

PENGARUH SUHU DAN WAKTU TERHADAP KUALITAS BIODESEL DARI LEMAK SAPI DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI

EFFECT OF TEMPERATURE AND TIME ON THE QUALITY OF BIODIESEL FROM BEEF TALLOW VIA TRANSESTERIFICATION

Umami Kalsum¹⁾, Netty Herawati²⁾, Kerin Yovanda³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia

Corresponding Author E-mail: ummikalsum1207@gmail.com

Abstract: Biodiesel can be produced from beef tallow through a chemical process called transesterification. Beef tallow (triglycerides) is reacted with alcohol, such as methanol, using a base catalyst, potassium hydroxide (KOH), to produce fatty acid methyl esters (biodiesel) and glycerol as a byproduct. Beef tallow is a potential raw material due to its high triglyceride content. The transesterification method is an organic chemical reaction that converts one ester compound with an alcohol or alkyl group from another alcohol compound. The transesterification reaction can be catalyzed by acids, bases, or enzymes and often uses excess alcohol to shift the equilibrium toward the product. Producing biodiesel from beef tallow is an alternative to producing biodiesel as a fuel substitute for dwindling fossil fuel sources. This study yielded a biodiesel yield of 37.66%, a density of 869.22 kg/m³, a viscosity of 4.8 cSt, and a pour point of 12°C. At all temperature variations of 50°C, 55°C, and 60°C.

Keywords: Transesterification, Beef Tallow, Biodiesel.

Abstrak: Biodiesel dapat diproduksi dari lemak sapi melalui proses kimia yang disebut transesterifikasi, di mana lemak sapi (trigliserida) direaksikan dengan alkohol (misalnya metanol) menggunakan katalis basa Kalium Hidroksida (KOH). Untuk menghasilkan metil ester asam lemak (biodiesel) dan gliserol sebagai produk sampingnya. Lemak sapi merupakan bahan baku yang berpotensi karena kandungan trigliseridanya yang tinggi. Metode Transesterifikasi adalah proses reaksi kimia organik untuk mengubah satu senyawa ester menjadi ester lain dengan cara mengganti gugus alkohol atau alkil pada ester tersebut dengan gugus alkohol atau alkil dari senyawa alkohol lain. Reaksi transesterifikasi dapat dikatalisis oleh asam, basa, atau enzim, dan sering kali menggunakan alkohol dalam jumlah berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk. Pembuatan biodiesel dari lemak sapi merupakan salah satu alternatif untuk menghasilkan biodiesel pengganti sumber minyak bumi fosil yang persediaannya semakin berkurang. Dari penelitian ini dihasilkan yield biodiesel 37,66% pada suhu 55 °C dan waktu 65 menit, Densitas Biodiesel 869,22 kg/m³ pada suhu 55°C dan waktu 65 menit, Viskositas biodiesel 4,8 cSt pada suhu 50°C dan waktu 65 menit, Pour point 12°C pada semua variasi suhu 50°C, 55°C dan 60°C.

Kata kunci: Transesterifikasi, lemak sapi, biodiesel.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif terbarukan yang ramah lingkungan sehingga menjadikannya solusi potensial untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi isu krisis energi di Indonesia. Penelitian ini berfokus pada potensi biodiesel dari lemak sapi sebagai sumber energi terbarukan yang berkelanjutan (Suwarno, et.al., 2024).

Ranggita, dkk, (2013) telah melakukan penelitian tentang produksi biodiesel dari lemak sapi dengan proses *Transesterifikasi* menggunakan katalis NaOH, dan didapatkan

hasil waktu pada 40 menit, suhu 50°C dan konsentrasi katalis 0,8% yang akan menghasilkan *yield* sebesar 95,67% dimana peningkatan suhu reaksi dan waktu reaksi tidak akan meningkatkan jumlah *yield* biodiesel yang dihasilkan. Namun kelemahannya adalah pada persen konsentrasi jika lebih dari 0,8% mendapatkan hasil yang lebih mendekati sabun. Affandi,(2022), melakukan penelitian dengan menggunakan bahan dari lemak sapi yang mengandung Oleat sebanyak 26% dengan proses transesterifikasi yang menghasilkan biodiesel..

2. TEORI DASAR

Pradeep kal, dkk., (2017) melakukan penelitian mengenai biodiesel dari lemak sapi sebagai bahan bakar transportasi alternatif dimana kepadatan biodiesel diukur dengan metode sederhana menggunakan perbandingan berat dan volume. Komposisi dan sifat bahan baku yang digunakan Persiapan biodiesel berpengaruh terhadap karakteristik bahan bakar. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa bersifat basa transesterifikasi lemak sapi dengan metanol menghasilkan biodiesel berkualitas baik. Lemak dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu lemak jenuh dan lemak tak jenuh. Lemak yang terdiri dari asam lemak tak jenuh cenderung berbentuk cair pada suhu kamar, sedangkan lemak yang mengandung asam lemak jenuh biasanya berbentuk padat pada suhu yang sama. Asam lemak jenuh memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam lemak tak jenuh. Salah satu bahan baku yang dapat digunakan untuk memproduksi bahan bakar cair adalah lemak sapi, yang merupakan sumber yang murah dan mudah diperoleh, sehingga cocok untuk produksi bahan bakar cair (Febriana, et.al., 2022).

