

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu tentang biodiesel telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Perbedaan dari penelitian-penelitian tersebut terdapat pada variasi katalisator dan konsentrasinya. Penelitian yang dilakukan oleh Ranggita dkk, (2013) menggunakan katalis NaOH dalam mendapatkan produk biodiesel pada suhu 50°C. Hasil analisis menggunakan katalis NaOH didapatkan yield maksimum 95,67% dengan waktu untuk bereaksi selama 30 menit dan menggunakan katalis NaOH sebesar 0,8%. Spesifikasi biodiesel ini telah memenuhi standar nasional Indonesia (SNI).

Penelitian Hanafie dkk, (2017) menggunakan minyak jelantah untuk membuat biodiesel dengan dua tahapan esterifikasi dan transesterifikasi. Hasil analisis biodiesel dari minyak jelantah diperoleh densitas hari ke 30 adalah 889 kg/m³, viskositas hari ke 30 adalah 5,95 cst, FFA hari ke 30 adalah 0,40%. Ketiga hasil analisis tersebut memenuhi standar Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015 untuk biodiesel.

Penelitian Ishaq dkk, (2021) menggunakan minyak jelantah menjadi biodiesel dengan melihat dari pengaruh katalis KOH. Hasil analisis katalis KOH dengan berat 2,5 gram memenuhi uji mulai dari viskositas 5,77 mm²/s, densitas 880 kg/m³, bilangan asam 0,5 mg-KOH/g, kadar air 0,3%, dan bilangan iod 20% yang tergolong masih rendah akan tetapi tetap termasuk dalam standar, dengan angka maksimum yakni 115% berdasarkan SNI 7182:2015 untuk biodiesel.

Penelitian Efendi dkk, (2018) membuktikan minyak jelantah dapat diolah kembali menjadi biodiesel menggunakan metode esterifikasi-transesterifikasi. Minyak jelantah yang digunakan berdasarkan variasi jumlah pemakaian minyak jelantah yang berbeda, terbukti mampu diolah kembali menjadi biodiesel. Karakteristiknya yaitu nilai densitas rata-rata sebesar 0,86988 kg/mm³, viskositas rata-rata sebesar 4,5440 cSt, bilangan asam rata-rata sebesar 0,372 mg-KOH/gram, kadar air rata-rata sebesar 0,0258%, serta nilai rendemen rata-rata

sebesar 83,268%. Reaksi esterifikasi-transesterifikasi mampu menghasilkan biodiesel dengan karakteristik yang sesuai dengan SNI 7182:2015 untuk biodiesel.

Penelitian Wiyata & Broto, (2021) menggunakan minyak jelantah untuk membuat biodiesel dengan metode penanganan yang terbaik dengan reaksi transesterifikasi dan metode analisis faktorial 2 level 3 variabel desain untuk menentukan efek utama yang memiliki dampak terbesar. Hasil analisis kondisi transesterifikasi terbaik adalah variabel kedelapan, penambahan 4% Ca (b/b), waktu esterifikasi 130 menit dan suhu operasi dari 60°C. Karakteristik biodiesel yang diperoleh adalah nilai viskositas 3,8246 cSt, densitas 864,8 kg/m³, %yield 81,4% dan angka setana 38.

Penelitian Hadrah dkk, (2018) menggunakan minyak jelantah untuk pembuatan biodiesel dengan menggunakan reaksi transesterifikasi. Hasil pengujian nilai viskositas kinematik pada rasio penggunaan metanol dan NaOH terhadap minyak jelantah 1:2, 1:4, 1:8 secara berurutan yaitu 3,93 Cst, 4,01 Cst, 4,32 Cst. Hasil uji menunjukkan bahwa kualitas biodiesel telah memenuhi SNI 7182:2015 pada parameter viskositas, densitas dan uji nyala, sedangkan asam lemak bebas tidak memenuhi standar SNI 7182:2015.

