1.	1	75:25, 75%	75	72	96
2.		70:30, 70%	75	70	93,33
3.	2	75:25, 75%	75	70	93,33
4.		70:30, 70%	75	68	90,67

Berdasarkan pada Tabel 6 mengenai yield biodiesel ditunjukkan bahwa variasi penggunaan secara berulang berpengaruh terhadap kuantitas produk hasil dari biodiesel yang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Yield Biodiesel

### 3.3 Karakterisasi Biodiesel

Karakterisasi biodiesel ditujukan untuk menganalisis masing-masing komponen dari biodiesel yang sudah dilakukan pengujian dan selanjutnya akan dibandingkan dengan standarisasi regional biodiesel pada SNI 7182:2015 untuk menguji kelayakan biodiesel yang telah dibuat. Karakterisasi pada biodiesel meliputi pengujian densitas, viskositas, dan bilangan asam.

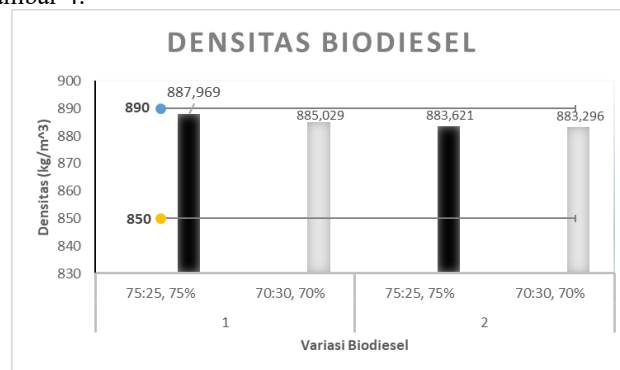
#### 3.3.1 Densitas

Data pengujian densitas biodiesel lalu diolah dengan Persamaan 2 dan dilanjutkan Persamaan 3 untuk menentukan densitas biodiesel yang ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Data Hasil Pengujian Massa Jenis/Densitas Biodiesel

No	Pengujian	Variasi Zeolit:Kaolin	$\rho@40C(kg/m^3)$	SNI
1.	1	75:25, 75%	887,9692843	850 – 890 kg/m <sup>3</sup>
2.		70:30, 70%	885,0294959	
3.	2	75:25, 75%	883,6218449	
4.		70:30, 70%	883,2962657	

Berdasarkan Tabel 7 maka semakin besar jumlah katalis yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi pada proses pembuatan biodiesel maka semakin besar juga nilai densitas pada produk biodieselnnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Densitas Biodiesel

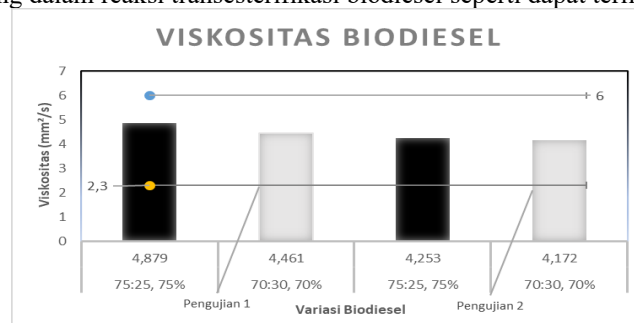
### 3.3.2 Viskositas

Viskositas merupakan salah satu indikator keberhasilan dalam produksi biodiesel. Persyaratan viskositas kinematik biodiesel sesuai dengan standar SNI 7182:2015 adalah 2,3 sampai 6,0 mm<sup>2</sup>/s (cSt). Data pengujian viskositas biodiesel biodiesel lalu diolah dengan Persamaan 4 sehingga didapatkan hasil seperti dalam tabel 8.