Tabel 2.1 Kandungan Asam Lemak Jenuh Pada Sapi

Asam Lemak	% Berat
Asam Kaprilat	0,0958
Asam Laurat	0,5516
Asam Miristat	8,7588
Asam Miristoleinat	0,8933
Asam Palmitat	33,8750
Asam Palmitoleat	2,3073
Asam Heptadekanoat	1,2651
Asam Stearat	21,4603
Asam Oleat	29,5983

Lemak sapi mengandung berbagai asam lemak (FFA), seperti asam palmitat, asam stearat, asam oleat, dan asam linoleat. Persentase masing-masing asam lemak bervariasi tergantung pada jenis sapi, pakan, dan bagian tubuh sapi yang digunakan. Tingginya kadar FFA dapat mempengaruhi

kualitas biodiesel yang dihasilkan (Suleman, et. al., 2019). Lemak sapi mengandung FFA yang bervariasi, tetapi proses pembuatan biodiesel bertujuan untuk mengurangi kadar FFA secara drastis. Kadar FFA pada biodiesel sapi jadi jauh lebih rendah daripada pada lemak mentahnya, dan harus sesuai dengan standar kualitas.

Metil ester adalah senyawa yang dihasilkan melalui proses esterifikasi atau transesterifikasi, yaitu reaksi antara asam lemak dan alkohol, khususnya metanol. Dalam konteks biodiesel, metil ester merupakan komponen utama yang terbentuk dari reaksi trigliserida dalam bahan baku seperti mikroalga dengan metanol, yang menghasilkan biodiesel. Kandungan metil ester dalam biodiesel memiliki peran krusial dalam menentukan kualitas dan karakteristik bahan bakar (Pupu, et.al., 2024). Gliserol (*Triglyserida*) merupakan hasil samping dari proses pembuatan biodiesel. Komponen utama lemak sapi adalah *triglyserida*, yaitu ester dari gliserol dan tiga asam lemak. Proses transesterifikasi mengubah trigliserida menjadi metil ester asam lemak (FAME), yang merupakan komponen utama biodiesel (Rengga & Ernawati, 2019).

Biodiesel lemak sapi yang memenuhi standar kualitas akan memiliki kadar gliserol yang sangat rendah, mendekati nol setelah proses pemurnian. Keberadaan gliserol dalam jumlah yang signifikan menunjukkan bahwa proses transesterifikasi dan pemurnian belum optimal (Said, et.al., 2018). Air dapat terkandung dalam biodiesel, kadar air dalam lemak sapi mentah sangat berpengaruh terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Air yang terkandung dalam lemak sapi dapat mengganggu proses transesterifikasi, yaitu reaksi kimia yang mengubah trigliserida (komponen utama lemak) menjadi metil ester asam lemak (FAME), yang merupakan komponen utama biodiesel (Joelianingsih, et.al., 2018). Kadar air dalam biodiesel lemak sapi harus dijaga serendah mungkin. Standar kualitas biodiesel biasanya menetapkan batas atas untuk kadar air, yang umumnya kurang dari 0,05% (berat). Proses pengeringan atau

dehidrasi yang efektif diperlukan selama proses produksi untuk memastikan kadar air tetap rendah dan biodiesel memenuhi standar kualitas yang diperlukan. Pengujian kadar air secara berkala sangat penting untuk memantau kualitas biodiesel dan memastikan bahwa produk tersebut aman untuk digunakan pada mesin (Toldrá-Reig, et.al., 2020).

Biodiesel merupakan senyawa ester yang dihasilkan dari asam lemak yang terdapat dalam minyak nabati maupun lemak hewani. Bahan bakar ini dikenal ramah lingkungan karena tidak mencemari udara, mudah terurai secara alami, dan bersifat terbarukan. Dengan keunggulan tersebut, biodiesel memiliki potensi besar sebagai alternatif untuk mengatasi keterbatasan pasokan minyak bumi. Salah satu cara pembuatan biodiesel adalah melalui proses esterifikasi asam lemak dari minyak nabati, atau melalui transesterifikasi trigliserida dengan alkohol, yang akan menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk sampingan (Dimawarnita, et.al., 2021). Menurunnya ketersediaan bahan bakar fosil dan sifatnya yang tidak dapat diperbarui menjadi salah satu penyebab utama krisis energi di tingkat global. Dalam situasi ini, biodiesel hadir sebagai alternatif bahan bakar yang menjanjikan untuk menggantikan minyak solar. Selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, penggunaan biodiesel juga berkontribusi dalam menurunkan emisi gas rumah kaca, sehingga memberikan dampak positif bagi lingkungan (Oktaningrum, 2020).

