

Proses *Transesterification in Situ* Dua Tahap *Spent Bleaching Earth* Menjadi Biodiesel

Muhammad Chapis Abdilla T, Mustain Zamhari*, Martha Aznury

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Koresponden email: mustain_z@polsri.ac.id

Diterima: 16 April 2026

Disetujui: 24 April 2026

Abstract

This research aims to produce biodiesel from SBE through a two-stage in situ transesterification, which combines the oil extraction and transesterification reaction processes in a single sequence. The process was carried out systematically in the laboratory of the Chemical Engineering Department at Sriwijaya State Polytechnic, with variations in reaction time (45, 50, 55, and 60 minutes) and stirring speed (500, 550, and 600 rpm) as independent variables. The combination of 60 minutes reaction time and 600 rpm stirring speed yielded the highest % yield of 59.8%, a density of 0.8759 g/cm³, and the highest cetane number of 78.9, which meets the quality standards of SNI 7182:2015. In addition, the viscosity value and flash point are also within the appropriate range for good biodiesel characteristics. This study demonstrates that the utilization of SBE waste for biodiesel production not only provides a solution to the issue of B3 waste but also contributes to the development of renewable alternative energy.

Keywords: *biodiesel, spent bleaching earth, in situ transesterification, renewable energy, hazardous waste*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menghasilkan biodiesel dari SBE melalui transesterifikasi in situ dua tahap, yang menggabungkan proses ekstraksi minyak dan reaksi transesterifikasi dalam satu rangkaian. Proses tersebut dilakukan secara sistematis di laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, dengan variasi waktu reaksi (45, 50, 55, dan 60 menit) dan kecepatan pengadukan (500, 550, dan 600 rpm) sebagai variabel bebas. Kombinasi waktu 60 menit dan kecepatan pengadukan 600 rpm menghasilkan % yield tertinggi sebesar 59,8%, densitas mencapai 0,8759 g/cm³, dan angka setana (cetane number) tertinggi sebesar 78,9, yang telah memenuhi standar mutu SNI 7182:2015. Selain itu, nilai viskositas dan titik nyala juga berada dalam rentang yang sesuai untuk karakteristik biodiesel yang baik. Penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan limbah SBE untuk produksi biodiesel bukan hanya memberikan solusi terhadap persoalan limbah B3, tetapi juga berkontribusi dalam pengembangan energi alternatif terbarukan.

Kata Kunci: *biodiesel, spent bleaching earth, transesterifikasi in situ, energi terbarukan, limbah b3*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara produsen *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia dengan kapasitas produksi mencapai 47.120.247 ton pada tahun 2019 dan untuk tahun 2023 mencapai 47.080.000 ton [1]. Total produksi tersebut setara dengan 57% total produksi CPO dunia, menjadikan Indonesia sebagai urutan pertama negara penghasil CPO [2]. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan RI (2021) pada tahun 2018 volume ekspor minyak sawit mentah atau CPO sebanyak 7.401.796 ton, volume ekspor produk turunan CPO sebanyak 20.877.554 ton dan 18.840.897 ton CPO untuk konsumsi domestik [3].

Dalam produksi CPO ada namanya Rafinasi (*Refinery*) atau proses pemurnian adalah proses untuk menghilangkan zat-zat yang tidak di kehendaki yang ada dalam CPO yang mana salah satu prosesnya adalah pemucatan (*bleaching*) dengan penambahan bahan berupa *bleaching earth* dan akan menghasilkan limbah yang disebut *Spent Bleaching Earth* (SBE) yang tidak dapat digunakan lagi untuk proses *bleaching* selanjutnya [4]. Pada proses pemucatan (*bleaching*) menambahkan berupa *bleaching earth* dengan kadar kisaran 0,5-2,0% dari berat CPO yang diproses. Jika dilihat dari data pada tahun 2023 dimana produksi CPO di Indonesia mencapai 47.080.000 ton maka diperlukan kisaran 235.400 – 941.600 ton *bleaching earth* yang digunakan [5].

