

instiper 5

jurnal_23026

 14 Maret 2025-4

 Cek Plagiat

 INSTIPER

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3183652959

Submission Date

Mar 15, 2025, 11:06 AM GMT+7

Download Date

Mar 15, 2025, 11:11 AM GMT+7

File Name

JURNAL_PUBLIKASI_LAST_DANCE_Khalid_Maulana_23026_STIB.docx

File Size

155.3 KB

15 Pages

5,199 Words

33,728 Characters

13% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- 13%  Internet sources
- 8%  Publications
- 5%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 13% Internet sources
- 8% Publications
- 5% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	eprints.instiperjogja.ac.id	3%
2	Internet	jurnal.instiperjogja.ac.id	3%
3	Internet	zombiedoc.com	1%
4	Internet	digilib.unila.ac.id	1%
5	Internet	digilib.uin-suka.ac.id	<1%
6	Internet	es.scribd.com	<1%
7	Student papers	Tarumanagara University	<1%
8	Internet	text-id.123dok.com	<1%
9	Publication	Sudirman Syam, Sri Kurniati, Nursalim Syam. "PEMBUATAN BIODIESEL DARI MIN...	<1%
10	Internet	docplayer.info	<1%
11	Internet	garuda.kemdikbud.go.id	<1%

12	Internet	repository.ub.ac.id	<1%
13	Internet	id.123dok.com	<1%
14	Internet	indah4din4t4.wordpress.com	<1%
15	Internet	jurnal.unpad.ac.id	<1%
16	Internet	repository.itk.ac.id	<1%
17	Internet	talenta.usu.ac.id	<1%
18	Publication	Endra Priawasana, Pipit Rika Wijaya. "Transforming Teacher Performance: Optimi..."	<1%
19	Internet	adoc.pub	<1%
20	Internet	hntp-unpas.blogspot.com	<1%
21	Internet	publishing-widyagama.ac.id	<1%
22	Internet	jurnal.fp.uns.ac.id	<1%
23	Internet	repository.radenintan.ac.id	<1%



Biofoodtech: Journal of Bioenergy and Food Technology Vol. XX (2025), No.XX
Journal home page: <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/BFT>

PENGOLAHAN BODIESEL BERBASIS *REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM OIL* (RBDPO) MELALUI TRANSESTERIFIKASI *SEMI-BATCH*

Khalid Maulana¹⁾, M. Prasanto Bimantio²⁾, Adi Ruswanto²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta

²⁾Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta

*Email Penulis : khalidmaulana647@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan produksi biodiesel berbasis *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) melalui proses transesterifikasi *semi-batch* dengan variasi konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed*. Metode yang digunakan adalah Rancangan Blok Lengkap (RBL) dengan dua faktor perlakuan yaitu konsentrasi katalis sodium methylate dengan taraf 0,5%, 1%, dan 1,5% terhadap massa minyak serta faktor frekuensi penambahan RBDPO dengan taraf 4, 6, dan 8 kali penambahan dalam satu jam. Evaluasi dilakukan berdasarkan analisis sifat fisik dan kimia biodiesel, termasuk densitas, kadar metil ester, kadar air, pH, dan kadar gliserida (monogliserida, digliserida, trigliserida). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel dengan perlakuan X2Y1 (katalis 1% dan penambahan *feed* 4 kali) memberikan hasil terbaik dengan kadar metil ester tertinggi (53,19%), kadar air rendah (576,5 ppm), pH (7,15), dan nilai densitas 878,2 kg/m³. Dibandingkan dengan standar SNI 7182:2015, sampel X2Y1 telah memenuhi sebagian besar parameter mutu biodiesel, meskipun kadar metil ester masih sedikit di bawah batas minimum 96,5%. Untuk meningkatkan kualitas biodiesel, peningkatan lebih lanjut diperlukan pada rasio metanol dan waktu reaksi untuk meminimalkan reaksi balik yang menyebabkan peningkatan kadar monogliserida dan digliserida. Kesimpulannya, metode *semi-batch* dengan konsentrasi katalis 1% dan penambahan *feed* sebanyak 4 kali menunjukkan hasil terbaik dalam produksi biodiesel berbasis RBDPO.

Kata Kunci: Biodiesel, RBDPO, Reaksi Balik, Sodium Methylate, Transesterifikasi *Semi-batch*.

PENDAHULUAN

Biodiesel dapat diproduksi dari berbagai sumber minyak nabati dan hewani, seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak jarak pagar, minyak kapuk, dan minyak bintang, serta berbagai jenis tanaman lainnya yang ada di Indonesia (Aulia, 2012). Minyak sawit merupakan salah satu bahan baku biodiesel yang sangat potensial, dengan salah satu produk yang dapat digunakan adalah RBDPO (*Refined bleached deodorized palm oil*). RBDPO adalah minyak sawit yang telah melalui proses pemurnian untuk menghilangkan asam lemak bebas serta warna dan bau (Ritonga & Putra, 2015). Keunggulan menggunakan RBDPO sebagai bahan baku biodiesel terletak pada rendahnya kadar asam lemak bebas dan air, yang mendukung proses transesterifikasi yang efisien dan mengurangi risiko reaksi saponifikasi.