Salah satu hambatan utama dalam pengembangan biodiesel di Indonesia adalah tingginya biaya investasi untuk mengolah minyak nabati menjadi biodiesel. Kondisi ini membuat banyak pelaku industri lebih memilih mengekspor minyak nabati dalam bentuk mentah, karena dinilai lebih cepat dan menguntungkan. Selain itu, hasil produksi biodiesel yang dihasilkan tidak sebanding dengan besarnya biaya yang dikeluarkan. Akibatnya, kapasitas produksi biodiesel nasional belum dimanfaatkan secara optimal, dengan realisasi produksi tahunan yang masih

di bawah 75% dari kapasitas terpasang (Murtiningrum & Firdaus, 2016 dalam Andalia & Pratiwi, 2019).

Bahan bakar minyak adalah sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Penggunaan yang terus-menerus menyebabkan cadangan energi semakin berkurang. Pada tahun 2009 hingga 2011, konsumsi minyak bumi tercatat masing-masing sebesar 379.142, 388.241, dan 394.052 juta barel. Sementara itu, pada tahun 2011, Cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan mencapai sekitar 7,73 miliar barel (Ditjen MIGAS, 2012). Namun, untuk menjamin ketersediaan energi di masa depan, pengembangan sumber energi baru dan terbarukan menjadi sangat penting. Salah satu alternatif energi yang tengah dikembangkan sebagai solusi adalah biodiesel (Shahab & Husnah, 2022). Biodiesel merupakan bahan bakar untuk mesin diesel yang berasal dari sumber daya hayati, baik itu minyak nabati maupun lemak hewani. Senyawa utama dalam biodiesel adalah ester (Ramadhani, et.al., 2024).

Transesterifikasi adalah proses kimia di mana gugus ester pada trigliserida digantikan oleh ester lain, menghasilkan alkil ester yang merupakan komponen utama biodiesel. Proses ini juga dikenal dengan istilah alkoholisis. Secara alami, reaksi ini berlangsung cukup lambat, namun kecepatannya bisa ditingkatkan dengan penggunaan katalis. Katalis yang paling sering dipakai dalam proses transesterifikasi adalah katalis basa seperti natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) (Oktaningrum, 2020).

Lemak sapi yang diperoleh dari tempat pemotongan hewan dicuci dengan air suling untuk menghilangkan noda darah dan kotoran yang menempel. Setelah proses pencucian selesai, lemak sapi tersebut dipotong menjadi bagian-bagian kecil sebelum dimasukkan ke dalam panci. Langkah ini penting untuk memastikan bahwa lemak sapi bersih dan siap untuk diproses lebih lanjut (Esther Olubunmi, et.al., 2022). Minyak sapi dicairkan dengan menggunakan pemanas listrik selama 5 menit

pada suhu 50 °C dalam gelas beker. Setelah minyak sapi tersebut berhasil dicairkan, proses penyaringan dilakukan dengan menggunakan kertas saring Whatman 40 untuk memisahkan partikel-partikel yang tidak diinginkan. Langkah ini penting untuk memastikan bahwa minyak sapi yang dihasilkan bersih dan siap digunakan. Proses pemanasan dan penyaringan ini bertujuan untuk mendapatkan minyak sapi yang berkualitas tinggi dan bebas dari kotoran (Raharjo Fahmi Reza; Jaya, Danang, 2019). Dalam penelitian ini, eksperimen dilakukan dengan menggunakan sistem produksi batch, di mana semua bahan—minyak, metanol, dan katalis—dimasukkan sekaligus sebelum proses dimulai. Awalnya, minyak dipanaskan hingga mencapai suhu yang telah ditentukan. Pada saat yang sama, katalis KOH dilarutkan ke dalam metanol untuk membentuk larutan metoksida, yaitu campuran metanol dan katalis. Setelah larutan metoksida siap, campuran tersebut ditambahkan ke dalam wadah berisi minyak yang telah dipanaskan, kemudian proses transesterifikasi dilanjutkan (Furqon, et.al., 2019). Reaksi transesterifikasi bertujuan untuk memecah dan menghilangkan trigliserida serta mengurangi viskositas minyak. KOH dipilih sebagai katalis karena keberadaan katalis basa dapat mempercepat reaksi, bahkan pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan katalis asam. Sebenarnya yang mempercepat reaksi adalah kalium metoksida (KOCH_3), yang terbentuk dari reaksi antara KOH dan metanol. Menurut literatur, suhu yang optimal untuk reaksi transesterifikasi adalah sekitar 60 °C (Vicente, 2005). Tujuan penambahan katalis KOH (Kalium hidroksida) pada proses pembuatan biodiesel dari lemak sapi adalah untuk mempercepat reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi kimia yang menjadi metil ester (biodiesel) dan gliserol. Reaksi ini berlangsung lambat tanpa katalis. KOH berperan sebagai katalis basa, yang menurunkan energi aktivasi reaksi, sehingga reaksi transesterifikasi dapat berlangsung lebih cepat dan efisien. Dengan kata lain, KOH mempercepat laju reaksi tanpa ikut bereaksi dan berubah secara permanen.