Spent Bleaching Earth (SBE) bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif dikarenakan *Spent Bleaching Earth* (SBE) hasil samping dari proses pemucatan minyak sawit masih mengandung sebesar 20-40% residu minyak sawit [6]. Oleh sebab itu, limbah B3 *Spent Bleaching Earth* (SBE) yg terdapat pada **Gambar 1** dapat digunakan untuk pembuatan bahan bakar alternatif berupa biodiesel.



Gambar 1. *Spent Bleaching Earth (SBE)*

Proses produksi biodiesel dari SBE dapat melalui proses transesterifikasi in situ dua tahap terdiri dari proses esterifikasi dimana terjadinya reaksi antara asam lemak bebas dengan metanol membentuk metil ester dengan bantuan katalis asam (HCl) dan proses transesterifikasi yang bertujuan untuk mengkonversi trigliserida menjadi alkil ester dengan reaksi dengan methanol dan menghasilkan produk samping berupa gliserol dengan bantuan katalis basa (KOH) [7].

2. Metode Penelitian

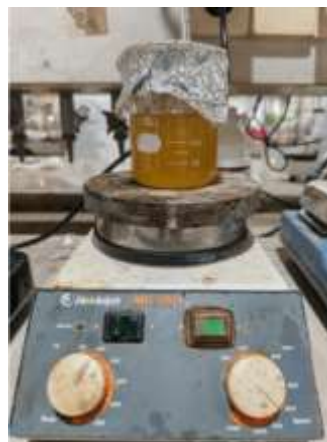
Penelitian ini menggunakan bahan utama *Spent Bleaching Earth (SBE)* sebagai sumber minyak untuk pembuatan biodiesel. Variabel penelitian terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap meliputi konsentrasi katalis (1% dan 1,5%) serta suhu reaksi sebesar 60°C. Variabel bebas yang diuji adalah waktu reaksi (45, 50, 55, dan 60 menit) dan kecepatan pengadukan (500, 550, dan 600 rpm).

2.1 Bahan

Bahan kimia yang digunakan meliputi n-heksana sebagai pelarut ekstraksi, metanol sebagai reaktan, serta katalis asam HCl (1%) dan katalis basa KOH (1,5%). Selain itu digunakan indikator fenolftalein (PP) dan larutan KOH 0,1 N untuk analisis kadar asam lemak bebas (FFA), serta aquadest panas untuk proses pencucian.

2.2 Proses Ekstraksi SBE, FFA, dan Transesterifikasi in Situ

Metode penelitian diawali dengan ekstraksi minyak dari SBE menggunakan metode sokletasi dengan n-heksana pada suhu sekitar 90°C selama tujuh siklus, kemudian dilanjutkan dengan proses destilasi pada suhu 80°C untuk memisahkan pelarut. Minyak hasil ekstraksi kemudian dipisahkan menggunakan corong pisah dan didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan analisis FFA melalui titrasi setelah pemanasan dengan metanol dan penambahan indikator PP. Pembuatan biodiesel dilakukan melalui proses *transesterifikasi in situ* seperti pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. *Proses Transesterifikasi In Situ*

Tahap awal berupa esterifikasi menggunakan katalis asam HCl 1% pada suhu 60°C selama 45 menit, kemudian gliserol dipisahkan. Proses dilanjutkan dengan transesterifikasi menggunakan katalis basa KOH 1,5% dengan variasi waktu dan kecepatan pengadukan. Produk akhir dipisahkan dari gliserol, dicuci

menggunakan aquadest panas, dan didiamkan selama 24 jam untuk memperoleh biodiesel. Biodiesel yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut ini.



Gambar 3. Biodiesel

2.3 Analisa Kualitas Biodiesel

Analisis kualitas biodiesel meliputi parameter rendemen (% yield), densitas, viskositas, angka setana, dan titik nyala. Rendemen dihitung dengan membandingkan massa biodiesel yang diperoleh terhadap massa minyak awal setelah proses reaksi dan pemisahan.