**Tabel 8.** Data Hasil Pengujian Viskositas Biodiesel

No	Pengujian	Variasi Zeolit:Kaolin	$\eta@40C(mm^2/s)$	SNI
1.	1	75:25, 75%	4,879	2,3 – 6,0 mm <sup>2</sup> /s
2.		70:30, 70%	4,461	
3.	2	75:25, 75%	4,253	
4.		70:30, 70%	4,172	

Berdasarkan data viskositas menunjukkan bahwa viskositas biodiesel akan semakin kecil viskositasnya dengan penggunaan yang berulang dalam reaksi transesterifikasi biodiesel seperti dapat terlihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Viskositas Biodiesel



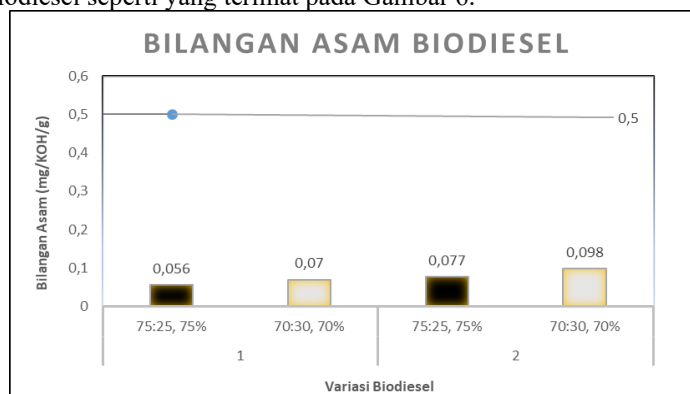
### 3.3.3 Bilangan Asam

Angka asam biodiesel adalah parameter yang penting dalam menilai kualitas biodiesel. Menurut standar SNI 7182:2015, batas maksimum angka asam biodiesel adalah 0,5 mg-KOH/g. Angka asam mengindikasikan jumlah asam lemak bebas dalam biodiesel, yang dapat mempengaruhi kinerja mesin dan stabilitas biodiesel dalam penyimpanan. Semakin rendah angka asamnya, semakin baik kualitas biodiesel tersebut. Data pengujian angka asam yang dibutuhkan lalu diolah dengan Persamaan 5 untuk menemukan angka asam biodiesel yang ditunjukkan Tabel 9.

**Tabel 9.** Data Hasil Pengujian Angka Asam Biodiesel

No	Pengujian	Variasi Zeolit:Kaolin	Angka Asam(mg-KOH/g)	SNI
1.	1	75:25, 75%	0.056	$\leq 0,5 \text{ mg-KOH/g}$
2.		70:30, 70%	0.07	
3.	2	75:25, 75%	0.077	
4.		70:30, 70%	0.098	

Data tersebut menunjukkan angka asam biodiesel akan semakin besar dengan penggunaan yang berulang dalam reaksi transesterifikasi biodiesel seperti yang terlihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik Bilangan Asam Biodiesel

## 4. Kesimpulan

Hasil pengujian pellet katalis secara berulang, yield pada biodiesel serta karakterisasi pada biodiesel yang meliputi pengujian densitas, perhitungan viskositas, dan bilangan asam yang telah dilakukan terhadap katalis pelet zeolit alam dengan variasi komposisi zeolit dan kaolin sebagai binder, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