Penelitian Pratiwi dkk, (2016) melakukan penelitian pembuatan biodiesel yang bertujuan membandingkan kualitas biodiesel dengan perbedaan proses (esterifikasi dan esterifikasi-transesterifikasi). Hasil analisis menunjukkan pembuatan biodiesel dengan menggunakan proses 2 tahap (esterifikasi-transesterifikasi) lebih baik dibandingkan dengan proses 1 tahap (esterifikasi). Hal ini dikarenakan yang dihasilkan dengan proses 2 tahap lebih tinggi yaitu sebesar 62,667%

Penelitian Nuraeni dkk, (2019) menggunakan limbah minyak jelantah untuk pembuatan menjadi biodiesel dan triasetin. Biodiesel yang diperoleh dari transesterifikasi minyak jelantah dan metanol memiliki rendemen 95,28 % dengan kandungan metil ester yang sesuai dengan minyak kelapa sawit. Triasetin yang diperoleh dari hasil esterifikasi gliserol dengan asam asetat memiliki rendemen yang rendah, yaitu 24,05%.

Penelitian Andalia & Pratiwi, (2018) melakukan pembuatan biodiesel yang bertujuan untuk menentukan kondisi optimum pada katalis NaOH dan KOH dalam mendapatkan produk biodiesel yang berkualitas pada suhu 60-65°C. Biodiesel yang diperoleh dari hasil transesterifikasi didapatkan hasil katalis KOH lebih baik daripada katalis NaOH. Dari katalis KOH didapatkan nilai FFA 0,2048, *water content* 0,317, metanol content 0,317, angka asam 0,019635, densitas 0,85806, viskositas 4,5684.

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Ranggita dkk, (2013)	Membuat biodiesel dengan menggunakan lemak sapi sebagai bahan baku yang murah dan potensial melalui proses transesterifikasi satu tahap.	Hasil analisis menggunakan katalis NaOH yield maksimum 95,67% dengan waktu reaksi 30 menit dan katalis NaOH 0,8%. Spesifikasi biodiesel telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015.	Katalis transesterifikasi, bahan baku minyak jelantah, proses esterifikasi, proses <i>degumming</i> .
2.	Hanafie, dkk (2017)	Membuat biodiesel dari minyak jelantah yang diperoleh dari produsen gorengan dengan dua tahapan esterifikasi dan transesterifikasi.	Hasil analisis Densitas hari pertama 882 kg/m ³ , hari ke 15 adalah 889 kg/m ³ dan hari ke 30 adalah 889 kg/m ³ sesuai dengan standar karakteristik nilai densitas biodiesel. Viskositas hari pertama adalah 5,43 cst, hari ke	Proses <i>degumming</i> , bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan dengan bioadsorben, suhu pemanasan esterifikasi &

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			<p>15 adalah 5,72 cst, dan hari ke 30 adalah 5,95 cst, sesuai dengan standar SNI biodiesel yang ditetapkan pemerintah.</p> <p>FFA hari pertama 0,28%, hari ke 15 adalah 0,31% dan hari ke 30 adalah 0,40% sesuai kadar FFA yang memenuhi standar SNI biodiesel.</p>	transesterifikasi.
3.	Ishaq, dkk (2021)	Mengetahui pengaruh katalis KOH terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah.	<p>Sampel 1 (2,5 gr KOH) mempunyai mutu yang lebih baik karena memenuhi uji mulai dari viskositas 5,77 mm²/s dengan batas standar 6,0 mm²/s , densitas 880 Kg/m³ dengan batas maksimum 890 Kg/m³, bilangan asam 0,5 mg-KOH/g dengan batas maksimum 0,8 mg-KOH/g , kadar air yang ditunjukkan pada angka</p>	<p>Proses <i>degumming</i>, bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan dengan bioadsorben, proses esterifikasi.</p>

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			0,3% dengan batas maksimum 0,5%, dan bilangan iod pada angka 20% yang tergolong masih rendah akan tetapi tetap termasuk dalam standar, dengan angka maksimum yakni 115% berdasarkan Standar Biodiesel Indonesia.	
4.	Efendi, dkk (2018)	Membuktikan bahwa minyak jelantah dengan variasi jumlah pemakaian sebelumnya yang berbeda-beda, dapat digunakan menjadi bahan baku biodiesel menggunakan metode esterifikasi H ₂ SO ₄ - transesterifikasi NaOH serta mengetahui	Proses esterifikasi transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C selama 1 jam. Jelantah dengan variasi jumlah pemakaian minyak jelantah yang berbeda, terbukti mampu digunakan menjadi biodiesel. Karakteristik yang dianalisis yaitu nilai densitas rata-rata sebesar 0,86988 kg/mm ³ , viskositas rata-rata sebesar 4,5440 cSt, bilangan asam rata-rata	Bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan dengan bioadsorben, katalis transesterifikasi, katalis proses <i>degumming</i> .

