

PENGARUH BEDA PERSENTASE KATALIS ZEOLIT ALAM DAN *BINDER* KAOLIN DENGAN KALSINASI TERHADAP NILAI YIELD BIODIESEL BERBAHAN MINYAK GORENG KELAPA SAWIT DENGAN TRANSESTERIFIKASI

***Danny Ferdiana¹, Norman Iskandar², Sulardjaka²**

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: dannyferdiana19@gmail.com

Abstrak

Peningkatan konsumsi bahan bakar diesel untuk kendaraan dan industri meningkatkan potensi biodiesel sebagai alternatif, terutama dari minyak nabati seperti minyak kelapa sawit yang dimana produksi di Indonesia terbesar di dunia. Katalis diperlukan dalam proses transesterifikasi biodiesel, namun umumnya sulit dipisahkan, sehingga katalis heterogen berbahan zeolit alam dapat digunakan. Penambahan binder kaolin bertujuan memperkuat kekuatan mekanis katalis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan mekanis pelet katalis serta kuantitas yield biodiesel dengan variasi komposisi katalis zeolit alam dengan kaolin seberat 1,2%wt serta dikalsinasi. Pelet katalis yang menggunakan paduan *binder* kaolin secara konsisten menunjukkan ketahanan mekanis yang lebih baik dibandingkan dengan pelet katalis yang terbuat dari 100% zeolit alam. Hasil biodiesel dengan rasio metanol:minyak 6:1 dan variasi katalis zeolit alam 100% memiliki yield 99,333%, dimana lebih tinggi dibandingkan jika biodiesel dengan variasi katalis zeolit:kaolin 80:20 yang memiliki yield 98,667%.

Kata Kunci: *binder*; biodiesel; katalis; katalis pelet; zeolit alam

Abstract

The increasing consumption of diesel fuel for vehicles and industry enhances the potential of biodiesel as an alternative, especially from vegetable oils like palm oil, with Indonesia being the largest producer in the world. Catalysts are required in the transesterification process of biodiesel, but they are generally difficult to separate, making heterogeneous catalysts made from natural zeolite a viable option. The addition of kaolin binder aims to strengthen the mechanical properties of the catalyst. This study aims to determine the mechanical strength of catalyst pellets and the biodiesel yield quantity with various compositions of natural zeolite catalysts with 1.2%wt kaolin and calcined. Catalyst pellets using a kaolin binder blend consistently show better mechanical resistance compared to pellets made from 100% natural zeolite. The results show that biodiesel with a methanol:oil ratio of 6:1 and a 100% natural zeolite catalyst variation has a yield of 99.333%, which is higher compared to biodiesel with an 80:20 zeolite:kaolin catalyst variation, which has a yield of 98.667%.

Keywords: *binder*; biodiesel; kaolin; natural zeolite; pellet catalyst

1. Pendahuluan

Sektor energi di hampir semua negara lebih banyak mengandalkan bahan bakar fosil sebagai sumber energi utama yang digunakan dalam jumlah besar di sektor industri, transportasi, dan pertanian. Sebagian besar kebutuhan energi suatu negara dipenuhi oleh sumber energi konvensional yang tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu, menemukan alternatif untuk bahan bakar konvensional adalah *biofuel* yang dapat diperbarui, emisi gas berbahaya yang lebih sedikit, dan biaya produksi lebih rendah dibandingkan bahan bakar konvensional yaitu biodiesel [1].

Bahan baku biodiesel yang berasal dari minyak nabati dan sedang dikembangkan serta berpotensi adalah minyak kelapa sawit. Berdasarkan data dari United States Department of Agriculture (USDA) pada tahun 2023, Indonesia menjadi produsen terbesar di dunia dengan jumlah produksi 47 juta metrik ton. Biodiesel merupakan bahan bakar yang terbuat secara alami dan dapat diperbarui, efisien dalam pembakarannya, dan dapat menggantikan bahan bakar berbasis minyak bumi [2]. Secara umum pembuatan biodiesel akan melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi.

