Asian Journal of
Science, Technology, Engineering, and Art

e-ISSN : 3025-4507
p-ISSN : 3025-5287
Index : Harvard, Boston, Sydney University, Dimensions, Lens, Scilit, Semantic, Google, etc

https://doi.org/10.58578/AJSTEA.v1i2.1912

# PENGARUH KONVERSI MINYAK SAWIT MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS ABU LIMBAH BOILER

The Influence of Palm Oil Conversion into Biodiesel Using Boiler Waste as a Catalyst

**Bayu Rahmat & Sri Rizki Putri Primandari**
Universitas Negeri Padang, Indonesia
bayrhmat4@gmail.com

**Article Info:**

| Submitted: | Revised: | Accepted: | Published: |
|---|---|---|---|
| Oct 6, 2023 | Oct 10, 2023 | Oct 13, 2023 | Oct 16, 2023 |

**Abstract**

Biodiesel is one of the various alternative energy options to replace the role of diesel or petroleum. Using the basic ingredient, namely palm oil, which is renewable and more environmentally friendly. The palm oil used is not used cooking oil because the focus of this research is to test the effect of boiler waste ash as a catalyst so that the esterification stage can be skipped and focuses on the transesterification stage. The catalyst commonly used today is a homogeneous catalyst that is produced and has a negative impact if there is too much residual substance. Currently, there is not much use for boiler waste ash so much of it is wasted as waste and it is known that boiler waste ash is alkaline and contains alkaline substances so that it can be used as a heterogeneous catalyst to replace homogeneous catalysts. At this tranesterification stage, two types of treatment are given, namely variations in temperature and catalyst concentration to see the best comparison of the several types of samples. The transesterification stage uses a 1:1 ratio of oil and methanol and the addition of 1% KOH. The results of this stage produce biodiesel with characteristics, namely a density ranging between 854-859 Kg/m3 and a viscosity in the range 3,32-4,47 mm2/s, which meets SNI biodiesel standards. From this research, it can be concluded that boiler waste ash has the potential as a heterogeneous


AJSTEA Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

catalyst in making biodiesel, replacing homogeneous catalysts and adding to the processing of palm oil boiler waste.

**Keywords**: Biodiesel, Heterogeneous Base Catalyst, Boiler Waste Ash, Density Test, Viscosity Test

**Abstrak** : Biodiesel merupakan salah satu opsi dari berbagai macam energi alternatif untuk menggantikan peranan minyak solar atau minyak bumi. Menggunakan bahan dasar yaitu minyak sawit yang dapat diperbaharui dan lebih ramah lingkungan. Minyak sawit yang digunakan bukan minyak jelantah dikarenakan fokus penelitian ini untuk menguji pengaruh abu limbah boiler sebagai katalis sehingga tahap esterifikasi bisa dilewati dan berfokus pada tahap transesterifikasi. Katalis yang umum digunakan saat ini adalah katalis homogen yang diproduksi dan memiliki dampak negatif jika zat sisanya terlalu banyak. Abu limbah boiler saat ini belum banyak pemanfaatannya sehingga banyak terbuang menjadi limbah saja dan diketahui abu limbah boiler tersebut bersifat basa dan memiliki kandungan zat basa sehingga bisa menjadi katalis heterogen menggantikan katalis homogen. Pada tahap tranesterifikasi ini diberikan dua macam treatment yaitu variasi suhu dan konsentrasi katalis untuk melihat perbandingan terbaik dari beberapa jenis sampel tersebut. Tahap transesterifikasi menggunakan rasio minyak dan metanol 1:1 dan penambahan KOH sebesar 1%. Hasil tahap tersebut menghasilkan biodiesel dengan karakteristik yaitu densitas yang berkisar antara 854-859 Kg/m3 dan viskositas pada rentang 3,32-4,47mms/s yang memenuhi standar biodiesel SNI. Dari penelitian tersebut bisa diambil kesimpulan bahwa abu limbah boiler memiliki potensi sebagai katalis heterogen dalam pembuatan biodiesel menggantikan katalis homogen dan menambah pengolahan limbah boiler sawit.