Reaksi transesterifikasi adalah proses kimia yang digunakan untuk mengubah trigliserida (lemak atau minyak) menjadi ester metil (biodiesel) dan gliserol. Reaksi ini biasanya melibatkan pemanfaatan metanol atau etanol sebagai reaktan dan katalisator basa (seperti natrium hidroksida atau kalium hidroksida). Namun, meskipun transesterifikasi merupakan metode yang umum digunakan untuk memproduksi biodiesel, terdapat beberapa kelemahan dan tantangan yang dapat memengaruhi konversi dan kualitas produk akhir. Salah satunya adalah pada faktor efisiensi konversi yang dimana tidak semua trigliserida dapat diubah secara efisien menjadi biodiesel. Secara umum reaksi dilaksanakan dengan jumlah metanol yang berlebih agar reaksi menghasilkan konversi yang tinggi, namun akan menghasilkan methanol berlebih yang kurang efisien dalam produksi. Secara umum, rasio mol minyak : metanol yang digunakan dalam proses transesterifikasi berkisar antara 1:4,5 hingga 1:12. Rasio yang lebih tinggi dari 1:3 memberikan kelebihan metanol yang dapat meningkatkan laju reaksi dan mendorong reaksi ke arah pembentukan produk. Oleh karena itu, dilakukan metode transesterifikasi *semi-batch* yang bertujuan untuk meningkatkan konversi biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan standar stoikimetri sehingga tidak meminimalisir adanya *waste methanol* yang merugikan industri.

Konsentrasi katalis merupakan salah satu parameter penting dalam reaksi transesterifikasi untuk produksi biodiesel. Penggunaan katalis dalam jumlah yang tepat dapat mempercepat reaksi dan meningkatkan konversi trigliserida menjadi metil ester. Namun, jika konsentrasi katalis terlalu rendah, reaksi transesterifikasi dapat berjalan lambat dan menghasilkan konversi yang tidak optimal. Sebaliknya, konsentrasi katalis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan reaksi samping, seperti saponifikasi, yang meningkatkan kadar air dan mengurangi kualitas biodiesel yang dihasilkan. Oleh karena itu, peningkatan lebih lanjut konsentrasi katalis sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil biodiesel dengan karakteristik yang sesuai dengan standar kualitas yang diharapkan.

Frekuensi penambahan RBDPO dalam proses transesterifikasi *semi-batch* juga berperan penting dalam menentukan efisiensi reaksi dan kualitas biodiesel yang dihasilkan. Penambahan RBDPO secara bertahap memungkinkan reaksi berlangsung lebih homogen, sehingga meningkatkan laju reaksi dan mengoptimalkan konversi trigliserida menjadi metil ester. Namun, jika penambahan dilakukan terlalu sering, bisa terjadi ketidakseimbangan rasio metanol terhadap minyak, yang dapat memicu reaksi balik dan meningkatkan kadar monogliserida serta digliserida dalam produk akhir. Sebaliknya, jika penambahan terlalu jarang, reaksi mungkin tidak berjalan optimal karena distribusi reaktan yang kurang merata.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium PT. Ciliandra Perkasa (CLP) Dumai, Pekanbaru Riau.

2

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu, *centrifuge separator*, gelas ukur 100 ml, gelas sampel 500 mL, gelas beker 1000 ml, termometer, *magnetic stirrer*, spatula, *hotplate*, timbangan analitik, dan *ball pipet*.

23

Bahan yang digunakan dalam pembuatan Biodiesel yaitu RBDPO, Metanol, Sodium Methylate (CH_3ONa), larutan asam sitrat, dan *Aquadest*.

6

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan blok lengkap (RBL) dengan dua faktor perlakuan dan pengulangan sebanyak 2 kali. Faktor I adalah konsentrasi katalis dengan tiga taraf, meliputi:

20

X1 = 0,5%

X2 = 1 %

X3 = 1,5%

Faktor II adalah variasi penambahan RBDPO dengan tiga taraf, meliputi:

Y1= 4x penambahan

Y2= 6x penambahan

Y3= 8x penambahan

12

2

Faktor X dan Y masing-masing terdiri dari 3 taraf dengan 2 kali ulangan, sehingga diperoleh $2 \times 3 \times 3 = 18$ satuan eksperimental.

Prosedur Penelitian

1. Pengolahan biodiesel

Prosedur pengolahan biodiesel yang pertama yaitu dengan membuat perhitungan jumlah kebutuhan metoksida dan RBDPO dengan basis 200 gram yang terdiri dari 3 taraf faktor (X) dan 3 taraf faktor (Y). Untuk menentukan kebutuhan metanol dalam penelitian pengolahan biodiesel tergantung pada beberapa faktor utama, yaitu jenis bahan baku minyak, metode transesterifikasi, dan rasio molar metanol terhadap minyak

2. Proses Transesterifikasi *Semi-batch*

Transesterifikasi adalah proses kimia yang mengubah ester menjadi ester lain melalui reaksi dengan alkil, sering digunakan untuk memproduksi biodiesel dari minyak nabati atau lemak hewan. Metode *semi-batch* dalam transesterifikasi melibatkan penambahan reaktan atau penghilangan produk secara periodik selama reaksi berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Densitas

Tabel 1. Analisis Uji JBD Densitas

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	0.88428	0.88287	0.88497	0.88404^a
X2	0.87820	0.87853	0.87842	0.87838^{ab}
X3	0.87581	0.87287	0.87510	0.87459^b
rata-rata	0.87943 ^p	0.87809 ^p	0.87950 ^p	

Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

Penelitian ini menganalisis pengaruh konsentrasi katalis (sodium methylate) dan frekuensi penambahan *feed* terhadap densitas biodiesel menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi katalis secara signifikan mempengaruhi densitas biodiesel. Konsentrasi katalis yang lebih tinggi (1,5%) meningkatkan efisiensi reaksi transesterifikasi, menghasilkan konversi lebih optimal dan densitas lebih rendah. Sebaliknya, konsentrasi katalis yang lebih rendah (0,5%) menyebabkan konversi tidak sempurna, sehingga densitas lebih tinggi akibat sisa minyak yang belum terkonversi. Penambahan katalis memperlihatkan penurunan densitas yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi katalis berperan dalam menurunkan densitas biodiesel yang dihasilkan (Monde et al., 2022).