2.4 Analisa Densitas (ASTM D1298-12b. (2012))

Pengujian densitas dilakukan menggunakan piknometer dengan membandingkan massa aquadest dan sampel biodiesel untuk menentukan volume dan massa jenis. Viskositas dianalisis menggunakan viskometer dengan mengukur waktu alir sampel, kemudian dihitung viskositas dinamis dan dikonversi menjadi viskositas kinematik. Seluruh pengukuran dilakukan secara triplo untuk memperoleh nilai rata-rata.

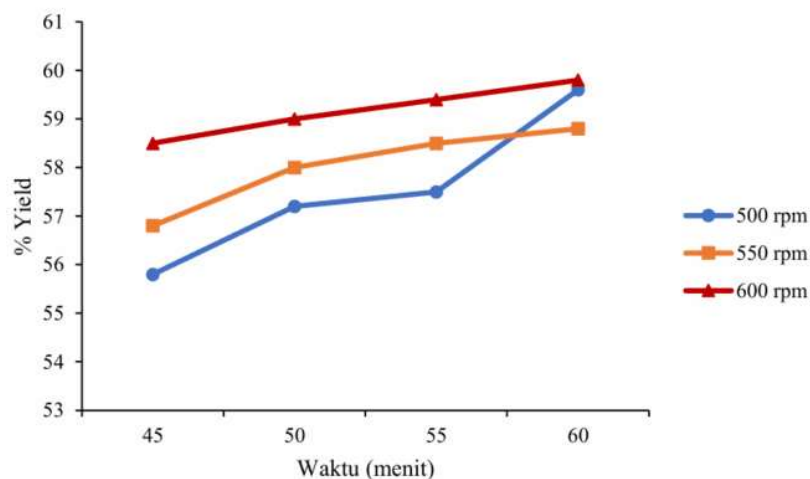
2.5 Analisa Viskositas (ASTM D445-19a. (2019))

Angka setana ditentukan menggunakan alat cetane tester dengan membaca nilai langsung dari sampel biodiesel. Titik nyala dianalisis menggunakan metode cawan Cleveland dengan memanaskan sampel hingga muncul percikan api, kemudian dicatat suhu saat pertama kali terjadi nyala.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap % Yield

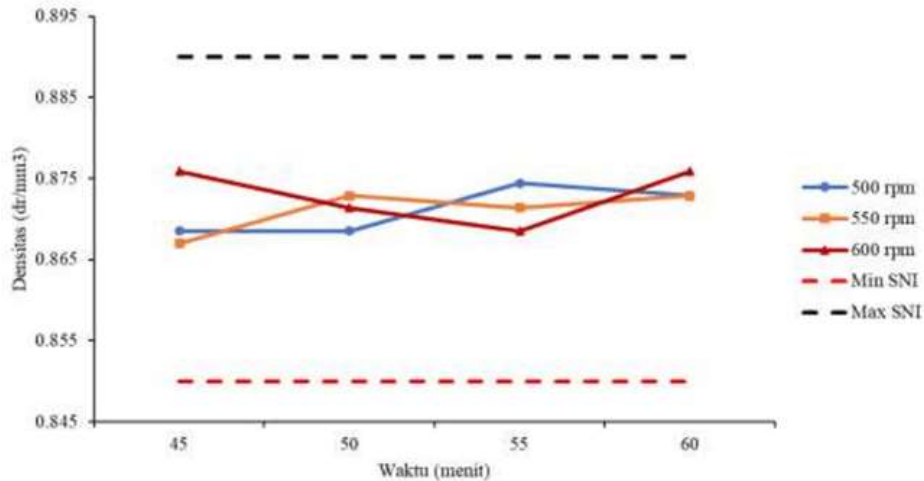
Peningkatan waktu reaksi dan kecepatan pengadukan memberikan pengaruh positif terhadap yield biodiesel. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya frekuensi tumbukan antar molekul reaktan sehingga mempercepat reaksi transesterifikasi [8]. Kondisi optimum diperoleh pada 60 menit dan 600 rpm, yang menunjukkan bahwa kombinasi waktu reaksi yang cukup dan pengadukan intensif mampu meningkatkan efisiensi konversi minyak menjadi biodiesel [9]. Grafik pada **Gambar 4** menunjukkan dibawah ini menunjukkan pengaruh waktu reaksi dan kecepatan pengadukan terhadap persen yield.