**Kata Kunci** : Biodiesel, Katalis Basa Heterogen, Abu Limbah Boiler, Uji Densitas, Uji Viskositas

## PENDAHULUAN

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif pengganti diesel yang terdiri dari turunan senyawa ester (Panjaitan, 2017).Minyak nabati memiliki kemungkinan cukup besar dalam memberikan alternatif bahan bakar mesin diesel. Didasari Indonesia sebagai negara yang memiliki sumber minyak nabati yang kaya membuat Indonesia berpeluang untuk melakukan pengembangan bahan bakar alternatif ini secara luas (Hidayati et al., 2017). Mempunyai keunggulan rendahnya kandungan senyawa aromatic dan sulfur, bersifat biodegradable, dan memiliki nilai setane number yang tinggi (Gerpen, 2005),dan lebih ramah lingkungan karena rendahnya emisi gas seperti $CO_2$. (Duffield, 2007).

Minyak goreng kelapa sawit adalah minyak hasil dari pengolahan CPO atau *Crude Palm Oil* yang telah melalui proses seperti *Degumming* untuk menghilangkan getah yang terdapat pada CPO (Astrie, 2017).Pada tahun 2021 di Indonesia terdapat sekitar 14,62 juta hektar area perkebunan kelapa sawit yang tersebar diseluruh Indonesia dan menghasilkan minyak sawit CPO sebanyak 51,3 juta ton pada tahun yang sama dengan rincian

penggunaan untuk konsumsi pangan sekitar 8,95 juta ton dan untuk pengolahan biodiesel langsung sekitar 7,34 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2021).

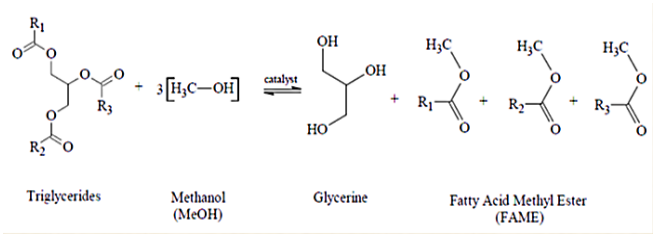
Abu limbah boiler sawit merupakan abu yang telah melalui proses pembakaran cangkang kelapa sawit pada suhu 700-800°C pada dapur tungku boiler (Reza et al., 2014). Limbah padat berupa abu hasil pembakaran ini umumnya digunakan hanya ditimbun (*landfill*) dan belum bisa menyelesaikan masalah pemanfaatan limbah tersebut (S. Suprapto, 2009). Salah satu dari pemanfaatan yang bisa dilakukan adalah sebagai katalis untuk pembuatan biodiesel. Memiliki pH basa dan senyawa berikut,

**Tabel 1.** Kandungan Abu Limbah Boiler Sawit

| No | Kandungan | Kadar (%) |
|---|---|---|
| 1 | $K_2O$ | 30 |
| 2 | $Na_2O$ | 26 |
| 3 | CaO | 1,55 |
| 4 | $Al_2O_3$ | 10,99 |
| 5 | MgO | 3,02 |
| 6 | $P_2O_5$ | 0,84 |
| 7 | $Fe_2O_3$ | 0,11 |
| 8 | N | 0,72 |
| 9 | Mg | 0,62 |

Pada Tabel 1 abu limbah boiler diketahui memiliki kandungan utama seperti $K_2O$, CaO, dan $Al_2O_3$ yang merupakan senyawa basa yang juga terdapat pada berbagai katalis heterogen lainnya seperti CaO pada kulit cangkang telur dll. Beberapa kandungan senyawa tersebut membuat abu boiler memiliki potensi untuk menjadi salah satu opsi dari katalis basa heterogen untuk biodiesel.