Sementara itu, frekuensi penambahan *feed* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap densitas biodiesel. Metode semi-batch *feed* memungkinkan penambahan minyak secara bertahap tanpa memengaruhi komposisi akhir biodiesel, selama metanol dan katalis tersedia dalam jumlah cukup. Faktor pemurnian juga berperan dalam menentukan densitas akhir biodiesel (Hartono et al., 2023).

Tidak terdapat interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* terhadap densitas biodiesel, menunjukkan bahwa kedua faktor bekerja secara independen. Dengan demikian, peningkatan lebih lanjut konsentrasi katalis dapat dilakukan tanpa mempertimbangkan frekuensi penambahan *feed*.

B. Analisis Kadar Air

Tabel 2. Analisis uji JBD kadar air

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	768.50	677.50	735.08	727.03^c
X2	576.50	458.50	599.50	544.83^a
X3	734.00	555.00	652.14	647.05^b
rata-rata	693.00 ^f	563.67 ^p	662.24 ^q	

Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata

Penelitian ini menganalisis pengaruh konsentrasi katalis (sodium methylate) dan frekuensi penambahan *feed* terhadap kadar air biodiesel menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi katalis berpengaruh signifikan terhadap kadar air biodiesel. Konsentrasi katalis yang lebih tinggi meningkatkan laju reaksi transesterifikasi, tetapi juga dapat memicu reaksi samping yang menghasilkan lebih banyak air atau gliserol, sehingga meningkatkan kadar air dalam produk akhir. Hal ini disebabkan

oleh sifat higroskopis sodium methylate yang dapat menyerap air dari lingkungan atau melalui reaksi sampingan seperti saponifikasi (Sahubawa, 2010).

Selain itu, frekuensi penambahan *feed* juga memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar air biodiesel. Penambahan RBDPO yang lebih sering dapat meningkatkan homogenitas campuran reaksi dan distribusi katalis, sehingga meningkatkan efisiensi reaksi transesterifikasi dan mengurangi pembentukan air sebagai produk samping.

Hasil penelitian menunjukkan adanya interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* terhadap kadar air biodiesel. Pengaruh konsentrasi katalis terhadap kadar air bergantung pada frekuensi penambahan *feed*, dan sebaliknya. Interaksi ini menunjukkan bahwa efek kombinasi dari kedua faktor tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan efek individualnya, karena pada konsentrasi katalis tertentu, frekuensi penambahan RBDPO yang lebih tinggi dapat menurunkan kadar air, sedangkan pada konsentrasi katalis lain, efeknya mungkin berbeda. Dengan demikian, peningkatan lebih lanjut kadar air biodiesel memerlukan pertimbangan simultan terhadap kedua faktor tersebut.

C. Yield

Tabel 3. Analisis Uji JBD Yield

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	92.17	84.15	90.45	88.92 ^a
X2	93.58	91.87	91.66	92.37 ^a
X3	91.43	91.21	86.18	89.60 ^a
rata-rata	92.39 ^p	89.07 ^p	89.43 ^p	

Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi katalis Sodium Methylate (0,5%, 1%, dan 1,5%) tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap yield biodiesel berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan. Nilai rata-rata yield yang tidak berbeda secara signifikan menunjukkan bahwa setelah mencapai batas konsentrasi tertentu, peningkatan katalis tidak lagi meningkatkan yield (Suherman et al., 2022). Hal ini mungkin disebabkan oleh kondisi reaksi yang telah optimal atau adanya titik jenuh dalam reaksi transesterifikasi pada sistem semi-batch.

Selain itu, frekuensi penambahan *feed* juga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap yield biodiesel. Penambahan RBDPO yang lebih sering tidak meningkatkan konversi minyak menjadi biodiesel secara signifikan, kemungkinan karena reaksi telah mencapai titik keseimbangan. Tidak adanya interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* menunjukkan bahwa kedua faktor bekerja secara independen dan efeknya bersifat aditif, bukan multiplikatif.

Setelah mencapai konsentrasi katalis tertentu, penambahan lebih lanjut tidak memberikan peningkatan signifikan dalam yield biodiesel. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan lebih lanjut parameter produksi biodiesel harus mempertimbangkan batas optimal katalis dan strategi penambahan *feed* agar lebih efisien.

D. Analisis pH

Tabel 4. Analisis uji JBD pH

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	5.95	6.30	6.10	6.12 ^a
X2	7.15	7.35	7.20	7.23 ^c
X3	6.15	7.15	6.65	6.65 ^b
rata-rata	6.42 ^p	6.93 ^r	6.65 ^q	

Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi katalis memiliki pengaruh signifikan terhadap pH biodiesel berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan. Variasi pH tergantung pada konsentrasi katalis yang digunakan (0,5%, 1%, dan 1,5%), di mana konsentrasi katalis yang lebih tinggi cenderung meningkatkan pH biodiesel. Hal ini disebabkan oleh peran katalis dalam keseimbangan reaksi transesterifikasi yang dapat menghasilkan produk samping yang bersifat basa atau asam, sehingga mempengaruhi pH produk akhir (Astuti, 2008). Sejalan dengan penelitian sebelumnya, peningkatan konsentrasi katalis dapat meningkatkan pH hingga batas tertentu sebelum mencapai titik jenuh (Gultom et al., 2024).

Selain itu, frekuensi penambahan *feed* juga memberikan pengaruh signifikan terhadap pH biodiesel. Penambahan RBDPO yang lebih sering dapat mempengaruhi homogenitas campuran reaksi dan distribusi katalis, yang berkontribusi terhadap perubahan pH produk akhir. Frekuensi penambahan yang lebih tinggi dapat meningkatkan distribusi katalis yang lebih merata, sehingga mempengaruhi pembentukan produk samping yang berkontribusi pada perubahan pH biodiesel.