Gambar 4. Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap % Yield

3.2 Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Nilai Densitas

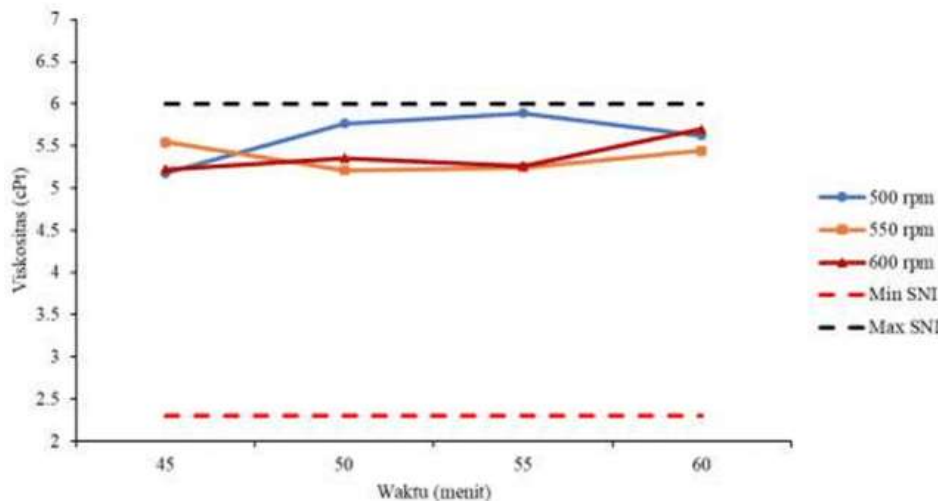
Densitas biodiesel dipengaruhi oleh komposisi metil ester dan kandungan pengotor seperti gliserol dan air. Peningkatan waktu reaksi cenderung meningkatkan densitas karena konversi reaktan menjadi produk semakin sempurna. Namun, kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terbentuknya emulsi yang mempengaruhi kestabilan densitas [10]. Pengaruh tersebut ditampakkan melalui grafik pada **Gambar 5** berikut ini.



Gambar 5. Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Nilai Densitas

3.3 Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Nilai Viskositas

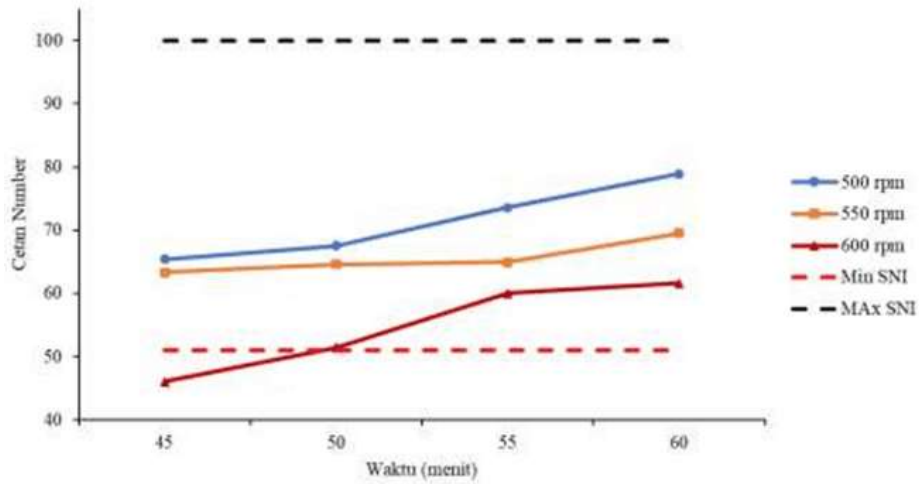
Viskositas biodiesel dipengaruhi oleh struktur molekul dan komposisi asam lemak. Peningkatan waktu reaksi umumnya meningkatkan viskositas akibat terbentuknya produk yang lebih homogen [11]. Akan tetapi, pada kecepatan pengadukan tinggi terjadi fluktuasi viskositas akibat efek gaya geser yang dapat memecah interaksi antar molekul [12]. Pengaruh waktu reaksi dan kecepatan pengadukan terhadap nilai viskositas dapat dilihat **Gambar 6** dibawah ini.