Reaksi transesterifikasi adalah reaksi kimia yang terjadi antara alkohol dengan trigliserida dengan bantuan dari katalis untuk menghasilkan *mono-ester* yang disebut juga dengan biodiesel (Brennan & Owende, 2010). Hal tersebut mengakibatkan menurunnya viskositas trigliserida tersebut.




**Gambar 1** Reaksi transesterifikasi menggunakan metanol, $R_1$, $R_2$ dan $R_3$merupakan jenis asam lemak saling terikat membentuk trigliserida

Gambar 1 menjelaskan bagaimana katalis berperan sebagai pembentuk reaksi dari trigliserida dan alkohol. Katalis tersebut berperan dalam membantu memecahkan trigliserida dengan bantuan alkohol hingga terpecah menjadi metil ester atau FAME.

**Triglyceride + ROH ⇌ Diglyceride + $RCOOR_1$**

**Diglyceride + ROH ⇌ Monoglyceride + $RCOOR_2$**

**Monoglyceride + ROH ⇌ Glyceride + $RCOOR_3$**

**Gambar 2.** Langkah-langkah perubahan trigliserida menjadi FAME (*fatty acid alkyl ester*) dan *glycerine*. R adalah grup alkil dari alkohol.

Gambar 2 menjelaskan detail proses transesterifikasi dari trigliserida yang bereaksi dengan metanol dan katalis basa akan menjadi digliserida dan berlanjut menjadi monogliserida. Proses transesterifikasi tersebut akan menghasilkan gliserin sebagai zat sisa.

Faktor yang mempengaruhi reaksi tersebut antara lain Pencampuran (Homogenisasi reaksi), rasio molar, jenis alkohol, suhu, dan kandungan air (Panjaitan, 2017). Standar Nasional Indonesia (SNI) memberikan standar kelayakan yang dapat dibandingkan dengan biodiesel yang dihasilkan seperti tabel berikut.

**Tabel 2.** Standar Biodiesel Berdasarkan Standar Nasional Indonesia SNI 04-7182-2015

| **Parameter Uji** | **Satuan Min/Maks** | **Persyaratan** |
|---|---|---|
| Massa jenis pada 40°C | $Kg/m^3$ | 850-890 |
| Viskositas kinematik pada 40°C | $mm^2/s$ (cSt) | 2,3-6,0 |
| Angka setana | min | 51 |
| Titik nyala | °C, min | 100 |
| Titik kabut | °C, maks | 18 |

Sesuai pada Tabel 2 Standar Nasional Indonesia (SNI) meberikan standar untuk biodiesel yang dihasilkan. Beberapa diantara kriteria tersebut terdapat massa jenis dan viskositas sebagai prioritas paling atas untuk menentukan kualitas biodiesel. SNI menetapkan massa jenis pada rentang 850-890 $Kg/m^3$. dan 2,3-6,0 $mm^2/s$ pada viskositas.

## METODE

Penelitian ini berlangsung selama 3 bulan dari bulan Juni 2023 sampai September 2023. Dilakukan di Laboratorium Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang untuk proses pembuatan biodiesel dan pengujian karakteristik. Alat dan bahan yang digunakan adalah gelas kimia, labu leher tiga, magnetic stirrer, kondensor refluks, thermometer, dan hotplate. Bahan yang digunakan adalah minyak sawit, abu limbah boiler, dan metanol.

Abu limbah boiler yang telah disediakan difurnace kembali selama 4 jam pada suhu 700° untuk membakar sisa-sisa karbon yang masih terdapat pada abu kemudian dihaluskan dengan penggerus. Alat untuk pembuatan biodiesel disiapkan dan dirangkai diatas *hotplate*. Minyak sawit (50ml) dan metanol (50ml) dimasukkan kedalam labu leher tiga dan dipanaskan hingga suhu yang ditetapkan (50°, 55°, dan 60°C). Selanjutnya KOH pelet dimasukkan 1% dan abu sesuai dengan variabel (1%, 2%, dan 3%). Pengaduk dinyalakan pada kecepatan 600rpm selama 1 jam. Setelah pengaduk berhenti campuran biodiesel disentrifugasi selama 10 menit pada 300rpm lalu biodiesel didiamkan selama 24jam dan dipisahkan dari zat lainnya.

