

PENGARUH BEDA PERSENTASE KAOLIN PADA KATALIS ZEOLIT ALAM TERHADAP *YIELD* BIODIESEL DARI MINYAK KELAPA SAWIT

*Pandu Muhammad S¹, Norman Iskandar², Sulardjaka²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: pandums23@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan populasi dan ekonomi global telah meningkatkan konsumsi minyak bumi, yang mengakibatkan kebutuhan akan sumber energi alternatif seperti biodiesel. Biodiesel, yang terbuat dari bahan baku hayati seperti minyak kelapa sawit, menawarkan solusi sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan fisik pelet katalis zeolit alam setelah digunakan dalam pembuatan biodiesel, serta untuk mengetahui pengaruh variasi pelet katalis zeolit alam terhadap *yield* biodiesel dari minyak kelapa sawit. Metode penelitian meliputi preparasi pelet katalis menggunakan zeolit alam dan *binder* kaolin, serta pelaksanaan transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel. Selanjutnya, pelet katalis dianalisis perubahan fisiknya dan biodiesel dianalisis untuk *yield* serta karakteristik lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pelet katalis zeolit alam 100% menghasilkan deformasi dan penyusutan yang lebih besar dibandingkan dengan pelet yang dicampur kaolin. *Yield* tertinggi dicapai dengan rasio 1:10 menggunakan pelet katalis zeolit alam 100% yaitu 98%. Berikutnya, *yield* tertinggi kedua dicapai dengan rasio yang sama 1:10 namun dengan katalis pelet zeolit alam dan *binder* kaolin dengan perbandingan 80:20, yang menghasilkan 95%.

Kata kunci: biodiesel; pelet katalis; transesterifikasi; *yield*; zeolit alam

Abstract

The growth of the global population and economy has increased the consumption of petroleum, leading to the need for alternative energy sources such as biodiesel. Biodiesel, made from biological raw materials like palm oil, offers a solution as an environmentally friendly fuel. This research aims to determine the physical changes in natural zeolite catalyst pellets after being used in biodiesel production, as well as to investigate the influence of natural zeolite catalyst pellet variation on the yield of biodiesel from palm oil. The research methods include the preparation of catalyst pellets using natural zeolite and kaolin binder, as well as the implementation of transesterification in biodiesel production. Subsequently, the catalyst pellets were analyzed for their physical changes, and the biodiesel was analyzed for yield and other characteristics. The research results indicate that the use of 100% natural zeolite catalyst pellets results in greater deformation and shrinkage compared to pellets mixed with kaolin. The highest yield was achieved with a 1:10 ratio using 100% natural zeolite catalyst pellets, reaching 98%. The second highest yield was achieved with the same 1:10 ratio but with catalyst pellets of natural zeolite and kaolin binder in an 80:20 ratio, yielding 95%.

Keywords: *biodiesel; catalyst pellets; natural zeolite; transesterification; yield*

1. Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan populasi dan ekonomi global, maka konsumsi dari minyak bumi juga ikut meningkat. Menurut data BPPT Cadangan minyak bumi Indonesia pada tahun 2016 adalah 7.251,11 MMSTB atau mengalami penurunan 0,74% terhadap tahun 2015. Produksi minyak bumi saat ini sebesar 338 juta barel dan dengan mempertimbangkan cadangan terbukti minyak yang ada, maka diperkirakan cadangan terbukti minyak akan habis dalam kurun waktu 9 tahun lagi [1]. Untuk mengatasi masalah ini, biodiesel digunakan sebagai sumber energi alternatif untuk mesin diesel. Biodiesel sangat diminati karena terbarukan, bersih, mudah terurai dan ramah lingkungan.

Biodiesel menjadi salah satu energi pengganti bahan bakar minyak bumi karena kemiripannya dengan bahan bakar mesin diesel. Biodiesel adalah produk FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) atau mono alkil ester yang dihasilkan dari bahan baku hayati dan biomassa lainnya. Biodiesel sangat baik digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel karena menunjukkan penurunan emisi CO, SO_x, hidrokarbon yang tidak terbakar dan partikulat selama proses pembakaran [2].