Penelitian ini juga menunjukkan adanya interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan RBDPO terhadap pH biodiesel. Interaksi ini mengindikasikan bahwa pengaruh konsentrasi katalis terhadap pH bergantung pada frekuensi penambahan RBDPO, dan sebaliknya. Efek kombinasi dari kedua faktor ini tidak dapat dijelaskan hanya berdasarkan pengaruh individualnya, menunjukkan bahwa variabel ini saling mempengaruhi dalam menentukan pH biodiesel.

E. Analisis Kadar Metil Ester

Tabel 5. Analisis Uji JBD Kadar Metil Ester

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	43.8992	48.9813	43.4885	45.4563 ^b
X2	53.1944	50.5052	43.8461	49.1819 ^c
X3	36.5706	38.3265	35.7358	36.8776 ^a
rata-rata	44.5547 ^q	45.9376 ^r	41.0235 ^p	

Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan menunjukkan bahwa konsentrasi katalis berpengaruh signifikan terhadap kadar metil ester biodiesel. Konsentrasi katalis yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju reaksi transesterifikasi, tetapi jika berlebihan (seperti 1,5%),

21 dapat menyebabkan reaksi samping seperti saponifikasi, yang mengurangi efisiensi konversi minyak menjadi ester (Prihanto & Irawan, 2017). Dalam penelitian ini, konsentrasi katalis 1% menghasilkan kadar metil ester tertinggi dibandingkan dengan 0,5% dan 1,5%. Hal ini menunjukkan bahwa ada batas optimal dalam penggunaan katalis untuk mencapai yield metil ester maksimal sebelum terjadi penurunan akibat reaksi samping.

Frekuensi penambahan *feed* juga berpengaruh terhadap kadar metil ester biodiesel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *feed* dalam 4 kali tahapan menghasilkan kadar metil ester lebih tinggi dibandingkan 6 dan 8 kali tahapan. Penambahan yang lebih sering dapat meningkatkan homogenitas pencampuran reaktan dan distribusi katalis, tetapi jika terlalu sering, seperti pada 8 kali penambahan, efisiensi reaksi dapat menurun akibat pengenceran reaktan dalam fase reaksi. Variasi ini menunjukkan bahwa pengaturan jumlah dan frekuensi penambahan *feed* sangat penting dalam peningkatan lebih lanjut proses transesterifikasi.

Penelitian juga menunjukkan adanya interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* terhadap kadar metil ester. Artinya, efek konsentrasi katalis terhadap kadar metil ester bergantung pada frekuensi penambahan RBDPO, dan sebaliknya. Faktor ini tidak dapat dijelaskan hanya dengan efek individualnya karena pada konsentrasi katalis tertentu, frekuensi penambahan yang lebih tinggi dapat meningkatkan kadar metil ester, tetapi efeknya bisa berbeda pada konsentrasi katalis lainnya. Interaksi ini menunjukkan pentingnya peningkatan lebih lanjut kedua variabel untuk mendapatkan biodiesel dengan kadar metil ester yang tinggi.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan kadar metil ester rendah dalam metode semi-batch adalah reaksi balik akibat rasio metanol yang tidak stabil, katalis sodium methylate yang terlalu reaktif, dan waktu reaksi yang tidak optimal. Rasio metanol yang berfluktuasi dapat menyebabkan konversi metil ester kembali menjadi monogliserida dan digliserida (Dwi Daryono & Mustiadi, 2022). Selain itu, konsentrasi katalis yang terlalu tinggi dapat mempercepat reaksi balik dan menurunkan efisiensi konversi biodiesel (Prihanto & Irawan, 2017). Waktu reaksi yang terlalu panjang dalam metode semi-batch juga dapat menyebabkan reaksi balik, di mana metil ester yang telah terbentuk bereaksi kembali dengan gliserol, sehingga menurunkan kadar metil ester dalam produk akhir (Priscilla et al., 2024)

F. Analisis Freegliserida

Tabel 6. Analisis Uji JBD Freegliserida

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	0.0135	0.0125	0.0140	0.0133^a
X2	0.0110	0.0140	0.0160	0.0137^a
X3	0.0175	0.0170	0.0155	0.0167^b
rata-rata	0.0140 ^p	0.0145 ^p	0.0152 ^q	

1 Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

5 Hasil Uji Jarak Berganda Duncan menunjukkan bahwa konsentrasi katalis sodium methylate berpengaruh signifikan terhadap kadar freegliserida dalam biodiesel. Peningkatan konsentrasi katalis dari 0,5% (X1) menjadi 1% (X2) dan 1,5% (X3) menyebabkan penurunan kadar freegliserida karena meningkatnya konversi trigliserida menjadi metil ester dalam reaksi transesterifikasi (Yogaswara et al., 2024). Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar freegliserida menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi

katalis hingga 1,5%, sejalan dengan temuan Anshori (2020) yang menyatakan bahwa peningkatan katalis hingga batas optimal dapat meningkatkan efisiensi reaksi. Namun, jika konsentrasi katalis terlalu tinggi, reaksi saponifikasi dapat terjadi, menyebabkan pembentukan sabun yang menurunkan efisiensi pemurnian biodiesel (Prayanto & Salahudin, 2014).