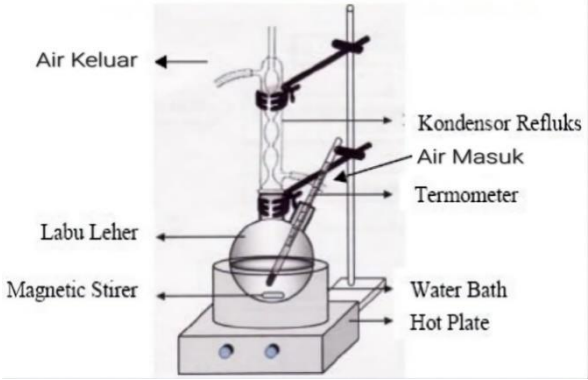
Biodiesel yang telah dihasilkan akan diuji karakteristik utamanya yaitu densitas dan viskositas. Pada uji densitas menggunakan alat ukur piknometer 25ml. Sampel uji dipanaskan hingga mencapai suhu 40°C sebelum dimasukkan pada piknometer. Piknometer yang masih kosong ditimbang terlebih dahulu massanya dengan timbangan magnetic. Setelah biodiesel dimasukkan pada piknometer massa totalnya langsung ditimbang kemudian dikurangi dengan massa kosong untuk mengetahui massa dari sampel biodiesel. Densitas sampel dapat ditentukan dengan persamaan, $\rho = \frac{m}{v}$.

Uji viskositas kinematik dilakukan dengan menggunakan alat ukur viskometer ostwald. Sampel dipanaskan suhunya hingga 40°C sebelum dimasukkan. Setelah mencapai suhu tersebut sampel dimasukkan sebanyak 10ml dan waktu alir dicatat dari batas atas hingga batas bawah viskometer tersebut. Langkah yang sama dilakukan dengan sampel air untuk pembanding. Viskositas sampel dapat ditentukan dengan persamaan, $\eta$biodiesel = $\eta$air x $\frac{tbiodiesel\ x\ \eta biodiesel}{tair\ x\ \eta air}$. Setelah viskositas diperoleh, viskositas kinematik dapat ditentukan dengan persamaan $v_{kinematik} = \frac{\eta biodiesel}{\rho biodiese;}$.

**Tabel 3.** Rancangan Penelitian

| No | Katalis (gr) | Suhu (°C) |
|---|---|---|
| 1 | 1%KOH + 1% abu boiler | 50 |
| 2 | 1%KOH + 1% abu boiler | 55 |
| 3 | 1%KOH + 1% abu boiler | 60 |
| 4 | 1%KOH + 2% abu boiler | 50 |
| 5 | 1%KOH + 2% abu boiler | 55 |
| 6 | 1%KOH + 2% abu boiler | 60 |
| 7 | 1%KOH + 3% abu boiler | 50 |
| 8 | 1%KOH + 3% abu boiler | 55 |
| 9 | 1%KOH + 3% abu boiler | 60 |

Tabel rancangan penelitian akan memberikan variabel bebas pada suhu dan kadar abu boiler. Hal ini bertujuan untuk melihat variabel mana yang menghasilkan biodiesel dengan kualitas terbaik. Penelitian ini akan menggunakan variasi suhu pada 50,55, dan 60°C dan kadar abu boiler pada 1,2 dan 3% dari jumlah minyak sawit yang digunakan setiap sampel. dan setiap sampel akan menggunakan variabel tetap yaitu kadar dari KOH, waktu reaksi, jumlah minyak sawit dan metanol.