Proses transesterifikasi mereaksikan trigliserida dengan alkohol menjadi metil ester (biodiesel). Proses ini dapat dipercepat dengan penggunaan katalis untuk menurunkan energi aktivasinya, sehingga reaksi ini dapat dilakukan lebih singkat pada produk yang sama. Secara wujud katalis terdiri dari 2 jenis yaitu heterogen dan homogen sedangkan secara tingkat asamnya katalis terdiri dari katalis asam, basa, dan biokatalis. Berdasarkan cara pembuatannya, katalis dibedakan menjadi katalis alami dan sintetis. Katalis asam sebagai opsi karena kestabilan reaksinya, kompatibilitas dengan minyak nabati dan tidak lebih korosif [3].

Katalis heterogen dengan bentuk pelet memiliki stabilitas mekanis dan dapat digunakan berulang. Namun memiliki kesulitan dalam pembuatannya, untuk mengatasinya digunakan bahan perekat [4]. Binder kaolin merupakan bahan pengikat dalam pembuatan katalis untuk produksi biodiesel [5]. Serbuk zeolit yang dibentuk menjadi pelet dengan perlakuan panas menunjukkan reaktivitas lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan kaolin dan perlakuan panas, disebabkan tidak berubahnya fase kaolinit dalam proses tersebut [6]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan mekanis pelet katalis serta kualitas karakterisasi dan kuantitas yield biodiesel dengan variasi komposisi katalis zeolit alam dengan kaolin serta proses kalsinasi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini mencakup bahan pembuatan pelet katalis dan pembuatan biodiesel.

2.1.1 Minyak Goreng Kelapa Sawit

Minyak goreng kelapa sawit yang digunakan menggunakan minyak dengan kandungan FFA 2%, maka digunakan minyak kelapa goreng kelapa sawit dengan merek Sania.



Gambar 1. Minyak Goreng Kelapa Sawit

2.1.2 Zeolit

Zeolit merupakan material yang terbentuk dengan komponen utama susunan tetrahedra kation Si dan oksida Al yang terhubung dengan ion oksigen menjadi unit sekunder dua dimensi dan tiga dimensi. Zeolit diklasifikasikan sebagai mineral berpori dengan kemampuan absorpsinya dan fungsi selektivitasnya [7]. Berdasarkan sumbernya, zeolit terbagi menjadi zeolit alam dan sintetis.



Gambar 2. Zeolit

2.1.3 Kaolin

Kaolin adalah mineral lempung alami yang umumnya berwarna putih atau agak kekuningan dan memiliki tekstur halus serta memiliki sifat absorptif yang baik.



Gambar 3. Kaolin

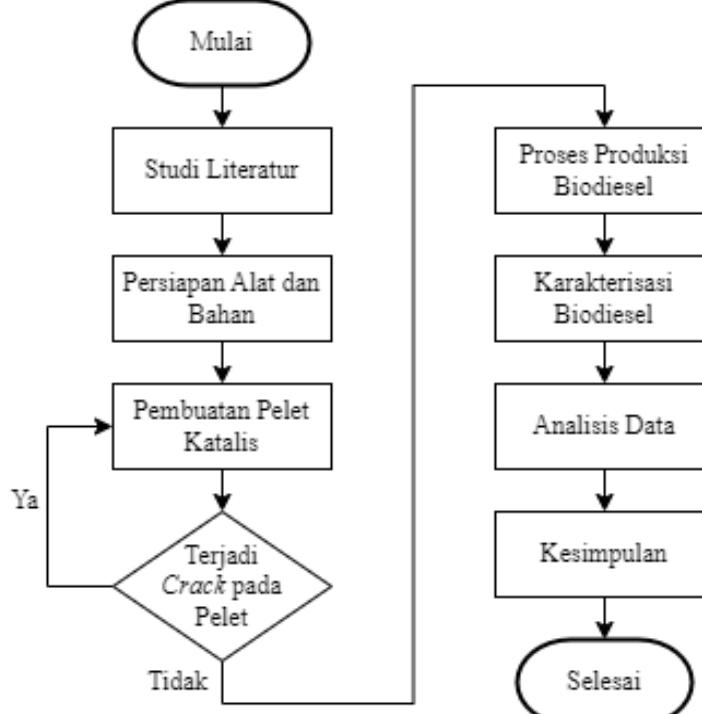
2.1.4 Metanol

Alkohol yang paling sering digunakan adalah methanol [8]. Metanol bukan pelarut yang baik untuk minyak namun kebanyakan peneliti menggunakan metanol sebagai media pengekstrak. Pemilihan ini lebih didasarkan pada harganya yang lebih murah dan rantai paling pendek, sehingga paling reaktif untuk reaksi esterifikasi dan transesterifikasi [9].