Hasilnya, proses pembuatan biodiesel menjadi lebih singkat dan lebih hemat energi (Oktaningrum, 2020).

Katalis adalah zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi kimia sehingga proses dapat lebih cepat mencapai kesetimbangan, tanpa ikut berubah atau habis selama reaksi berlangsung (Athallah, 2022).

Menurut Widi (2018), berdasarkan fase katalis, reaktan, dan produk yang terlibat, katalis dibagi menjadi dua jenis, yaitu: Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fase yang sama dengan reaktan dan produk selama proses katalitik. Katalis ini bekerja dengan membentuk senyawa kompleks bersama molekul reaktan dan mengatur ulang struktur molekul, sehingga reaksi berjalan secara spesifik dan menghasilkan produk yang diinginkan dengan efisiensi tinggi.

Katalis heterogen adalah katalis yang berada pada fase berbeda dari reaktan dan produk. Mekanisme katalisis pada sistem ini terjadi melalui difusi dan adsorpsi molekul reaktan pada permukaan katalis, yang kemudian mempercepat reaksi berlangsung. Tujuan penambahan katalis KOH (Kalium hidroksida) pada proses pembuatan biodiesel dari lemak sapi adalah untuk mempercepat reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi kimia yang m

FFA merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam produksi biodiesel. Mengendalikan kadar FFA dalam bahan baku minyak sangat penting untuk menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi dan menghindari masalah terkait dengan stabilitas, korosi, dan efisiensi mesin. (Pasaribu et al., 2023)

Tingkat FFA yang tinggi dalam bahan baku minyak dapat menurunkan kualitas biodiesel dengan kualitas rendah. FFA dapat bereaksi dengan katalis yang digunakan dalam proses transesterifikasi, mengurangi efisiensi proses dan menghasilkan biodiesel dengan katalis rendah. FFA dapat menyebabkan korosi pada komponen mesin, terutama pada sistem bahan bakar. FFA dapat menyebabkan ketidakstabilan biodiesel, seperti pembentukan endapan dan perubahan warna.

(Silalahi, et.al., 2021). Kepadatan atau densitas adalah sifat fisik yang mengukur massa suatu bahan dalam setiap satuan volume (Qurratul'ayun, 2017). Kepadatan bahan bakar merupakan faktor penting yang mempengaruhi berbagai aspek kinerja mesin, seperti konsumsi bahan bakar, proses pembakaran, dan emisi yang dihasilkan (Wahyudi, et.al., 2023). Densitas (ρ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Qurratul'ayun, 2017):

$$\rho = \frac{\text{massa sampel}}{\text{volume}}$$

Analisis viskositas adalah proses pengukuran dan interpretasi viskositas, yang merupakan ukuran kekentalan atau resistensi terhadap aliran suatu fluida. Dengan kata lain, analisis ini menentukan seberapa mudah atau sulit suatu cairan atau gas dapat mengalir. Fluida dengan viskositas tinggi, seperti madu, akan mengalir lebih lambat dibandingkan dengan fluida yang memiliki viskositas rendah, seperti udara. Analisis viskositas sangat penting di berbagai bidang karena viskositas mempengaruhi banyak aspek kinerja dan karakteristik material (Irawati, 2021). Titik tuang (*pour point*) adalah suhu terendah di mana bahan bakar minyak masih mampu mengalir secara alami saat diuji. Kemampuan aliran minyak solar dipengaruhi oleh jenis dan komposisi hidrokarbon yang terkandung di dalamnya. Biasanya, bahan bakar sulit mengalir pada titik tuang karena kandungan lilin (parafin) yang tinggi, meskipun viskositas yang sangat tinggi juga dapat menjadi penyebabnya. Bahan bakar dengan kadar parafin tinggi cenderung lebih cepat membeku dibandingkan bahan bakar dengan kadar parafin yang rendah. Namun, struktur lilin yang terbentuk akibat pendinginan ini dapat diatasi dengan penerapan tekanan yang relatif rendah (Salmahaminati, et.al., 2022).

Cetane index adalah ukuran kemampuan bahan bakar untuk menyala dengan cepat dan mudah di dalam mesin diesel. Semakin tinggi *cetane index*, semakin mudah bahan bakar menyala dan semakin baik performanya. Standar *cetane index* untuk biodiesel berkisar 51 hingga 55. (Yunita Prabawati & Fajriati, 2021). *Cetane index*

dipengaruhi oleh komposisi asam lemak dalam biodiesel. Biodiesel dari lemak sapi memiliki *cetane index* yang lebih tinggi dibandingkan dengan biodiesel dari minyak nabati lainnya. *Cetane index* yang tinggi menunjukkan pembakaran yang lebih baik, menghasilkan emisi yang lebih rendah dan performa mesin yang lebih baik. Biodiesel dengan *cetane index* yang rendah dapat menyebabkan masalah pada mesin, seperti *knocking*, suara kasar, dan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi (Aini, et.al., 2020).