**Gambar 3.** Skema Transesterifikasi Biodiesel

Pada skema tersebut bisa dilihat minyak sawit akan dimasukkan dalam labu leher kemudian dipanaskan terlebih dahulu dengan *hotplate* hingga suhu yang ditentukan, setelah itu campuran metanol, abu limbah boiler dan KOH dimasukkan dan reaksi dimulai menggunakan *magnetic stirrer*. Air yang mengalir dari bawah hingga atas kondensor refluks akan mendinginkan metanol yang menguap hingga menjadi cair dan masuk kembali pada proses reaksi agar reaksi tetap pada kondisi maksimal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dan Hasil Pengujian

Proses transesterifikasi biodiesel telah dilakukan dengan menggunakan variasi rancangan penelitian sesuai dengan Tabel 3 menghasilkan 9 sampel biodiesel dengan suhu dan kadar katalis yang berbeda. Pengujian karakteristik biodiesel yaitu densitas dan viskosita. Untuk analisis densitas dilakukan dengan menggunakan alat ukur piknometer dengan membandingkan massa dari biodiesel dan volume biodiesel. Untuk pengujian viskositas biodiesel dilaksanakan dengan menggunakan alat ukur viskometer Ostwald dengan persamaan rasio dari viskositas dinamik dan densitas biodiesel itu sendiri. Nilai dari densitas dan viskositas tersebut terdapat pada tabel berikut.

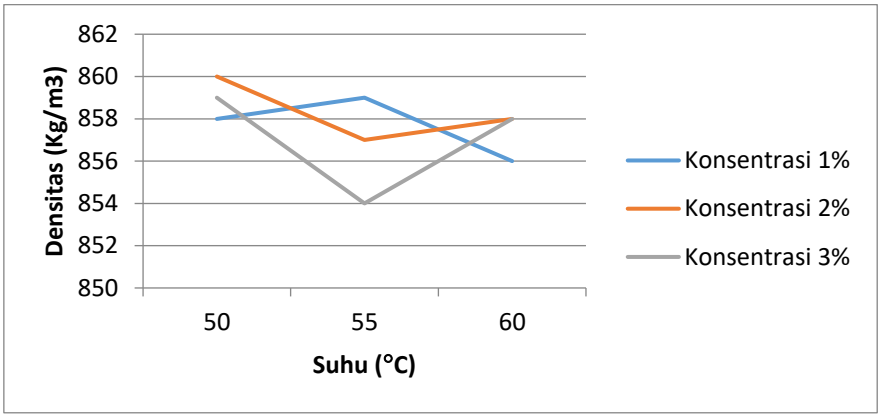
**Tabel 4.** Data Hasil Pengujian

| No | Katalis (gr) | Suhu (°C) | Densitas pada Suhu 40°C ($Kg/m^3$) | Viskositas Kinematik pada suhu 40°C ($mm^2/s$) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1%KOH + 1% abu boiler | 50 | 858 | 4,02 |
| 2 | 1%KOH + 1% abu boiler | 55 | 859 | 3,86 |
| 3 | 1%KOH + 1% abu boiler | 60 | 856 | 3,66 |
| 4 | 1%KOH + 2% abu boiler | 50 | 860 | 3,91 |
| 5 | 1%KOH + 2% abu boiler | 55 | 857 | 3,66 |
| 6 | 1%KOH + 2% abu boiler | 60 | 858 | 3,91 |
| 7 | 1%KOH + 3% abu boiler | 50 | 859 | 3,32 |
| 8 | 1%KOH + 3% abu boiler | 55 | 854 | 4,47 |
| 9 | 1%KOH + 3% abu boiler | 60 | 858 | 4,42 |

Tabel 4 memperlihatkan hasil dari biodiesel yang telah terbentuk. Proses transesterifikasi dilakukan pada setiap sampel dengan menjaga suhu reaksi tetap stabil sesuai variabel. Dan 9 sampel tersebut menghasilkan data densitas dari 854 $Kg/m^3$ hingga 860 $Kg/m^3$. Semua variabel tersebut memenuhi standar densitas yang ditetapkan SNI. Viskositas yang diperoleh berkisar dari 3,32-4,47 $mm^2/s$.