Gambar 6. Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Nilai Densitas

3.4 Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Cetane Number

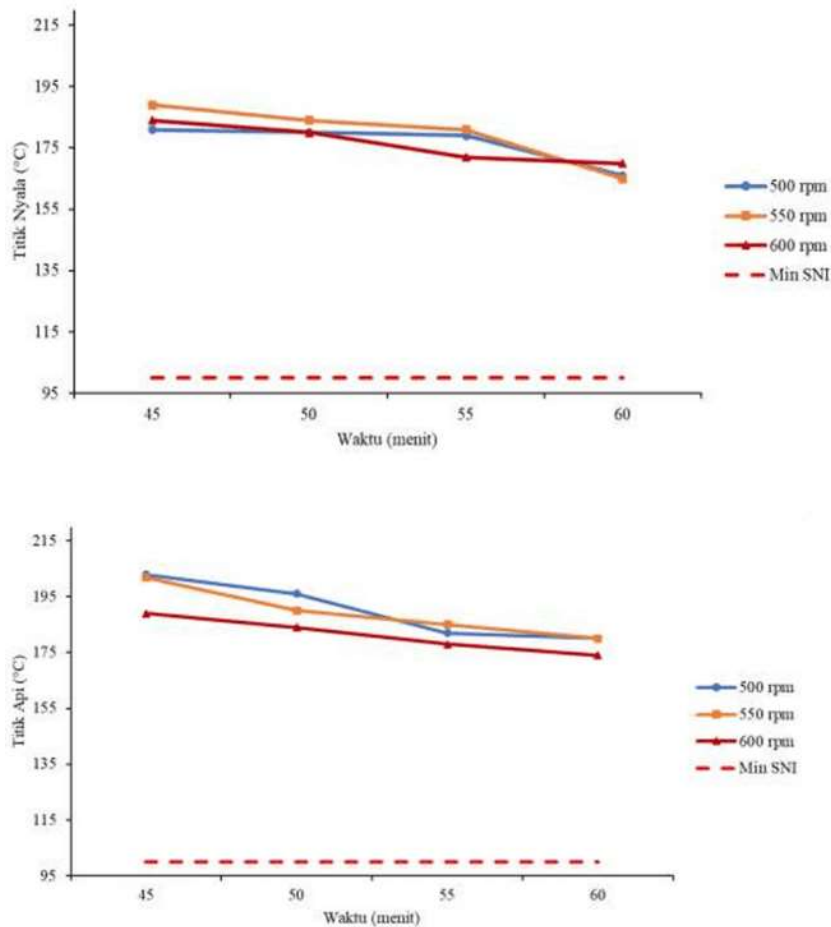
Cetane number meningkat dengan bertambahnya waktu reaksi, yang menunjukkan peningkatan kualitas pembakaran biodiesel. Nilai optimum diperoleh pada kecepatan pengadukan sedang (500 rpm), di mana reaksi berlangsung lebih stabil [13]. Sebaliknya, kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat menurunkan cetane number akibat kemungkinan degradasi senyawa ester [14]. Hal tersebut ditunjukkan **Gambar 7** berikut ini.



Gambar 7. Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Cetane Number

3.4 Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Titik Nyala dan Titik Api

Titik nyala dan titik api dipengaruhi oleh kandungan senyawa volatil dalam biodiesel. Kondisi optimum diperoleh pada 45 menit dan 550 rpm, yang menunjukkan bahwa keseimbangan antara waktu reaksi dan kecepatan pengadukan menghasilkan biodiesel dengan kestabilan termal yang baik. Pengadukan berlebih dan waktu reaksi yang terlalu lama dapat meningkatkan volatilitas sehingga menurunkan nilai titik nyala dan titik api [15]. Pengaruh tersebut ditunjukkan grafik pada **Gambar 8** dibawah ini.