- Meskipun terjadi penurunan dimensi dan perubahan bentuk fisik, pelet katalis zeolit alam:kaolin menunjukkan ketahanan fisik yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa pelet katalis tersebut memiliki ketahanan yang baik terhadap siklus penggunaan berulang yang menjadikannya efektif dan ekonomis.
- Dengan meningkatnya persentase berat katalis yang direaksikan, sebanding dengan persentase kemurnian biodiesel yang maksimal. Maka untuk meningkatkan yield biodiesel dapat dilakukan dengan meningkatkan jumlah kuantitas katalis pada reaksi transesterifikasi pembuatan biodiesel.
- Berdasarkan data densitas dari pengujian pertama dan kedua menunjukkan bahwa pada variasi pelet katalis zeolit alam 75:25, densitas selalu lebih tinggi daripada variasi 70:30. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak katalis yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi untuk pembuatan biodiesel, semakin tinggi densitas produk biodieselnnya.
- Berdasarkan data viskositas menunjukkan bahwa viskositas biodiesel akan semakin kecil viskositasnya dengan penggunaan yang berulang dalam reaksi transesterifikasi biodiesel.
- Pada variasi katalis zeolit alam 75:25, pengujian pertama menunjukkan angka asam 0,56 mg/KOH/g, lebih rendah 0,021 mg/KOH/g dibandingkan dengan pengujian berulang yang mencatat 0,077 mg/KOH/g. Begitu juga pada variasi zeolit alam 70:30, pengujian pertama memiliki angka asam 0,07 mg/KOH/g, lebih rendah 0,028 mg/KOH/g dibandingkan dengan pengujian berulang yang mencatat 0,098 mg/KOH/g. Ini menunjukkan bahwa angka asam biodiesel meningkat dengan penggunaan yang berulang dalam reaksi transesterifikasi.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] Arachchige, U., Jayasinghe, R., Weerasekara, N. A., & Miyuranga, V. (2021). *Catalysts for Biodiesel Production: A Review. Asian Journal of Chemistry*.
- [2] Permana, E., Naswir, M., T. Sinaga, M. E., Alfairuz, H., & Murti, S. S. (2020). KUALITAS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH BERDASARKAN PROSES SAPONIFIKASI DAN TANPA SAPONIFIKASI. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)* | Volume 6, Nomor 1, Maret 2020.
- [3] Farnetti, E., Monte, R. D., & Kašpar, J. (n.d.). *HOMOGENEOUS AND HETEROGENEOUS CATALYSIS . INORGANIC AND BIO-INORGANIC CHEMISTRY* – Vol. II - *Homogeneous and Heterogeneous Catalysis* - Erica Farnetti, Roberta Di Monte and Jan Kašpar ©*Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, 2-4.
- [4] Badan Standardisasi Nasional. (2015). Biodiesel. Jakarta: BSN 2015 ICS 27.190; 75.160.20 SNI 7182:2015 [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id).
- [5] Allami, H. A., & Nayebyzadeh, H. (2021). *The assessment of the engine performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel produced using different types of catalyst. journal homepage: www.elsevier.com/locate/fuel*.
- [6] REZEIKA, S. H. (2017). SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH DENGAN KATALIS NaOH DENGAN VARIASI WAKTU REAKSI TRANSESTERIFIKASI DAN UJI PERFORMANYA PADA MESIN DIESEL. SURABAYA: SAKINAH HIMAV REZEIKA.
- [7] Pasae, Y., Melawaty, L., Ruswanto, Bulu, L., & Allo, E. L. (2020). *Effectiveness of Heterogenous Catalyst In Biodiesel Production Process: The Use of Zeolite, ZnO and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*. *Journal of Physics: Conference Series WEAST 2020 IOP Publishing* 1899 (2021) 012032doi:10.1088/1742-6596/1899/1/012032, 2.
- [8] Pasae, Y., Tangdilintin, S., Bulu, L., & Allo, E. L. (2020). *The Contribution Of Heterogeneous And Homogeneous Catalysts Towards Biodiesel Quality. Journal of Physics: Conference Series The 1st International Conference on Education and Technology (ICETECH) 2019 IOP Publishing IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1464 (2020) 012054 doi:10.1088/1742-6596/1464/1/012054, 2.*
- [9] Sarosa, A. H., Samadhi, T. W., & Budiayanto . (2016). KAJIAN PROSES PRODUKSI KATALIS MIKROSFERIK UNTUK PERENGAHAN MINYAK BUMI DENGAN PENERING SEMBUR. <https://www.researchgate.net/publication/301237854Reaktor>, Vol. 15 No. 4, Oktober 2015, Hal. 241-247 .
- [10] Firdaus, L. H., Wicaksono, A. R., & Dr. Widayat, ST., MT. (2013). Pembuatan Katalis H-Zeolit dengan Impregnasi Ki/Kio<sub>3</sub> dan Uji Kinerja Katalis Untuk Produksi Biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol 2, No. 2, Tahun 2013. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkti>, 148-154.