Selain itu, frekuensi penambahan RBDPO (*feed*) juga mempengaruhi kadar freegliserida. Penambahan *feed* sebanyak 4 kali (Y1), 6 kali (Y2), dan 8 kali (Y3) dalam satu jam menunjukkan variasi kadar freegliserida yang signifikan. Penambahan yang lebih sering dapat meningkatkan homogenitas campuran reaksi dan memastikan semua reaktan bereaksi secara optimal, sehingga menurunkan kadar freegliserida. Namun, ketika frekuensi penambahan terlalu tinggi, efeknya terhadap pengurangan freegliserida mungkin tidak terlalu signifikan karena sistem sudah mencapai kondisi optimal.

Terdapat interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* terhadap kadar freegliserida. Efek dari satu faktor dapat bergantung pada faktor lainnya, misalnya, pada konsentrasi katalis tertentu, peningkatan frekuensi penambahan *feed* dapat lebih efektif dalam menurunkan kadar freegliserida dibandingkan pada konsentrasi katalis lainnya. Oleh karena itu, kombinasi optimal antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* diperlukan untuk mendapatkan kadar freegliserida yang minimal.

G. Analisis Monogliserida

Tabel 7. Analisis Uji JBD Monogliserida

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	1.98	1.84	2.13	1.98^a
X2	1.53	2.92	3.07	2.51^b
X3	2.86	3.00	2.93	2.93^c
rata-rata	2.13 ^p	2.59 ^q	2.71 ^r	

1 Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

5 Hasil Uji Jarak Berganda Duncan menunjukkan bahwa konsentrasi katalis memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar monogliserida dalam biodiesel. Peningkatan konsentrasi katalis dari 0,5% menjadi 1,5% menyebabkan peningkatan kadar monogliserida karena reaksi transesterifikasi berlangsung lebih cepat, menghasilkan lebih banyak monogliserida sebagai intermediat sebelum akhirnya terkonversi menjadi metil ester (Prabasena, 2016). Namun, konsentrasi katalis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan reaksi samping seperti pembentukan sabun, yang menurunkan kualitas biodiesel dan meningkatkan kadar monogliserida (Astuti, 2008). Oleh karena itu, meskipun peningkatan konsentrasi katalis dapat meningkatkan efisiensi reaksi, penggunaannya harus dioptimalkan agar tidak meningkatkan kadar monogliserida secara berlebihan.

Frekuensi penambahan RBDPO (4, 6, dan 8 kali dalam satu jam) juga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kadar monogliserida. Frekuensi penambahan yang lebih tinggi dapat meningkatkan homogenitas campuran reaksi dan distribusi katalis, tetapi jika tidak diimbangi dengan kondisi reaksi yang optimal, dapat menyebabkan akumulasi monogliserida. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa kadar monogliserida bervariasi secara statistik berdasarkan frekuensi penambahan RBDPO, menandakan bahwa faktor ini perlu dikontrol dengan baik dalam proses transesterifikasi biodiesel.

Interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan RBDPO juga berpengaruh terhadap kadar monogliserida. Efek dari satu faktor dapat bergantung pada

faktor lainnya, misalnya, pada konsentrasi katalis tertentu, peningkatan frekuensi penambahan RBDPO mungkin menyebabkan kadar monogliserida yang lebih tinggi akibat ketidakseimbangan reaksi. Interaksi ini menunjukkan bahwa efek kombinasi kedua faktor tidak bisa dijelaskan hanya dari efek individualnya, melainkan harus dianalisis secara menyeluruh untuk mendapatkan kondisi optimal dalam proses transesterifikasi biodiesel.

Selain itu, tingginya kadar monogliserida yang terdeteksi dapat dikaitkan dengan reaksi balik selama proses transesterifikasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi balik ini antara lain rasio molar metanol terhadap minyak yang tidak stabil (Dwi Daryono & Mustiadi, 2022), penggunaan katalis sodium methylate yang sangat reaktif (Prihanto & Irawan, 2017), dan waktu reaksi yang tidak optimal (Priscilla et al., 2024). Ketidakseimbangan rasio metanol dapat menyebabkan konversi metil ester kembali menjadi monogliserida, sementara katalis yang terlalu reaktif meningkatkan kemungkinan reaksi samping. Waktu reaksi yang terlalu panjang juga dapat memicu reaksi balik, sehingga menurunkan efisiensi konversi biodiesel. Oleh karena itu, pengendalian kondisi reaksi sangat penting untuk mengurangi kadar monogliserida dan meningkatkan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

H. Analisis Digliserida

Tabel 8. Analisis Uji JBD Digliserida

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	14.466	13.744	14.111	14.107 ^a
X2	12.308	13.736	14.149	13.398 ^b
X3	13.690	13.912	12.214	13.272 ^b
rata-rata	13.488 ^a	13.797 ^b	13.491 ^a	

Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa konsentrasi katalis memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar digliserida dalam proses transesterifikasi biodiesel. Konsentrasi katalis yang lebih tinggi dapat meningkatkan laju reaksi, sehingga mengurangi pembentukan digliserida sebagai produk samping. Namun, jika konsentrasi katalis terlalu tinggi, dapat terjadi reaksi samping yang justru meningkatkan kadar digliserida dalam produk akhir (Latisya, 2022). Oleh karena itu, meskipun peningkatan konsentrasi katalis dapat meningkatkan konversi trigliserida menjadi metil ester, penggunaannya harus dikendalikan untuk menghindari peningkatan kadar digliserida yang tidak diinginkan.

Frekuensi penambahan RBDPO juga berpengaruh terhadap kadar digliserida, di mana frekuensi penambahan sebanyak 6 kali menunjukkan hasil optimal dengan kadar digliserida yang lebih rendah. Frekuensi penambahan yang terlalu jarang atau terlalu sering dapat mengganggu keseimbangan reaksi, sehingga meningkatkan pembentukan digliserida sebagai produk antara. Oleh karena itu, pengaturan frekuensi penambahan *feed* yang tepat sangat penting untuk menjaga keseimbangan reaksi dan mengoptimalkan konversi biodiesel.