Pada umumnya pembuatan biodiesel melibatkan reaksi esterifikasi ataupun transesterifikasi. Transesterifikasi adalah reaksi ester untuk menghasilkan ester baru yang mengalami penukaran posisi asam lemak. Secara umum reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara trigliserida dengan alkohol [3]. Esterifikasi digunakan untuk mengubah bahan baku hayati menjadi metil ester atau etil. Esterifikasi digunakan Ketika bahan baku biodiesel memiliki kandungan *Free Fatty Acid (FFA)* kurang dari 2% [4].

Produksi biodiesel membutuhkan alkohol untuk memecah rantai trigliserida. Alkohol yang biasanya dipakai dalam proses pembuatan biodiesel adalah metanol dan etanol. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai karena lebih reaktif, untuk mendapatkan hasil biodiesel yang sama, penggunaan etanol 1,4 kali lebih banyak dibanding metanol [5]. Rasio mol antara metanol dan minyak merupakan faktor kunci dalam proses transesterifikasi. Rasio yang optimal dapat meningkatkan laju reaksi dan *yield* biodiesel.

Biodiesel dibuat dari bahan organik seperti minyak hewani, minyak nabati, atau dari minyak goreng bekas. Bahan baku biodiesel yang sedang dikembangkan adalah minyak kelapa sawit. Kelapa sawit sangat produktif dan dapat tumbuh dengan cepat di berbagai iklim dan jenis tanah, terutama di Indonesia. Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit nomor satu di dunia (50% dari produksi dunia) [6]. Ketersediaan minyak kelapa sawit pada jumlah besar menjadikannya pilihan yg logis untuk bahan utama pembuatan biodiesel.

Pembuatan biodiesel dengan bahan dasar dari minyak nabati memiliki pengaktifan biodiesel yang relatif lama, maka dari itu diperlukan katalis. Katalis dalam biodiesel adalah senyawa yang dipergunakan untuk meningkatkan kecepatan reaksi transesterifikasi yang mengganti minyak hewani atau minyak nabati menjadi biodiesel. Katalis ini membantu membantu biodiesel dengan lebih cepat dan efisien. Pembuatan biodiesel selama ini lebih banyak menggunakan katalis homogen, seperti asam dan basa. Penggunaan katalis homogen ini menimbulkan permasalahan pada produk yang dihasilkan, misalnya masih mengandung katalis, yang harus dilakukan separasi lagi [5].

Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan katalis. Bahan tersebut yaitu zeolit alam yang didapat dari endapan alami dalam jumlah yang besar. Zeolit merupakan senyawa aluminosilikat terhidrasi yang memiliki kerangka struktur tiga dimensi, mikroporous, dan merupakan padatan kristalin serta mengikat sejumlah tertentu molekul air di dalam porinya [7]. Zeolit alam sendiri memiliki kandungan Si dan Al. Komponen Si dan Al dapat berperan sebagai katalis. Dengan ditambahkannya *binder* menjadi pengikat, katalis zeolit akan lebih kompak dan kuat yang akan mempengaruhi penggunaan katalis.

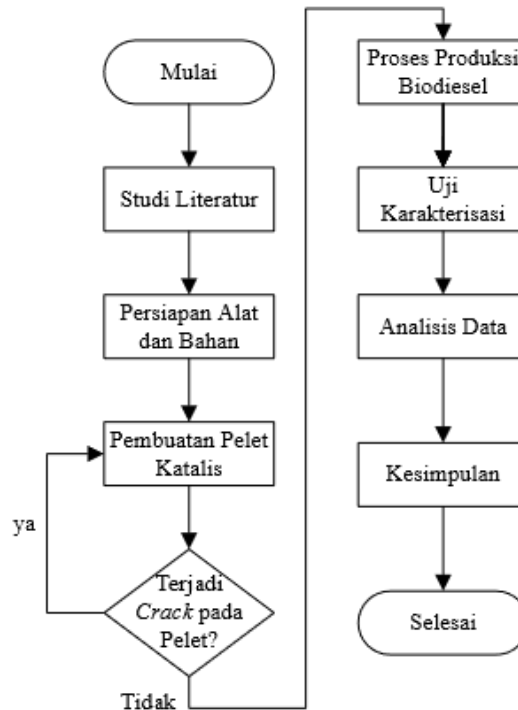
Untuk meningkatkan aspek stabilitas mekanis dan untuk penggunaan berulang, maka katalis zeolit alam dapat dibentuk menjadi *pellet*. Katalis dalam bentuk pelet merupakan katalis paling unggul dibandingkan dengan bentuk lainnya. Kekuatan mekanis dari pelet dibentuk dari proses, metode, dan bahan baku penyusun dari pelet tersebut.