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		kualitas biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah.	sebesar 0,372 mg-KOH/gram, kadar air rata-rata sebesar 0,0258%, serta nilai rendemen rata-rata sebesar 83,268%. Reaksi esterifikasi-transesterifikasi mampu menghasilkan biodiesel dengan karakteristik yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2015.	
5.	Wiyata dan Broto (2021)	Menentukan metode penanganan yang terbaik untuk reaksi transesterifikasi, dan menggunakan metode analisis faktorial 2 level 3 variabel desain untuk menentukan efek utama yang memiliki dampak	Kondisi transesterifikasi terbaik adalah pada variabel kedelapan, penambahan 4% CaO (b/b), waktu esterifikasi 130 menit dan suhu operasi dari 60°C. Karakteristik biodiesel yang diperoleh adalah nilai viskositas 3,8246 cSt, densitas 864,8 kg/m ³ , %yield 81,4% dan angka setana 38,0.	Proses <i>degumming</i> , bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan dengan bioadsorben, waktu pemanasan esterifikasi & transesterifikasi.

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		terbesar.		
6.	Hadrah, dkk (2018)	Membuat biodiesel dari minyak jelantah dilakukan dengan menggunakan reaksi transesterifikasi (NaOH).	Hasil pengujian nilai viskositas kinematik pada rasio penggunaan metanol dan NaOH terhadap minyak jelantah 1:2, 1:4, 1:8 secara berurutan yaitu 3,93 Cst, 4,01 Cst, 4,32 Cst. Hasil uji menunjukkan bahwa kualitas biodiesel telah memenuhi SNI 7182:2015 pada parameter viskositas, densitas dan uji nyala.	Proses <i>degumming</i> , bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan dengan bioadsorben, proses esterifikasi, katalis transesterifikasi.
7.	Pratiwi, dkk (2016)	Membandingkan kualitas biodiesel dengan perbedaan proses (esterifikasi dan transesterifikasi) dalam pembuatan biodiesel.	Pembuatan biodiesel dengan dengan waktu pemanasan dengan suhu 70 °C selama 70 menit menggunakan proses 2 tahap (esterifikasi H ₂ SO ₄ -transesterifikasi NaOH) lebih baik dibandingkan dengan proses 1 tahap (esterifikasi). Hal ini dikarenakan yield yang	Bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan dengan bioadsorben, katalis transesterifikasi, suhu pemanasan esterifikasi & transesterifikasi, waktu

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			dihasilkan dengan proses 2 tahap lebih tinggi yaitu sebesar 62,667% dibandingkan dengan proses 1 tahap sebesar 48%.	pemanasan esterifikasi & transesterifikasi.
8.	Nuraeni, dkk (2019)	Memfaatkan limbah minyak jelantah dengan mengubahnya menjadi biodiesel dan triasetin.	Biodiesel yang diperoleh dari transesterifikasi minyak jelantah dan metanol memiliki rendemen 95,28 % dengan kandungan metil ester yang sesuai dengan minyak kelapa sawit. Triasetin yang diperoleh dari hasil esterifikasi gliserol dengan asam asetat memiliki rendemen yang rendah, yaitu 24,05%.	Proses <i>degumming</i> , bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan dengan bioadsorben, proses esterifikasi.
9.	Andalia dan Pratiwi (2018)	Menentukan kondisi optimum pada katalis NaOH dan KOH dalam mendapatkan	Biodiesel yang diperoleh dari hasil transesterifikasi didapatkan hasil katalis KOH lebih baik daripada katalis NaOH.	Proses <i>degumming</i> , bahan baku minyak jelantah yang sudah dimurnikan