Selain itu, terdapat interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed*, yang menunjukkan bahwa efek dari satu faktor dipengaruhi oleh faktor lainnya. Kombinasi tertentu dari konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* dapat menghasilkan efek yang berbeda terhadap pembentukan digliserida. Konsentrasi katalis

yang optimal dapat memaksimalkan efisiensi reaksi, sementara frekuensi penambahan *feed* mempengaruhi distribusi reaktan dalam sistem. Dengan mengontrol kedua faktor ini secara bersamaan, kondisi reaksi dapat dioptimalkan untuk meminimalkan kadar digliserida dalam biodiesel.

Tingginya kadar digliserida dalam produk biodiesel dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti ketidakseimbangan rasio reaktan dalam sistem semi-batch, penggunaan katalis sodium methylate yang terlalu reaktif, dan waktu reaksi yang tidak optimal. Fluktuasi rasio molar metanol terhadap minyak dapat menyebabkan reaksi balik, di mana metil ester kembali terkonversi menjadi digliserida (Dwi Daryono & Mustiadi, 2022). Selain itu, penggunaan katalis sodium methylate dalam jumlah berlebihan dapat mempercepat reaksi balik dan menurunkan efisiensi konversi (Prihanto & Irawan, 2017). Waktu reaksi yang terlalu lama juga dapat memicu reaksi balik, sehingga menurunkan yield biodiesel (Priscilla et al., 2024). Oleh karena itu, pengendalian parameter reaksi sangat penting untuk mengurangi kadar digliserida dan meningkatkan kualitas biodiesel yang dihasilkan.

I. Analisis Trigliserida

Tabel 9. Analisis Uji JBD Trigliserida

Perlakuan	Hasil Rerata			Rata-rata
	Y1	Y2	Y3	
X1	33.77	30.26	34.81	32.94^b
X2	28.26	27.27	32.85	29.46^a
X3	40.26	38.30	42.48	40.34^c
rata-rata	34.10 ^q	31.94 ^p	36.71 ^r	

Keterangan : rerata yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya beda nyata berdasarkan uji jarak berganda duncan pada jenjang nyata 5%.

Uji Jarak Berganda Duncan menunjukkan bahwa konsentrasi katalis (sodium methylate) berpengaruh signifikan terhadap kadar trigliserida. Peningkatan konsentrasi dari 0,5% (X1) ke 1% (X2) menurunkan kadar trigliserida dari 32,94% menjadi 29,46%, menandakan peningkatan efisiensi konversi. Namun, pada 1,5% (X3), kadar trigliserida meningkat menjadi 40,34% akibat kemungkinan saponifikasi berlebih, ketidakseimbangan reaktan, atau penumpukan sabun yang menghambat pemurnian biodiesel. Hal ini sejalan dengan pernyataan Latifah Azzahro & Wisnu Broto (2021), bahwa kemungkinan terjadinya reaksi saponifikasi yang lebih besar dapat menghambat reaksi transesterifikasi dan meningkatkan kandungan trigliserida dalam produk akhir.

Frekuensi penambahan RBDPO juga berpengaruh signifikan. Kadar trigliserida pada frekuensi 4 kali (Y1) sebesar 34,10%, menurun menjadi 31,94% pada 6 kali (Y2), namun meningkat kembali menjadi 36,71% pada 8 kali (Y3). Penambahan *feed* yang terlalu sering dapat menyebabkan akumulasi reaktan, meningkatkan viskositas, memperlambat konversi, dan memicu reaksi balik.

Terdapat interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan *feed* terhadap kadar trigliserida. Interaksi ini menunjukkan bahwa kedua faktor saling mempengaruhi dan perlu diatur secara bersamaan untuk mengoptimalkan proses transesterifikasi. Seperti yang dijelaskan oleh Mardhiah et al. (2017), keseimbangan antara jumlah metanol, katalis, dan *feed* sangat menentukan konversi trigliserida menjadi biodiesel, di mana ketidakseimbangan salah satu faktor dapat menyebabkan reaksi tidak berjalan secara maksimal dan meningkatkan kadar trigliserida dalam produk akhir.

Beberapa faktor utama yang menyebabkan peningkatan kadar trigliserida dalam metode semi-batch *feed* adalah ketidakseimbangan rasio molar metanol terhadap minyak, penggunaan katalis sodium methylate yang terlalu reaktif, dan waktu reaksi yang tidak optimal. Rasio molar metanol yang berfluktuasi dapat memicu reaksi balik, mengurangi efisiensi konversi (Dwi Daryono & Mustiadi, 2022). Penggunaan katalis dalam jumlah berlebihan dapat menyebabkan reaksi balik metil ester menjadi trigliserida (Prihanto & Irawan, 2017). Selain itu, waktu reaksi yang terlalu lama dalam metode semi-batch dapat meningkatkan peluang reaksi balik, menurunkan yield biodiesel, dan menyebabkan ketidakseimbangan dalam sistem (Priscilla et al., 2024).