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan berbagai tahapan yang mencakup pembuatan pelet katalis, pembuatan biodiesel, dan pengujian kuantitas yield dan kualitas karakterisasi biodiesel. Lebih jelas diagram alir disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

2.2.2 Proses Pembuatan

Proses-proses yang akan dilakukan pada penelitian ini akan dibagi menjadi 2 tahapan proses berurutan, yaitu proses pembuatan pelet katalis dan proses pembuatan biodiesel.

a. Proses Pembuatan Pelet Katalis

Pelet katalis dibuat dengan kompresi bahan menggunakan *hydrolic press machine*. Tahap awal bahan dipanaskan di oven pada suhu 100°C untuk menghilangkan air. Pada penelitian ini dibutuhkan 2 variasi pelet katalis yaitu variasi 100% zeolit alam dengan variasi zeolit:kaolin 80:20, maka untuk variasi zeolit:kaolin 80:20 dibutuhkan proses pengadukan dengan *magnetic stirrer* agar tercampur rata. Bahan tersebut dimasukan ke cetakan *dies* yang selanjutnya di kompresi 1,5 ton. Lalu pelet katalis dikalsinasi dengan *furnace* pada suhu 550°C dengan *holding time* 3 jam untuk menghilangkan air dan zat pengotor serta meningkatkan kekuatan mekanis pelet katalis.

b. Proses Pembuatan Biodiesel

Proses pembuatan biodiesel menggunakan reaktor yang terdiri dari kondensor refluks, *heating mantle*, dan labu leher tiga. Bahan yang dibutuhkan meliputi pelet katalis, metanol, dan minyak goreng kelapa sawit merek Sania. Ketiga bahan tersebut dipanaskan serta diaduk menggunakan reaktor pada suhu 60°C selama 5 jam. Dibutuhkan 36,431ml metanol dan 75ml minyak untuk variasi rasio molar metanol:minyak 6:1.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Karakterisasi Fisik Katalis

Pengujian katalis akan meliputi uji perubahan massa, perubahan dimensi, dan uji visual katalis untuk melihat perubahan fisik katalis sebelum dan sesudah reaksi berlangsung.

3.1.1 Pengujian Massa Katalis

Pengujian ini dihitung pada pelet katalis sebelum dan sesudah pemakaian pada pembuatan biodiesel yang dihitung secara sederhana dengan timbangan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Massa Katalis

| No | Rasio Metanol:Minyak | Variasi Zeolit:Kaolin | m_k (g) | m'_k (g) | Depresiasi (g) | Depresiasi (%) |
|----|----------------------|-----------------------|-----------|------------|----------------|----------------|
| 1 | 6 : 1 | 100% | 0,906 | 0,836 | 0,0700 | 7,726 |
| 2 | | 80:20, 80% | 0,891 | 0,870 | 0,0210 | 2,244 |

Dari Tabel 1 diperoleh bahwa, kekuatan mekanis pelet katalis dengan paduan *binder* kaolin meningkat. Sementara itu, rasio molar metanol:minyak yang lebih besar juga meminimalkan pengurangan massa pelet katalis.