Pelet katalis zeolit yang dibuat perlu ditambahkan bahan atau *binder* agar pelet tersebut tidak mudah hancur. Bahan pengikat bekerja dengan cara mempengaruhi gaya kohesif antara partikel serbuk sehingga menghasilkan tablet atau pelet yang kuat setelah dipadatkan. *Binder* yang umum digunakan pada pembuatan katalis adalah kaolin. Penggunaan kaolin sebagai *binder* dapat memberikan stabilitas mekanis pada katalis dan meningkatkan distribusi katalis dalam reactor.

Biodiesel yang dihasilkan perlu dilakukan pengujian *yield* untuk mengukur efisiensi proses transesterifikasi dalam menghasilkan biodiesel dari minyak kelapa sawit. Dengan melakukan pengujian *yield* biodiesel, maka dapat diketahui efektivitas katalis yang digunakan, serta menentukan komposisi katalis yang memberikan hasil terbaik. *Yield* yang tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar minyak kelapa sawit berhasil dikonversi menjadi biodiesel, yang sangat penting untuk memastikan bahwa metode produksi yang digunakan efisien.

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian pengaruh beda persentase kaolin pada katalis zeolite alam terhadap *yield* biodiesel mencakup semua langkah yang akan dilakukan untuk menjalankan prosedur penelitian, mengatasi masalah yang muncul, dan menganalisis hasil pengujian *yield* biodiesel. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen di laboratorium yang terdiri dari empat tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pembuatan pelet katalis, tahap produksi biodiesel dan tahap pengujian *yield* biodiesel. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Tahap Persiapan

Mencari dan mempelajari sumber informasi materi teori maupun pratik mengenai penelitian yang akan dilakukan yang dapat berasal dari literatur media cetak dan media *online*. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk menunjang kegiatan penelitian untuk pembuatan pelet, produksi biodiesel, dan pengujian *yield* biodiesel. Pada penelitian ini bahan utama yang digunakan yaitu bahan zeolit alam dan kaolin sebagai *binder* untuk pembuatan katalis pelet, bahan minyak kelapa sawit dan metanol untuk produksi biodiesel. Sementara itu, alat yang dipakai untuk pengujian *yield* biodiesel adalah gelas ukur. Variasi yang digunakan pada pembuatan pelet katalis adalah zeolit 100% dan 80% zeolit + 20% kaolin. Pada proses produksi biodiesel rasio mol minyak kelapa sawit dan metanol yang digunakan adalah sebesar 1:10 dan konsentrasi katalis yang dipakai sebanyak 2%.

2.2 Tahap Pembuatan Pelet Katalis

Batuan zeolit alam yang telah dikumpulkan dilakukan penghalusan menggunakan *electrical powder grinder* (*crushing*). Proses pengeringan dilakukan dengan menjalankan oven pada suhu 110°C selama tiga jam untuk mengurangi tingkat kelembaban dalam bubuk zeolit dan kaolin. Serbuk hasil *crushing* batuan zeolit dan kaolin kemudian dilakukan *meshing* untuk mendapatkan ukuran butir yang serupa. *Meshing* yang digunakan adalah 250 *micron*. Setelah didapatkan ukuran butir yang diinginkan, selanjutnya dilakukan pencampuran serbuk zeolit dan kaolin. Proses pencetakan pelet menggunakan metode kompaksi dengan tekanan 1,5 ton matrik, menggunakan cetakan.