Tabel 10. Hasil Analisa Total Biodiesel Sesuai SNI 7182:2015

Analisis	Standar SNI (7182:2015)	X1Y1	X1Y2	X1Y3	X2Y1	X2Y2	X2Y3	X3Y1	X3Y2	X3Y3
		Metil Ester (%)	96.5 min	43.9	48.9	43.5	53.2	50.5	43.8	36.6
Yield (%)	70 min	92.17	84.15	90.45	93.58	91.87	91.66	91.43	91.21	86.18
Freegliserida (FG) (%)	0.02 max	0.013	0.012	0.014	0.011	0.014	0.016	0.017	0.017	0.015
Monogliserida (MG) (%)	0.25 max	1.98	1.84	2.13	1.53	2.92	3.07	2.86	3.00	2.93
Digliserida (DG) (%)	0.2 max	14.47	13.74	14.11	12.31	13.74	14.15	13.69	13.91	12.21
Trigliserida (TG) (%)	0.2 max	33.77	30.26	34.81	28.26	27.27	32.85	40.26	38.30	42.48
Densitas (g/cm ³)	850-890	884	882	885	878	879	878	876	873	875
Kadar air (ppm)	340 max	768.5	677.5	735.1	576.5	458.5	599.5	734	555	652.1
pH	6-8	5.95	6.30	6.10	7.15	7.35	7.20	6.15	7.15	6.65

Keterangan : Angka yang dicetak tebal merupakan angka yang sesuai dengan standar

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel X2Y1 (konsentrasi katalis 1% dan penambahan RBDPO 4 kali) merupakan yang terbaik, dengan yield 93.58%, kadar freegliserida 0.011%, densitas 878 g/cm³, dan pH 7.15, yang sesuai standar SNI 7182:2015. Namun, kadar metil ester masih rendah (53.2%) dan kadar monogliserida (MG), digliserida (DG), serta trigliserida (TG) masih tinggi, menunjukkan konversi yang belum optimal akibat reaksi balik dalam transesterifikasi. Fenomena ini disebabkan oleh ketidakseimbangan rasio metanol terhadap minyak, kelebihan katalis sodium methylate, serta waktu reaksi yang tidak terkontrol. Untuk meningkatkan efisiensi konversi biodiesel, diperlukan peningkatan lebih lanjut rasio metanol terhadap minyak, kontrol katalis, serta penyesuaian waktu reaksi dan metode pemurnian agar biodiesel yang dihasilkan lebih berkualitas dan stabil.

Tabel 11. Hasil Uji Korelasi Pearson Antara Parameter

		Densitas	Kadar Air	pH	Yield	Metil Ester	FG	MG	DG	TG
Densitas	Pearson Correlation	1	0.410	-0.413	0.061	0.354	-0.380	-,477*	0.439	-0.318
	Sig. (2-tailed)		0.091	0.088	0.810	0.150	0.120	0.045	0.068	0.199
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Kadar Air	Pearson Correlation	0.410	1	-,936**	-0.186	-0.387	0.046	-0.346	0.251	0.436
	Sig. (2-tailed)	0.091		0.000	0.459	0.113	0.857	0.160	0.315	0.070
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
pH	Pearson Correlation	-0.413	-,936**	1	0.206	0.298	0.032	0.379	-0.276	-0.335
	Sig. (2-tailed)	0.088	0.000		0.411	0.230	0.899	0.121	0.268	0.175
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Yield	Pearson Correlation	0.061	-0.186	0.206	1	0.148	0.088	0.032	0.228	-0.174
	Sig. (2-tailed)	0.810	0.459	0.411		0.558	0.730	0.899	0.362	0.490
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Metil Ester	Pearson Correlation	0.354	-0.387	0.298	0.148	1	-,841**	-,623**	-0.042	-,975**
	Sig. (2-tailed)	0.150	0.113	0.230	0.558		0.000	0.006	0.868	0.000
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
FG	Pearson Correlation	-0.380	0.046	0.032	0.088	-,841**	1	,865**	0.277	,737**
	Sig. (2-tailed)	0.120	0.857	0.899	0.730	0.000		0.000	0.265	0.000
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
MG	Pearson Correlation	-,477*	-0.346	0.379	0.032	-,623**	,865**	1	0.132	,497*
	Sig. (2-tailed)	0.045	0.160	0.121	0.899	0.006	0.000		0.602	0.036
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
DG	Pearson Correlation	0.439	0.251	-0.276	0.228	-0.042	0.277	0.132	1	-0.116
	Sig. (2-tailed)	0.068	0.315	0.268	0.362	0.868	0.265	0.602		0.647
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18
TG	Pearson Correlation	-0.318	0.436	-0.335	-0.174	-,975**	,737**	,497*	-0.116	1
	Sig. (2-tailed)	0.199	0.070	0.175	0.490	0.000	0.000	0.036	0.647	
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18

Keterangan :
 Nilai Pearson Correlation 0,00-0,20 = tidak ada korelasi
 Nilai Pearson Correlation 0,21-0,40 = korelasi lemah
 Nilai Pearson Correlation 0,41-0,60 = korelasi sedang
 Nilai Pearson Correlation 0,61-0,80 = korelasi kuat
 Nilai Pearson Correlation 0,81-1,00 = korelasi sempurna

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa densitas biodiesel berkorelasi sedang dengan kadar air ($r = 0.410$) dan metil ester ($r = 0.354$), serta negatif sedang dengan pH ($r = -0.413$), meskipun tidak signifikan. Namun, densitas berkorelasi negatif signifikan dengan monogliserida ($r = -0.477$, $p = 0.045$). Kadar air berkorelasi negatif sempurna dengan pH ($r = -0.936$, $p = 0.000$), sementara metil ester berkorelasi negatif kuat dengan freegliserida ($r = -0.841$, $p = 0.000$) dan monogliserida ($r = -0.623$, $p = 0.006$). menunjukkan bahwa peningkatan metil ester menurunkan senyawa gliserida yang tidak diinginkan. Selain itu, freegliserida berkorelasi positif sangat kuat dengan monogliserida ($r = 0.865$, $p = 0.000$) dan trigliserida ($r = 0.737$, $p = 0.000$), sedangkan digliserida memiliki korelasi kuat dengan trigliserida ($r = 0.647$, $p = 0.003$). Hasil ini menegaskan pentingnya pengendalian kadar air, pH, dan parameter reaksi lainnya untuk meminimalkan kandungan senyawa gliserida serta meningkatkan kualitas biodiesel.