## Analisis

Uji Densitas Biodiesel

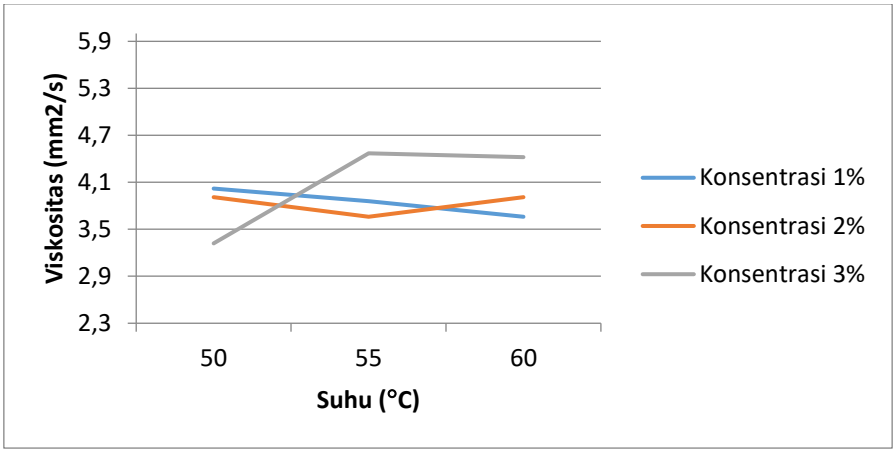



**Gambar 4.** Grafik Uji Densitas

Gambar 4 menunjukkan grafik dari masing-masing densitas setiap sampel. Setiap kenaikan suhu reaksi akan memudahkan pembentukan metil ester sehingga densitas akan menurun namun jika terlalu tinggi maka metanol sebagai faktor penentu reaksi akan lebih mudah untuk menguap sehingga rekasi tidak berjalan maksimal dan densitas tidak turun dengan maksimal. Pada grafik tersebut bisa dilihat bahwa suhu reaksi terbaik adalah pada 55°C.

Data Tabel 4 memperlihatkan densitas dari 9 variabel percobaan yang dilakukan memenuhi standar SNI 7182: 2015 pada rentang 850-890 kg/m$^3$. Densitas berpengaruh pada daya yang dihasilkan. Densitas yang tinggi akan menghasilkan nilai kalor yang rendah, dan begitu sebaliknya (Yuha & R. TD. Wisnu Broto, 2020). Pada penelitian Altaera Yuha Syahputri (2020) didapatkan nilai densitas 861,5 Kg/m$^3$ dengan katalis basa heterogen dari cangkang telur ayam, dan penelitian (Latifah Azzahro & Wisnu Broto, 2021) densitasnya pada 888,2 kg/m$^3$ menggunakan katalis basa heterogen cangkang kerang. Dimana pada penelitian tersebut nilai densitas yang diperoleh lebih besar dari penelitian ini dengan rata-rata 857,6 Kg/m$^3$. Hal tersebut dipengaruhi berbagai faktor seperti waktu dan suhu yang digunakan dimana semakin tinggi suhu dan waktu digunakan maka proses akan semakin efektif dan menurunkan densitas pada biodiesel. Dan jenis katalis dan konsentrasi yang digunakan juga memiliki pengaruh dalam hasil densitas biodiesel.