2.3 Tahap Produksi Biodiesel

Pelet katalis zeolit alam, metanol, dan minyak kelapa sawit yang sudah disiapkan sesuai variasi penelitian dicampurkan dengan *magnetic stirrer* pada suhu 60°C pada kecepatan 500 rpm selama 5 jam. Campuran dipindahkan ke tabung sentrifus kemudian dimasukkan ke rotor sentrifus dengan susunan yang simetris. Kecepatan sentrifus diatur pada 3000 rpm dan dijalankan selama 5 menit. Campuran yang sudah di sentrifugasi dimasukkan ke corong pemisah dan didiamkan selama 24 jam sehingga akan terbentuk beberapa lapisan. Biodiesel, yang berupa metil ester sebagai hasil reaksi, dipisahkan dari gliserol dan sisa metanol dengan cara membuka kran pada corong pemisah.

2.4 Tahap Pengujian

Dalam mengukur jumlah biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi, digunakan parameter yang disebut *yield* biodiesel. *Yield* ini mencerminkan efektivitas konversi trigliserida dari minyak nabati atau lemak hewani menjadi metil ester (biodiesel) dan gliserol [8]. Pengukuran *yield* biodiesel dilakukan dengan menggunakan gelas ukur. Persamaan 1 adalah rumus untuk menghitung *yield* biodiesel.

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

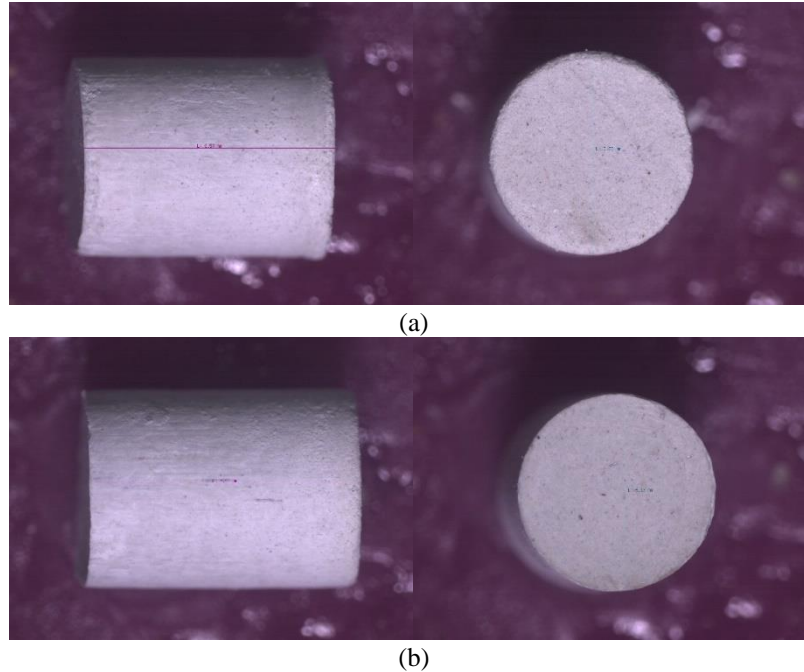
Keterangan :

V_m : Volume minyak kelapa sawit (ml)
 V_{bio} : Volume Biodiesel (ml)

3. Hasil dan Pembahasan

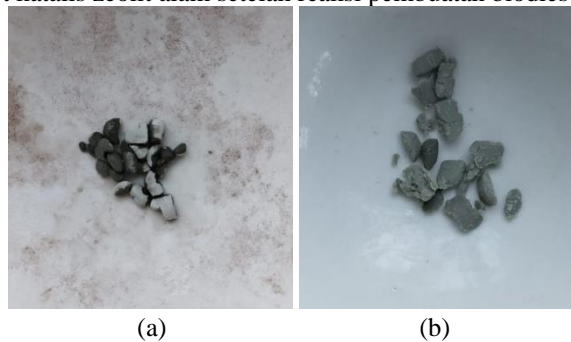
3.1 Perubahan Fisik Pelet Katalis

Pelet katalis yang dihasilkan dengan proses kompaksi memiliki bentuk tabung, sesuai dengan bentuk dies dengan diameter sekitar 5 mm. Berikut merupakan gambar makro dari pelet katalis dengan perbesaran 15x, disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Foto Makro Pelet Katalis (a) Zeolit 100% dan (b) Zeolit 80% dan Kaolin 20%

Setelah digunakan untuk membantu proses reaksi biodiesel, pelet katalis zeolit alam mengalami deformasi dan penyusutan. Perubahan fisik pelet katalis zeolit alam setelah reaksi pembuatan biodiesel ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kondisi Pelet Katalis Setelah Reaksi (a) Zeolit 100% dan (b) Zeolit 80% dan Kaolin 20%