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

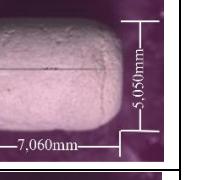
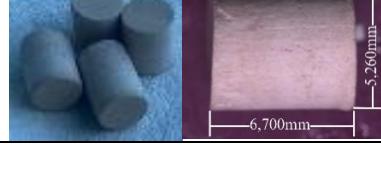
Yield diperoleh dengan membandingkan volume biodiesel yang dihasilkan V_{bio} dengan volume minyak yang dipakai V_m . Data Tabel 1 selanjutnya diolah dengan Persamaan 1 dan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Dimensi Katalis

| No | Rasio Metanol:Minyak | Variasi Zeolit:Kaolin | PxD (mm) | P'xD' (mm) | Depresiasi Panjang (%) | Depresiasi Diameter (%) |
|----|----------------------|-----------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | 6 : 1 | 100% | 7,090x5,290 | 7,060x5,050 | 0,423 | 4,536 |
| 2 | | 80:20, 80% | 6,700x5,260 | 6,680x5,060 | 0,298 | 3,802 |

Tabel 2 menunjukkan korelasi yang sesuai dengan Tabel 1, dimana pada pelet katalis dengan paduan kaolin mengalami depresiasi dimensi lebih sedikit yang artinya kekuatan mekanisnya lebih baik. Serupa, rasio molar minyak:metanol berlebih dapat meminimalkan depresiasi massa pelet katalis.

Tabel 3. Hasil Pengujian Visual Katalis

| No | Rasio Metanol:Minyak | Variasi Zeolit:Kaolin | Sebelum Reaksi | | Setelah Reaksi | |
|----|----------------------|-----------------------|--|---|---|---|
| 1 | 6 : 1 | 100% |  |  |  |  |
| 2 | | 80:20 |  |  |  |  |

Tabel 3 menunjukkan pelet katalis zeolit alam 100% atau tanpa paduan kaolin memiliki kekuatan lebih lemah dengan patahnya salah satu katalis di kedua variasi molar metanol. Secara konsisten, pelet katalis dengan paduan *binder* kaolin menunjukkan kekuatan mekanis yang lebih baik.

3.2 Pengujian Yield Biodiesel

Percentase yield dihitung setelah sampel biodiesel berhasil diperoleh karena diperlukan data volume minyak yang digunakan dan volume biodiesel. Selanjutnya data perolehan akan dibandingkan dengan pengujian lain yang dilakukan Oko (2018). Data yang dibutuhkan dalam perhitungan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Pengujian Yield Biodiesel

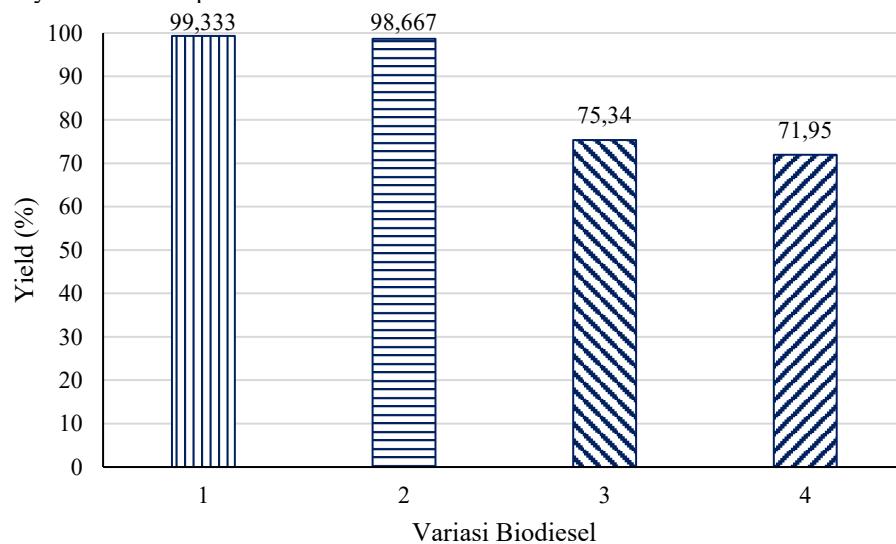
| No | Rasio Metanol:Minyak | Katalis | Massa Katalis (wt%) | V _m (ml) | V _{bio} (ml) |
|----|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 1 | 6 : 1 | Zeolit alam 100% | 1,2 | 75,000 | 74,500 |
| 2 | | Zeolit:Kaolin 80:20 | 1,2 | 75,000 | 74,000 |
| 3 | | CaO Superbasa | 1,5 | 100,000 | 75,340 |
| 4 | | CaO Superbasa | 2 | 100,000 | 71,950 |