Viskositas Biodiesel




**Gambar 5.** Grafik Uji Viskositas

Data dari Tabel 3.1 memperlihatkan viskositas dari 9 variabel percobaan yang dilakukan juga memenuhi standar biodiesel SNI 7182:2015 pada rentang 2,3-6,0 $mm^2/s$. Pada penelitian Altaera Yuha Syahputri (2020) viskositas yang diperoleh adalah rata-rata 4.20 $mm^2/s$ dengan katalis basa heterogen CaO. Pada penelitian (Latifah Azzahro & Wisnu Broto, 2021) nilai viskositasnya lebih tinggi dari penelitian ini pada 5,90 $mm^2/s$. Perbedaan viskositas dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya adalah bahan baku katalis yang digunakan. Waktu dan suhu reaksi juga menjadi faktor tambahan dikarenakan semakin lama waktu reaksi maka metil ester yang dihasilkan dari asam lemak juga akan lebih banyak. Konsentrasi katalis juga memiliki pengaruh ketika konsentrasi tinggi, trigliserida akan semakin cepat terpecah yang akan menurunkan viskositas (Yuha & R. TD. Wisnu Broto, 2020).

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, bisa disimpulkan abu limbah boiler yang digunakan sebagai katalis basa heterogen pada transesterifikasi suhu 50,55, dan 60°C dan kadar katalis 1,2, dan 3%, menghasilkan kondisi biodiesel terbaik pada variabel ke-7 dengan suhu 50°C dan kadar 3%, menghasilkan densitas 859$Kg/m^3$ dan viskositas 3,32$mm^2/s$, dengan tambahan KOH 1% dan waktu reaksi 60 menit. Hal yang paling berpengaruh pada konversi minyak sawit ini adalah konsentrasi dari katalis yaitu 3% dari 3 variasi suhu yang menghasilkan 9 variabel percobaan.

## DAFTAR PUSTAKA

Astrie, D. A. (2017). *Analisa Kualitas Crude Palm Oil(CPO) dan Usulan Perbaikan Menggunakan Metode Tree Diagram di PT.Johan Sentosa Bangkinang*. *Jurnal Surya Teknik*a, *5*(2), 57-62.

Badan Pusat Statistik. (2021). *STATISTIK KELAPA SAWIT INDONESIA 2021*. https://www.bps.go.id/publication/2022/11/30/254ee6bd32104c00437a4a61/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2021.html.

Brennan, L., & Owende, P. (2010). Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *14*(2), 557–577.

Duffield, J. A. (2007). *Biodiesel : Production and Economic Issues*. *Inhalation Toxicology, 19*(12), 1029–1031.

Gerpen, J. Van. (2005). *Biodiesel processing and production*. *Fuel Processing Technology, 86*(10), 1097-1107.

Hidayati, N., Ariyanto, T. S., & Septiawan, H. (2017). TRANSESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS KALSIUM OKSIDA. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, *1*(1), 1-5.

Latifah Azzahro, U., & Wisnu Broto. (2021). PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARA SEBAGAI KATALIS CAO PADA PEMBUATAN BIODIESEL MINYAK GORENG BEKAS. *Jurnal Sosial Dan Teknologi (SOSTECH)*, *1*(6), 499-507.

Panjaitan, R., & Asrim, W. O. M. (2017). *Pembuatan Biodiesel Dari Mikroalga Chorella Sp. Dengan Metode Microwave-Assisted Transesterification Secara In Situ*. *Repository Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. 7-13.

Reza, M., Karolina, R., & Tarigan, J. (2014). *Pengaruh Limbah Abu Boiler Dan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Dalam Campuran Beton. Repository Institusi Universitas Sumatera Utara 62*(1), 37-44.

S. Suprapto. (2009). Penanganan Limbah Pembakaran Batubara Pada Pabrik Tekstil: Studi Kasus Pabrik Tekstil di Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, *5*(1), 19–31.

Yuha, A. S., & R. TD. Wisnu Broto. (2020). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam sebagai Katalis CaO Biodiesel Minyak Goreng Bekas. *PENTANA.*, *1*(1), 1–23.