Pelet katalis zeolit alam 100% mengalami deformasi dan penyusutan yang signifikan. Ini menunjukkan bahwa tanpa *binder*, struktur pelet lebih rentan terhadap kerusakan fisik akibat reaksi transesterifikasi yang berlangsung intensif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan [9] menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase *binder* yang digunakan dalam produksi pelet katalis maka semakin tinggi kekuatan mekanis yang dimiliki pelet katalis. Penambahan kaolin sebagai *binder* pada pelet katalis zeolit alam meningkatkan kekuatan mekanis dan stabilitas fisik pelet selama proses transesterifikasi.

3.2 Yield Biodiesel

Perhitungan *Yield* biodiesel dilakukan untuk menampilkan hasil kuantitatif dari proses produksi biodiesel. *Yield* biodiesel disajikan dalam bentuk persentase yang menunjukkan perbandingan antara jumlah biodiesel yang dihasilkan dengan jumlah bahan baku minyak kelapa sawit yang digunakan. Data volume akhir biodiesel dengan variasi dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel.1.

Tabel 1 Data Pengujian *Yield* Biodiesel

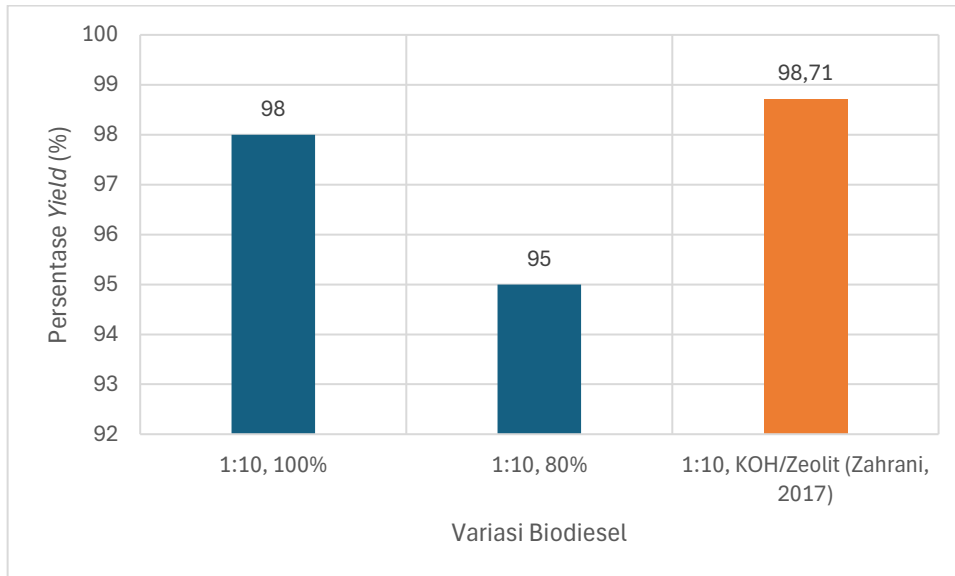
No	Rasio Mol Minyak:Metanol	Zeoli:Kaolin	V _m (ml)	V _{bio} (ml)
1	1 : 10	100:0	50	44,5
2		80:20	50	45

Data pada Tabel 1 kemudian diolah menggunakan Persamaan 1 untuk memperoleh hasil persentase *yield* biodiesel. Hasil perhitungan *yield* biodiesel disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Hasil *Yield* Biodiesel

No	Rasio Mol Minyak:Metanol	Zeoli:Kaolin	<i>Yield</i> (%)
1	1 : 10	100:0	98
2		80:20	95

Gambar 3 mempresentasikan diagram hasil pengujian *yield* biodiesel dengan variasi pelet katalis zeolit alam dan *binder* kaolin.