No	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		produk biodiesel yang berkualitas pada suhu 60-65°C.	Dari katalis KOH didapatkan nilai FFA 0,2048, <i>water content</i> 0,317, metanol content 0,317, angka asam 0,019635, densitas 0,85806, viskositas 4,5684.	dengan bioadsorben, proses esterifikasi.
10.	Pardede dan Mularen (2020)	Mengaktivasi cangkang telur secara fisika serta dimanfaatkan sebagai adsorben untuk merendahkan bilangan asam, bilangan peroksida serta kandungan air pada minyak jelantah.	Selama 2 jam, adsorben cangkang telur terpicu pada 700°C. Hasil adsorpsi diperoleh bilangan asam terendah 0,3 mgKOH/g, bilangan peroksida 7 mek O ₂ /kg, dan kadar air 0 persen pada 50 menit, dan massa adsorben 10 gram.	Waktu dan suhu kalsinasi.

2.2 Teori – Teori yang Relevan

2.2.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah merupakan limbah cair dari proses penggorengan. Limbah cair ini dapat mencemari lingkungan dikarenakan tingginya kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biology Oxygen Demand*) di suatu perairan, selain itu juga dapat menimbulkan bau tidak sedap akibat adanya degradasi biologi (Prasetyo, 2018). Pada minyak jelantah ini memiliki kandungan yang tidak layak

untuk dikonsumsi (Prihanto & Irawan, 2018). Minyak jelantah (*waste coking oil*) juga mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik. Senyawa tersebut dapat merusak kesehatan manusia seperti menimbulkan endapan lemak dibagian pembuluh darah yang memicu turunnya kecerdasan manusia (Alamsyah dkk., 2017).

Kandungan yang terdapat dalam minyak jelantah yaitu senyawa karbonil, asam lemak bebas dan peroksida yang menyebabkan penyakit kronis pada diri manusia (Hidayati dkk., 2016). Selain kandungan tersebut minyak jelantah juga mengandung radikal bebas yang dapat mengoksidasi organ tubuh secara perlahan. Seringnya mengkonsumsi minyak jelantah juga dapat meningkatkan potensi kanker dalam tubuh manusia. Menurut para ahli kesehatan, minyak goreng hanya boleh digunakan dua sampai empat kali untuk menggoreng (Julius Fernando Pakpahan dkk., 2013).

2.2.2 Biodiesel (Metil ester)

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati maupun lemak hewani. Biodiesel terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui oleh alam terdiri dari campuran *mono-alkyl ester* yang asalnya dari asam lemak sebuah rantai panjang. Bahan bakar ini juga disebut ramah lingkungan karena gas buangnya lebih bersih dibandingkan solar (Efendi dkk., 2018).

Reaksi pembuatan biodiesel memerlukan katalis karena reaksi cenderung berjalan lambat. Katalis bertujuan untuk menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Katalis yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel yaitu katalis basa dan katalis asam. Jika menggunakan katalis basa reaksi dapat berlangsung pada suhu kamar, sedangkan menggunakan katalis asam reaksi baru dapat berjalan baik pada suhu sekitar 100°C. Apabila tidak menggunakan katalis, reaksi memerlukan suhu minimal 250°C (Santoso dkk., 2013). Baku mutu biodiesel yang digunakan berdasarkan SNI Biodiesel 7182:2015.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Biodiesel menurut SNI 7182:2015

No	Parameter uji	Satuan	Persyaratan
1.	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850 – 890
2.	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0
3.	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		nomor 1
4.	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
5.	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5

2.2.3 Degumming

Degumming merupakan salah satu tahapan dalam pemurnian biodiesel yang bertujuan untuk memisahkan getah dan lendir (residu, fosfolipid, protein, dan karbohidrat) di dalam minyak tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas (ALB) minyak. Prinsip *degumming* adalah memisahkan fosfolipid menjadi fase air sehingga dapat dipisahkan dengan cara sedimentasi, filtrasi atau sentrifugasi. Proses *degumming* dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu *degumming* menggunakan natrium klorida (NaCl), asam sulfat, asam fosfat, asam sitrat, enzim, dan teknologi membran (Mayalibit dkk., 2020).

Proses *degumming* menggunakan asam dan air diyakini lebih efektif dalam memisahkan lendir dan getah pada minyak jelantah karena asam dapat menghilangkan kontaminan dengan cara mengikat logam pada minyak jelantah. Sedangkan, air dapat melarutkan asam dan memisahkan kontaminan yang tidak larut dalam minyak jelantah (Mayalibit dkk., 2020).