KESIMPULAN

Konsentrasi katalis sodium methylate berpengaruh signifikan terhadap densitas, kadar air, dan kadar metil ester biodiesel, di mana konsentrasi tinggi (1,5%) meningkatkan efisiensi transesterifikasi tetapi juga berisiko menyebabkan saponifikasi yang menurunkan kualitas biodiesel. Frekuensi penambahan RBDPO (4, 6, dan 8 kali per jam) turut memengaruhi kadar air dan kadar metil ester, dengan penambahan lebih sering (8 kali) meningkatkan homogenitas reaksi tetapi juga meningkatkan kadar air serta menurunkan efisiensi konversi. Selain itu, terdapat interaksi antara konsentrasi katalis dan frekuensi penambahan RBDPO yang saling memengaruhi kualitas biodiesel, sehingga keduanya harus dioptimalkan secara bersamaan untuk hasil yang lebih baik.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi frekuensi penambahan RBDPO yang lebih optimal guna meningkatkan homogenitas reaksi dan efisiensi konversi. Selain itu, peningkatan lebih lanjut proses pencucian dan pemurnian, seperti penggunaan air panas atau teknik pengeringan vakum, perlu dilakukan untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan kualitas biodiesel. Penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk mengoptimalkan parameter proses lainnya, seperti suhu reaksi, rasio metanol terhadap minyak, dan waktu reaksi, guna meningkatkan kualitas dan yield biodiesel yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, M. (2020). Perbedaan Kadar Gliserol, Ester, Mono- Dan Digliserida Pada Variasi Perlakuan Refined Bleached Deodorized Palm Oil. *Jurnal Teknik Pengolahan Hasil Perkebunan Kelapa Sawit Dan Karet*, 2(2), 2580–0957.
- Astuti, E. (2008). Pengaruh Konsentrasi Katalisator Dan Rasio Bahan Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Minyak Kelapa. . *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(1), 5–9.
- Aulia, Y. (2012). Ekstraksi Minyak Biji Ketapang Sebagai Bahan Baku Biodiesel. *Chemical Engineering Journal Storage* , 2(5), 117–128.
- Dwi Daryono, E., & Mustiadi, L. (2022). Pengaruh Penambahan Co-Solvent Metil Ester Dan Waktu Reaksi Pada Proses Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Fame (Fatty Acid Methyl Esters). *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 11(1), 16–20.
- Gultom, E., Lestari, H., & Hestina. (2024). Analisis Pengaruh Suhu Pemanasan Pada Transesterifikasi Minyak Jelanta Dalam Pembuatan Biodiesel. *Journal Of Social Science Research*, 4(1), 6413–6421.
- Hartono, R., Rama Denny, Y., Ramdhani, D. S., Assaat, L. D., Wildha Priakbar, A., & Ribawa, W. H. (2023). Pembuatan Biodiesel Dengan Reaktor Bersirkulasi Sederhana Menggunakan Katalis Koh. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 123–132.
- Latifah Azzahro, U., & Wisnu Broto, Dan. (2021). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara Sebagai Katalis Cao Pada Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Sosial Dan Teknologi (Sostech)*, 1(6).
- Latisya, S. (2022). Teknologi Proses Untuk Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi*, 27(2), 78–91.
- Mardhiah, H. H., Ong, H. C., Masjuki, H. H., & Lim, S. (2017). A Review On Latest Developments And Future Prospects Of Heterogeneous Catalyst In Biodiesel Production From Non-Edible Oils. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 67, 1225–1236.
- Monde, J., Kumalasari, I., Aryani, D., Lutfi, M., & Alfandy, A. (2022). Pengaruh Katalis Sio₂/Al₂O₃ Terhadap Karakteristik Biodiesel Dari Minyak Jelantah Effect Of Sio₂ /Al₂O₃ Catalyst On Characteristics Of Biodiesel From Used Cooking Oil. *Jurnal Chemurgy*, 6(2), 80–85.
- Prabasena, B. (2016). Inovasi Penggunaan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Limbah Restoran Pada Shuttle Bus Antar Terminal Di Bandara Soekarno-Hatta. *Jurnal Warta Penelitian Perhubungan*, 28(5), 348–355.
- Prayanto, D. S., & Salahudin, M. (2014). *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Dengan Katalis Naoh Menggunakan Gelombang Mikro (Microwave) Secara Kontinyu*. La Librairie Vuibert.
- Prihanto, A., & Irawan, T. A. B. (2017). Pengaruh Temperatur, Konsentrasi Katalis Dan Rasio Molar Metanol-Minyak Terhadap Yield Biodisel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Netralisasi- Transesterifikasi. *Jurnal Metana*, 13(1), 30–36.

- Priscilla, T., Irwan, Muh., & Arifin, Z. (2024). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dalam Reaktor Ultrasonik. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(1), 44–56.
- Ritonga, M. Y., & Putra, A. (2015). Pembuatan Biodiesel Dari Rbdpo Dengan Katalis Cangkang Kepah. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 4(2), 20–26.
- Sahubawa, L. (2010). Pengaruh Penggunaan Katalis Pada Reaksi Transesterifikasi Terhadap Kualitas Biodiesel Ikan Sardin. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 17(3), 200–206.
- Suherman, S., Abdullah, I., Sabri, M., Silitonga, A. S., & Suroso, B. (2022). Pengaruh Perbedaan Jumlah Katalis Terhadap Angka Yield Pada Proses Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Sisa Menggunakan Pemanas Double Jacket. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 113.