Gambar 8. Pengaruh Waktu Reaksi dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Titik Nyala dan Titik Api

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa biodiesel yang dihasilkan dari *Spent Bleaching Earth (SBE)* melalui metode transesterifikasi *in situ* dua tahap menggunakan katalis HCl dan KOH dengan variasi waktu reaksi (45, 50, 55, dan 60 menit) serta kecepatan pengadukan (500, 550, dan 600 rpm) telah memenuhi standar SNI 7182:2015.

Selain itu, variasi waktu reaksi memengaruhi kualitas biodiesel, yang ditunjukkan oleh nilai *yield* tertinggi sebesar 59,8% pada waktu reaksi 60 menit, densitas tertinggi sebesar 0,8759 g/cm³ pada waktu reaksi yang sama, serta *cetane number* tertinggi sebesar 78,9 yang juga diperoleh pada waktu reaksi 60 menit. Sementara itu, variasi kecepatan pengadukan turut berpengaruh terhadap kualitas biodiesel, dengan *yield* dan densitas tertinggi masing-masing sebesar 59,8% dan 0,8759 g/cm³ pada 600 rpm, sedangkan *cetane number* tertinggi diperoleh pada kecepatan pengadukan 500 rpm.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, pihak laboratorium, dan para rekan penelitian Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberikan wawasan dan keahlian yang sangat membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

6. Daftar Singkatan

SBE	<i>Spent Bleaching Earth</i>
FFA	<i>Free Fatty Acid</i>
CPO	<i>Crude Palm Oil</i>

7. Referensi

- [1] Abbas, M., Ramadhani, A., & Syahputra, H. (2019). Pengaruh variasi waktu reaksi terhadap yield biodiesel dari minyak jelantah. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(2), 35–42.
- [2] Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2016). *Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 211–245.
- [3] Fauzan, R., Safitri, D., & Darmawan, I. (2022). Pemanfaatan spent bleaching earth untuk produksi biodiesel. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 19(1), 45–51.
- [4] Gani, R., Handayani, I., & Sutrisno, H. (2022). Kajian esterifikasi dan transesterifikasi *in situ* spent bleaching earth menjadi biodiesel. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 12(2), 89–96.
- [5] Ghazali, W. N. W., Mamat, R., Yusof, T. M., & Najafi, G. (2021). *Effects of biodiesel blends on engine performance and exhaust emissions in diesel engines: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1487–1492.
- [6] Gupta, A. R., & Agarwal, A. K. (2021). *Performance of biodiesel and blends in compression ignition engines: A review*. *Renewable Energy*, 163, 632–651.
- [7] S. Sahu and P. K. Samanta, “Peak Profile Analysis of X-ray Diffraction Pattern of Zinc Oxide Nanostructure,” *J. Nano- Electron. Phys.*, vol. 13, no. 5, pp. 1–4, 2021.
- [8] Gupta, A. R., Sagar, D. V., & Naik, S. N. (2017). *Biodiesel production techniques using spent bleaching earth and free fatty acids*. *Bioresource Technology*, 98(3), 305–311.
- [9] R. Adolph, “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia,” pp. 1–23, 2019.
- [10] Hasan, F., Fitria, A., & Wirawan, S. S. (2021). Efektivitas bleaching earth dalam pemurnian minyak sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(1), 53–61.
- [11] Mahajan, R., Deshpande, N. V., & Kulkarni, S. (2018). *Impact of operating parameters on cetane number of biodiesel: A review*. *Fuel*, 224, 553–565.
- [12] K. Kasim, “Pengaruh Massa Zeolit Dan Waktu Inkubasi Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Kadar BOD dan COD,” pp. 1–42, 2018.
- [13] Meher, L. C., Sagar, D. V., & Naik, S. N. (2006). *Technical aspects of biodiesel production by transesterification—A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(3), 248–268.
- [14] Prakoso, T. A., Hadiyanto, H., & Aziz, M. (2024). *Biodiesel production from spent bleaching earth using solvent extraction and transesterification*. *Energy Procedia*, 202, 104–110.
- [15] Putri, F. A., Pambudi, N. A., & Mulyono, H. (2023). Reaktivasi termal bleaching earth bekas untuk penggunaan ulang. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi*, 12(1), 21–27.