% *yield* menunjukkan seberapa efisien proses produksi dalam mengubah bahan baku menjadi produk jadi. *Yield* ini dihitung dengan membandingkan jumlah produk yang dihasilkan terhadap jumlah bahan baku yang digunakan. Rumus umum yang digunakan untuk menghitung *yield* adalah sebagai berikut (Wahyudi, et.al, 2023):

$$\% \text{yield} = \frac{m_p}{m_b} \times 100\%$$

Dimana:

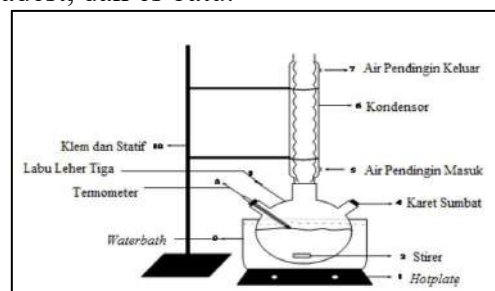
m_p = massa produk (g)

m_b = massa bahan baku (g)

3. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat berupa *beaker glass*, *oven*, labu leher 3, kondensor, corong pemisah, piknometer, *hot plate*, gelas ukur, corong kaca, tabung reaksi, kertas saring, *thermometer*, erlenmeyer, dan spatula. Bahan yang digunakan lemak sapi, methanol, katalis KOH, aquadest, dan es batu.



Gambar 2.1 Alat Penelitian Biodiesel Dari Lemak Sapi

2.2 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu 50 °C, 55 °C dan 60°C. Waktu 45, 55 dan 65 menit, sedangkan

variabel tetap berupa volume bahan baku 200 ml, methanol 100 ml, katalis KOH 2,5%.

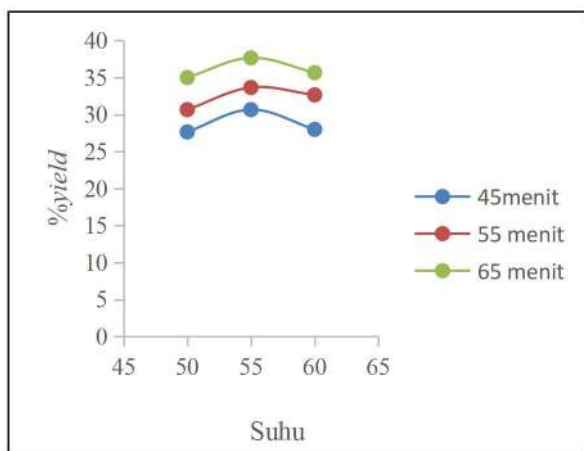
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.2 Analisa %Yield Biodiesel

Tabel 2.1 %Yield Biodiesel yang Didapatkan

Bahan Baku (ml)	Waktu (menit)	Volume Produk Biodiesel (ml)	%Yield
300	45	83	27,66
		92	30,66
		98	28
	55	92	30,66
		101	33,66
		98	32,66
	65	105	35
		113	37,66
		107	35,66

Dari tabel 2.1 dibuat gambar hubungan antara suhu terhadap % yield biodiesel yang dapat dilihat.



Gambar 2.2 Hubungan Antara Suhu Transesterifikasi Dengan % Yield

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa % yield biodiesel cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya suhu transesterifikasi. Hal ini terjadi karena suhu yang lebih tinggi memungkinkan reaksi transesterifikasi berlangsung lebih sempurna, sehingga menghasilkan % yield yang lebih tinggi. Dari gambar tersebut, terlihat bahwa hasil % yield terbaik dicapai pada waktu 65 menit dan suhu 55°C, yaitu 37,66%.

2.4 Analisa Density

Tabel 2.2 Data Hasil Pengukuran Density

Sampel		Density	
Waktu (menit)	Suhu (°C)	g/cm ³	kg/m ³
65	50	0,8732	873,20
	55	0,8730	873,00
	60	0,86922	869,22



Gambar 2.3 Hubungan Antara Suhu Reaksi Dengan Density

Gambar 2.3 menunjukkan densitas selama 65 menit pada variasi suhu, terlihat densitas cenderung menurun seiring peningkatan suhu. Pada suhu 50°C dan 55°C densitas terukur diangka 873,2 kg/m³ kemudian terjadi penurunan menjadi 869,22 kg/m³ pada suhu 60 °C. Penurunan densitas dipengaruhi oleh adanya kenaikan suhu, sehingga penguraian komponen lemak sapi lebih sempurna. Seperti pada penelitian Mutmainah (2017). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 densitas bahan bakar cair berkisar 850-890 kg/m³. Artinya dapat disimpulkan dari 3 sampel dengan variasi ke-3 suhu, untuk nilai densitas bahan bakar cair yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak lemak sapi menjadi biodiesel untuk analisa densitasnya telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015.