Gambar 3 Grafik *Yield* Biodiesel

Dari data pada Gambar 3 grafik *yield* biodiesel, terlihat variasi penggunaan katalis juga mempengaruhi kuantitas biodiesel yang dihasilkan. Pada rasio mol 1:10 penggunaan pelet katalis zeolit alam dan *binder* kaolin 80:20 menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 95%. Dengan rasio molar yang sama menggunakan pelet katalis zeolit 100%, *yield* biodiesel meningkat sebesar 3% menjadi 98%. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan katalis pelet zeolit alam 100% menghasilkan *yield* biodiesel yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis yang dicampur dengan *binder* kaolin. Peningkatan *yield* yang terlihat dengan penggunaan zeolit alam 100%. Dalam penelitian yang dilakukan (Zahrani 2017) menggunakan katalis KOH/zeolit alam, ditemukan bahwa jumlah katalis 2% memberikan *yield* biodiesel tertinggi sebesar 98,71% pada suhu 60°C, dan rasio mol minyak dengan metanol 1:10 [10]. Dalam sintesis biodiesel, konsentrasi katalis memainkan peran penting dalam menentukan *yield* biodiesel. Peningkatan konsentrasi katalis dapat meningkatkan *yield* biodiesel, tetapi jika konsentrasi terlalu tinggi, dapat menyebabkan penurunan *yield* biodiesel.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan Kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi pelet katalis zeolit alam setelah digunakan dalam reaksi pembuatan biodiesel menunjukkan deformasi dan penyusutan. Variasi pelet katalis zeolit alam 100% menunjukkan deformasi dan penyusutan yang lebih besar dibandingkan dengan pelet katalis zeolit alam dengan tambahan kaolin 80:20.
2. Penggunaan pelet katalis zeolit alam 100% menghasilkan *yield* biodiesel yang lebih tinggi dibandingkan dengan pelet katalis yang dicampur kaolin 80:20, menunjukkan efisiensi proses transesterifikasi yang lebih baik.

5. Daftar Pustaka

- [1] BPPT, *Indonesia Energy Outlook 2018: Sustainable Energy for Land Transportation*, vol. 134, no. 4. 2018.
- [2] I. Herlina, D. L. Puspitarum, L. Al Qadri, and E. R. Safitra, "Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Fraksi Minyak Cpo (Crude Palm Oil) Parit Terkatalisis Zeolit Alam Lampung," *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.31942/inteka.v7i1.5631.
- [3] A. Faulina F, "Preparasi dan Karakterisasi CaO/Al₃⁺-Bentonit Sebagai Katalis Pada Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L.*)," *Skripsi*, pp. 1–77, 2012.
- [4] D. M. E. L and E. Johar, "STUDI LITERATUR PENGARUH KATALIS CaO/ZEOLITNANOPATIHEL DAN ZnO TERHADAP PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK KEDELAI," 2018.
- [5] I. Aziz, S. Nurbayti, and A. Rahman, "Penggunaan Zeolit Alam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel," *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 4, pp. 511–515, 2012, doi: 10.15408/jkv.v2i4.268.
- [6] Z. H. Sari Ulfayana, Syaiful Bahri, "PEMANFAATAN ZEOLIT ALAM SEBAGAI KATALIS PADA TAHAP TRANSESTERIFIKASI PEMBUATAN BIODIESEL DARI SAWIT OFF GRADE," *Implement. Sci.*, vol. 39, no. 1, pp. 1–15, 2014.
- [7] Arifin and Latifah, "Sintesis Biodiesel Dari Minyak goreng Bekas Dengan menggunakan Katalis Zeolit Alam Termodifikasi," *Indo. J. Chem. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 138–143, 2015, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edaj>
- [8] Z. Sakinah, "KARAKTERISTIK BIODIESEL BERBAHAN MINYAK JELANTAH YANG DIHASILKAN MELALUI VARIASI PERBANDINGAN KADAR METANOL DAN KATALIS," *NIVERSITAS Islam NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [9] T. Rizqi Prihadi and N. S. Iskandar, "Pengaruh Variasi Persentase Binder Kaolin terhadap Sifat Mekanik," vol. 9, no. 2, pp. 171–180, 2021.
- [10] S. Zahrani, D. Mauliyah, P. Retno, and W. Ningsih, "Zeolit Alam Yang Dimodifikasi Dengan Koh Biodiesel Production From Rice Bran Oil By Transesterification Using Heterogeneous Catalyst Natural Zeolite Modified With Koh," vol. 6, no. 1, pp. 12–18, 2017.