2.2.4 Bioadsorben

Adsorben merupakan material yang berbentuk padat dan memiliki pori untuk menjerap suatu molekul adsorbat pada proses adsorpsi. Adsorben yang berasal dari alam dengan bahan-bahan biologi disebut juga bioadsorben. Bioadsorben berasal dari bahan-bahan alami sehingga tidak mencemari lingkungan dan lebih aman (Rahmi & Sajidah, 2017). Bioadsorben yang baik mempunyai syarat-syarat yaitu memiliki pori, rongga, dan situs aktif. Menurut

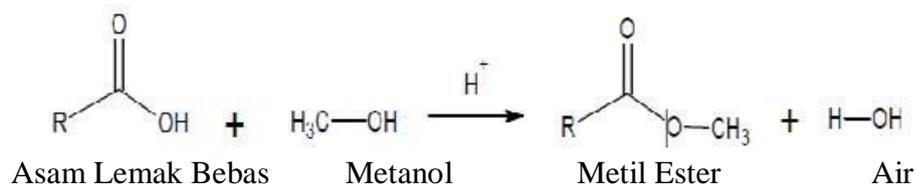
IUPAC, pori mempunyai tiga golongan yaitu mikropori (diameter kurang dari 2 nm), mesopori (diameter 2-50 nm) dan makropori (diameter lebih dari 50 nm) (Astuti, 2018).

Bioadsorben yang berasal dari hewani yaitu cangkang telur. Cangkang telur memiliki kandungan terbesar berupa kalsium karbonat, dimana kalsium karbonat ini termasuk ke dalam adsorben polar (Wati dkk., 2016). Berdasarkan komposisi mineralnya, cangkang telur tersusun atas kristal CaCO_3 (98,41%), MgCO_3 (0,84%) dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) (F. W. Puspita & Cahyaningrum, 2017).

2.2.5 Esterifikasi

Esterifikasi adalah proses mengkonversi asam lemak bebas menjadi ester dengan alkohol yang menghasilkan produk alkil ester. Esterifikasi berfungsi untuk menurunkan kadar FFA yang tinggi yaitu berangka asam >5 mg- KOH/g. Proses ini hanya dapat dilakukan dengan menambahkan katalis asam. Dalam esterifikasi katalis asam yang umum digunakan yaitu HCl atau H_2SO_4 (Efendi dkk., 2018).

Berikut reaksi kimia esterifikasi (Nenobahan dkk, 2020):



Reaksi esterifikasi juga menghasilkan hasil samping yang berbentuk air. Air produk sampingan dapat diatasi dengan menggunakan metanol berlebih. Air yang dihasilkan larut dalam metanol dan tidak mengganggu proses reaksi. Selain itu, metanol bereaksi dengan trigliserida dalam bentuk ion metoksida membentuk metil ester, yang juga dapat menekan laju hidrolisis dalam kondisi basa (Sutapa & Rosmawaty, 2014). Faktor-faktor yang berpengaruh untuk meningkatkan kecepatan reaksi esterifikasi pada reaksi kimia sebagai berikut (Nuryoto dkk., 2021):

a) Suhu reaksi

Suhu reaksi akan mempengaruhi laju reaksi esterifikasi yang terjadi. Besarnya peningkatan laju reaksi esterifikasi yang dihasilkan akan berbanding secara eksponensial satu per satuan suhu reaksi.

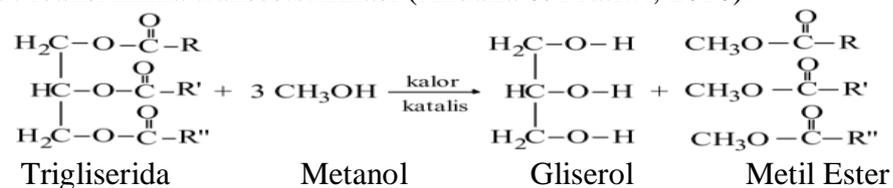
b) Konsentrasi katalisator

Konsentrasi katalisator yang diberikan untuk sistem reaksi pada jumlah tertentu akan memaksimalkan interaksi antara reaktan-sisi aktif katalisator, sehingga reaksi akan berjalan lebih cepat serta hasil reaksi yang dihasilkan akan lebih maksimal.