2.5 Analisa Viskositas:

Viskositas atau kekentalan adalah sifat dari suatu zat cair (fluida). Viskositas bertujuan untuk menentukan nilai kekentalan suatu cairan, semakin besar viskositas maka aliran akan semakin lambat.

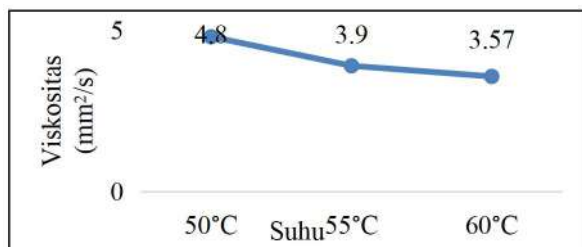
Hasil proses transesterifikasi terhadap kualitas viskositas dapat dilihat pada gambar 2.3, yang menunjukkan penurunan viskositas

saat suhu naik dari 50 °C ke 55 °C dan kemudian ke 60°C. Suhu memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai viskositas, yang juga berkaitan erat dengan densitas bahan (Yanisa, 2018). Viskositas dan densitas memiliki hubungan yang searah, artinya ketika densitas menurun, viskositas juga akan menurun, dan sebaliknya, jika densitas meningkat, viskositas akan ikut bertambah.

Tabel 2.3 Data Hasil Pengukuran Viskositas

Sampel		Suhu <i>Water Bath</i> (°C)	Waktu (detik)	Hasil Analisa (cSt)
Waktu (menit)	Suhu (°C)			
65	50	40	119	4,8
	55		130	3,9
	60		160	3,57

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015, viskositas bahan bakar cair sebaiknya berada pada rentang 2,3 hingga 6 mm²/s. Dari hasil penelitian dengan berbagai variasi, nilai viskositas kinematik yang diperoleh berkisar antara 3,57 hingga 4,8 cSt.



Gambar 2.4 Hubungan Antara Suhu Reaksi Dengan Viskositas

Terlihat bahwa viskositas biodiesel menurun seiring dengan bertambahnya waktu reaksi dan kenaikan suhu. Dengan demikian, viskositas biodiesel yang dihasilkan dari minyak lemak sapi sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI.

2.6 Analisa *Pour Point* (ASTM D-97)

Analisa ini bertujuan untuk menentukan suhu terendah dimana biodiesel masih dapat mengalir dengan baik tanpa membeku. Parameter ini sangat penting untuk menilai seberapa stabil biodiesel saat digunakan di lingkungan yang dingin. Jika nilai *pour point* terlalu tinggi, bahan bakar

dapat membeku di saluran mesin, sehingga pengujian ini diperlukan untuk memastikan biodiesel tetap stabil dan aman digunakan dalam berbagai kondisi suhu. Berikut adalah Tabel 4.7 yang menunjukkan hasil dari pengujian *pour point*.

Tabel 2.4 Data Hasil Analisa *Pour Point*

Sampel		Titik Tuang (<i>Pour point</i>)	
Waktu (menit)	Suhu (°C)	°F	°C
65	50	45	12
	55	45	12
	60	45	12

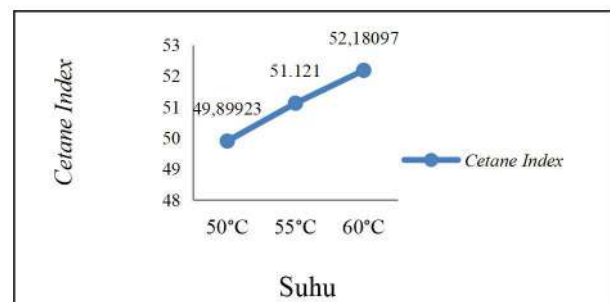
Tabel 4.7 menunjukkan data hasil analisa *Pour point* pada variasi suhu dengan proses waktu selama 65 menit bahwa pada suhu 50 °C, 55 °C, dan 60° C, *Pour point* yang terukur dengan nilai yang sama pada temperatur adalah 45°F atau 12°C memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI 7182) thn 2015, yaitu *pour point* maksimal 18°C.