Dari data pada Tabel 4, perhitungan yield biodiesel selanjutnya dilakukan menggunakan Persamaan 1 dan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Biodiesel

| No | Rasio Metanol:Minyak | Variasi Zeolit:Kaolin | Yield (%) |
|----|----------------------|-----------------------|-----------|
| 1 | 6 : 1 | Zeolit alam 100% | 99,333 |
| 2 | | Zeolit:Kaolin 80:20 | 98,667 |
| 3 | | CaO Superbasa | 75,340 |
| 4 | | CaO Superbasa | 71,950 |

Dari Tabel 5, secara konsisten menunjukkan bahwa penambahan kaolin pada pelet katalis zeolit menghasilkan persentase yield biodiesel yang tidak lebih baik dari pelet katalis zeolit alam 100% di setiap variasi rasio molar metanol. Selain itu, penambahan metanol secara konsisten dapat meningkatkan efektivitas pembuatan biodiesel [10]. Selanjutnya disajikan grafik dari yield biodiesel pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Yield Biodiesel

4. Kesimpulan

Hasil pengujian-pengujian tersebut selanjutnya ditarik kesimpulan dengan fokus penelitian pada biodiesel hasil dari variasi kandungan pelet katalis dan rasio metanol pada reaksi transesterifikasi biodiesel.

1. Pelet katalis dengan paduan kaolin sebagai *binder* dapat meningkatkan kekuatan mekanis yang ditunjukkan dengan deresiasi massa dan dimensi serta kerusakan secara visual yang minim.
2. Pelet katalis dengan komposisi zeolit alam 100% menghasilkan persentase yield yang lebih besar dibandingkan pelet katalis dengan paduan kaolin sebagai binder.

5. Daftar Pustaka

- [1] Monika, Banga, S., & Pathak, V. V. (2023). Biodiesel production from waste cooking oil: A comprehensive review on the application of heterogeneous catalysts. *Energy Nexus*, 10, 100209. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100209>.
- [2] Ayoob, A. K., & Fadhil, A. B. (2019). Biodiesel production through transesterification of a mixture of non-edible oils over lithium supported on activated carbon derived from scrap tires. *Energy Conversion and Management*, 201, 112149. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN>.
- [3] Wang S, Zhao C, Shan R, Wang Y, Yuan H. A novel peat biochar supported catalyst for the transesterification Reaction. *Energy Convers Manage* 2017;139:89–96.
- [4] Fajri, Fadhli et al. (2023). Pengaruh Dosis Perekat terhadap Kandungan Nutrient Ransum Ayam Petelur Berbentuk Pelet. *AGRIBIOS*, [S.I.], v. 21, n. 2, p. 207-214, nov. 2023. ISSN 2723-7044. <https://doi.org/10.36841/agribios.v21i2.3707>.
- [5] Wulansari et al. (2016). Penggunaan Jenis Binder terhadap Kualitas Fisik Pakan Udang. *Jurnal Perikanan Kelautan* Vol. VII No. 2.
- [6] Whiting, G. T., Chowdhury, A. D., Oord, R., Paalanen, P., & Weckhuysen, B. M. (2016). The curious case of zeolite-clay/binder interactions and their.
- [7] Ferrero, G.O., Rojas, H.J., Argarana, C.E., and Eimer, G.A. 2016. Towards Sustainable Biofuel Production: Design of New Biocatalyst to Biodiesel Synthesis from Waste Oil and Commercial Ethanol. *Journal of Cleaner Production* 139 (2016) 495-503.
- [8] Ningsih, E., Suparto. 2017. Karakteristik Biodiesel dengan Menggunakan Etanol Konsentrasi Rendah. *Journal of Research and Technology*, Vol. 3 No. 1.
- [9] Coniwanti et al., (2019). The Effect of Catalyst type, Molar Ratio, and Transesterification Time in Producing Biodiesel from Beef Tallow. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- [10] Musa, I. A. (2016). The effects of alcohol to oil molar ratios and the type of alcohol on biodiesel production using transesterification process. *Egyptian journal of petroleum*, 25(1), 21-31.