2.7 Analisa *Cetane Index* (ASTM D-4737)

Dari penelitian yang dilakukan, dengan menggunakan variasi suhu 50°C, 55°C, dan 60°C dengan waktu 65 menit melalui metode transesterifikasi yang dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Data Hasil Analisa *Cetane Index*

Sampel		<i>Density</i> (g/cm ³)	<i>Cetane Index</i>
Waktu (menit)	Suhu (°C)		
65	50	0,8732	49,89923
	55	0,8730	51,121
	60	0,86922	52,18097



Gambar 2.5 Hubungan Antara Suhu Reaksi Dengan *Cetane Index*

Dari tabel 2.5 dibuat grafik hubungan antara suhu terhadap *Cetane Index* biodiesel yang dapat dilihat pada Gambar 2.5. Gambar grafik 2.5 menunjukkan gambar analisa *Cetane Index*, dimana *Cetane Index* merupakan analisa penting untuk mengukur performa pembakaran bahan bakar diesel. dengan sampel minyak lemak sapi yang menggunakan waktu reaksi 65 menit pada suhu 55°C menghasilkan cetane index 51.121, dan pada suhu 65°C menghasilkan cetane index 52,12. Hasil tersebut memenuhi Standard Industri Indonesia (SNI).

5. KESIMPULAN

Dari pembahasan tersebut, maka dapat disimpulkan:

1. Waktu reaksi optimal 65 menit menghasilkan % *yield* biodiesel 37,66 %. Waktu reaksi terendah 50 menit hanya menghasilkan % *yield* biodiesel 35,66 %.
2. Densitas biodiesel yang terbaik 873,2 kg/m³ pada suhu 50 °C, *pour point* pada suhu 50 °C, 55 °C dan 60 °C sama sama mend1. Lemak sapi memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan biodiesel melalui proses transesterifikasi, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
3. Data kualitas biodiesel yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi Standard Industri Indonesia. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa lemak sapi memiliki potensi besar untuk diolah menjadi produk biodiesel menjadi bahan bakar atau energi terbarukan pengganti bahan bakar fosil yang cadangannya semakin menipis.

DAFTAR PUSTAKA

Adisti, J. P., Suwirman, S., & Idris, M. 2023. *The Effect of Centella (Centella asiatica (L.) Urb.) Extract with Several Types of Solvents as a Biostimulant on the Growth of Pagoda Mustard (Brassica rapa var. narinosa L.)*. Jurnal Biologi UNAND, 11(1), 54. <https://doi.org/10.25077/jbioua.11.1.54-61.2023>

Aini, Z., Yahdi, Y., & Sulistiyan, S. 2020. *Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Cangkang Telur Ayam Ras Dengan Perlakuan Suhu yang Berbeda*. Spin Jurnal Kimia & Pendidikan Kimia, 2(2), 98–115.

<https://doi.org/10.20414/spin.v2i2.2723>

Andalia, W., & Pratiwi, I. 2022. *Kinerja Katalis Naoh dan KOH ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas*. Jurnal Tekno Global UGM Fakultas Teknik, 7(2), 66–73. <https://doi.org/10.36982/jtg.v7i2.549>

Atadashi, I. M., Aroua, M. K., Aziz, A. A., & Sulaiman, N. M. 2022. *The effects of water on biodiesel production and refining technologies: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14(2), 543–552. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.011>

Dimawarnita, F., Arfiana, A. N., Mursidah, S., Maghfiroh, S. R., & Suryadarma, P. 2021. *Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Nabati Menggunakan Aspen HYSYS*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 31(1), 98–109. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.98>

Esther Olubunmi, B., Fatai Alade, A., Ogbeide Ebhodaghe, S., & Tokunbo Oladapo, O. 2022. *Optimization and Kinetic Study of Biodiesel Production From Beef Tallow Using Calcium Oxide As A Heterogeneous and Recyclable Catalyst*. Energy Conversion and Management: X, 14 April 2026. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100221>

Febriana, I., Ridwan, K., Hatina, S., & Pujiastuti, S. 2022. *Pengolahan Lemak Sapi Menjadi Biofuel Menggunakan Katalis Calcium Oxide*. Jurnal Redoks, 7(1), 10–18. <https://doi.org/10.31851/redoks.v7i1.7004>

Furqon, F., Nugroho, A. K., & Anshorulloh, M. K. 2020. *Kajian Penggunaan Katalis KOH pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Reverse Flow Biodiesel Reactor secara Batch*. Rona Teknik Pertanian, 12(1), 22–31. <https://doi.org/10.17969/rtp.v12i1.12508>

- Gandure, J., Ketlogetswe, C., & Jonas, M. 2021. *Production, Composition and Fuel Properties of Tallow Biodiesel: A Case of Botswana*. Energy and Power Engineering, 09(07), 355–365. <https://doi.org/10.4236/epe.2017.97024>
- Gunstone, F. D., Harwood, J. L., & Dijkstra, A. J. 2020. *The Lipid Handbook (3rd ed.)*. CRC Press.
- Irawati, A. 2021. *Pembuatan Dan Pengujian Viskositas dan Densitas Biodiesel Dari Beberapa Jenis Minyak Jelantah*. Jurnal Fisika dan Terapannya, 5(1), 82–89. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/jft/article/view/15972>
- Jambulingam, R., Srinivasan, G. R., Palani, S., Munir, M., Saeed, M., & Mohanam, A. 2020. *Process Optimization of Biodiesel Production From Waste Beef Tallow Using Ethanol As Co-Solvent*. SN Applied Sciences, 2(8). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03243-7>
- Joelianingsih, J., Tambunan, A. H., Soerawidjaya, T. H., Sagara, Y., & Abdullah, K. 2020. *Prediksi Kualitas Biodiesel Berdasarkan Komposisi Asam Lemak Bahan Mentah (Minyak-Lemak)*. In Jurnal keteknikan Pertanian (Vol. 22, Issue 1, p. 2023).
- Km, G. I., Bulan, D., Taqwagie, Z., Syam, M. K., & Irawan, S. 2025. *Analisis Kerusakan Crown Piston yang Terjadi pada Mesin Diesel*. 1.
- Liza Devita. 2015, *Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif*
- Ma, F., & Hanna, M. A. 1999. *Biodiesel production: a review*. Bioresource Technology, 70(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00025-5)
- Metanol, D. A. N., Kapasitas, D., & Tahun, T. O. N. 2024. *Prarancangan pabrik biodiesel dari lemak sapi dan metanol dengan kapasitas 10.000 ton / tahun*.
- Musyafa k dan Rosa EPE. 2024. *Prarancangan Pabrik Biodiesel Dari Lemak Sapi Kapasitas 26.000 ton/tahun Pra Rancangan Pabrik*.
- Oktaningrum, G. N. 2020. *Pengaruh Konsentrasi Katalis KOH dan Suhu Pada Proses Transesterifikasi In Situ Bungkil Wijen (Sesame cake) Terhadap Produksi Biodiesel*. Laporan Skripsi, 1–27.
- Pasaribu, A. T., Sigit Lestari, R. A., & Firyanto, R. 2023. *Pembuatan Biodiesel Dengan Cara Adsorpsi Kulit Pisang Kepok Dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas*. CHEMTAG Journal of Chemical Engineering, 3(2), 40. <https://doi.org/10.56444/cjce.v3i2.3151>
- Perdana. 2020. *Lemak dan MINY*. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9).
- Pupu, A., Sari, D. Y., Maya, M. A., Ragil, M., & Soeharja, M. A. 2024. *Review Kandungan Metil Ester dalam Biodiesel Generasi ke-3 Mikroalga dan Penggunaan Katalis*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV (SENASTITAN IV), 3(2), 1–7.
- Pradeep Kale, Samson Yohannes, Karunakar Pothuganti, Somanath B. 2017. *Beef Tallow Biodiesel as an Alternative Transportation Fuel*. IJSRD- International Journal for Scientific Reaserch & Development. Vol. 4, Issue 12.
- Raharjo Fahmi Reza; Jaya, Danang, P. O. 2021. *Pengaruh Perbandingan Mol Reaktan dan Waktu Reaksi Terhadap Pembuatan Biodiesel dari Minyak Sapi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan,”2019: PROSIDING SNTKK 2019, I4.
- Ramadhani, D., Muh, P., & Mardhiyah, I. 2024. *Minyak Jelantah*. 7(2).
- Ramadhanti, Y. 2024. *Peran Katalis Dalam Reaksi Kimia: Mekanisme dan Aplikasi*. Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik, 2(2), 74–78. <https://doi.org/10.55904/hexatech.v2i2.915>

Renggita Dwi Nindya Affandi, Toni Rizki Aruan, Taslim Iriany. 2013. *Produksi Biodiesel Dari Lemak Sapi Dengan Proses Transesterifikasi Dengan Katalis Basa NaOH*. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol.2, No.1

Rengga, W. D. R., & Ernawati, R. E. 2022. *Biodiesel Dari Campuran Lemak Sapi (Beef Tallow) dan Minyak Sawit*. Jurnal Bahan Alam Terbarukan, 16(1), 16–24.

Ridhwan Anshor Alfauzi, Lilis Hartati, Danes Suhendra, Tri Puji Rahayu, & Hidayah, N. 2022. *Ekstraksi Senyawa Bioaktif Kulit Jengkol (Archidendron jiringa) dengan Konsentrasi Pelarut Metanol Berbeda sebagai Pakan Tambahan Ternak Ruminansia*. Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, 20(3), 95–103. <https://doi.org/10.29244/jintp.20.3.95-103>

Riyadhi, A., & Syahrullah. 2020. *Rancang Bangun Mini Reaktor Dan Uji Reaktor Pada Perengkahan Katalitik Lemak Sapi Menjadi Bahan Bakar Cair Menggunakan Katalis Mgo dan Zeolit*. Integrated Lab Journal, 04(02), 125–138.

Said, M. I., Leksono, T., & Utami, A. 2020. *Pengaruh Kombinasi Lemak-Metanol Dengan Rasio Berbeda Pada Sifat-Sifat Produk Biodiesel Berbahan Baku Lemak Sapi Bali yang Menggunakan KOH Sebagai Katalis*. Jiip, 211–218.

Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. 2021. *Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050*. Jurnal Energi Baru dan Terbarukan, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>

.