2.2.6 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses yang dilakukan dengan mereaksikan trigliserida dan alkohol yang menghasilkan campuran alkil ester dengan gliserol dengan adanya katalis basa kuat. Tujuan dari proses ini yaitu mempengaruhi hasil biodiesel untuk memperoleh kemurnian dan rendemen yang tinggi dalam waktu yang singkat

Berikut reaksi kimia transesterifikasi (Andalia & Pratiwi, 2018):



Secara umum, transesterifikasi dilakukan menggunakan katalis basa kuat seperti KOH dan NaOH (Hidayati dkk., 2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi reaksi transesterifikasi sebagai berikut (Hadrah dkk., 2018):

a) Lama Reaksi

Semakin lama waktu reaksi semakin banyak produk yang dihasilkan karena keadaan ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan satu sama lain. Namun setelah kesetimbangan tercapai tambahan waktu reaksi tidak mempengaruhi reaksi.

b) Perbandingan alkohol dengan minyak

Rasio molar antara alkohol dengan minyak nabati sangat mempengaruhi dengan metil ester yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan maka konversi ester yang dihasilkan akan bertambah banyak. Jenis alkohol yang selalu dipakai pada proses transesterifikasi adalah metanol dan etanol. Metanol merupakan jenis alkohol yang paling disukai dalam pembuatan biodiesel karena metanol (CH_3OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) karena metanol memiliki satu ikatan karbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan karbon, sehingga lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol dibanding dengan etanol.

c) Jenis katalis

Tujuan penambahan katalis adalah untuk mempercepat reaksi dan mengurangi kondisi operasi. Tanpa katalis, reaksi transesterifikasi baru dapat beroperasi pada suhu $250\text{ }^\circ\text{C}$. Ketika reaksi selesai, didapatkan massa katalis yang sama seperti yang ditambahkan di awal.

d) Suhu

Laju reaksi transesterifikasi meningkat pada suhu yang mendekati titik didih alkohol yang digunakan. Selama reaksi, suhu transesterifikasi dapat dilakukan antara $30\text{ }^\circ\text{C}$ - $65\text{ }^\circ\text{C}$ dan dipertahankan selama proses tergantung pada jenis minyak yang digunakan.

e) Pengadukan

Meningkatkan kecepatan pengadukan dapat meningkatkan laju reaksi. Hal ini dikarenakan pengadukan menyebabkan molekul bergerak lebih cepat, meningkatkan kemungkinan tumbukan antar molekul.

f) Lama waktu pengendapan

Tujuan pengendapan adalah untuk memisahkan gliserol dari biodiesel. Waktu pengendapan metil ester mempengaruhi bilangan asam. Untuk waktu

pengendapan yang lama, proses dua langkah diyakini menghasilkan tingkat oksidasi yang lebih tinggi daripada proses satu langkah. Hal ini menghasilkan bilangan asam yang lebih tinggi.

g) Kandungan air

Kadar air yang terlalu tinggi menyebabkan beberapa reaksi pembentukan sabun, atau reaksi saponifikasi pembentukan sabun. Hal ini dapat meningkatkan viskositas, terbentuknya gel, dan mempersulit pemisahan gliserin dan biodiesel.

2.3 Hipotesis

Hipotesis penelitian biodiesel dari hasil pemurnian minyak jelantah dengan menggunakan proses esterifikasi dan transesterifikasi antara lain sebagai berikut:

1. Karakteristik minyak jelantah tanpa pemurnian berupa massa jenis 860-910 kg/m³, viskositas 67 mPas, kadar air <0,15%, angka asam <0,6 mgKOH/g, dan gugus fungsi.
2. Karakteristik minyak jelantah dengan pemurnian menggunakan proses *degumming* berupa massa jenis 860-910 kg/m³, viskositas 67 mPas, kadar air <0,15%, angka asam <0,6 mgKOH/g, dan gugus fungsi.
3. Karakteristik minyak jelantah dengan pemurnian menggunakan bioadsorben CaO cangkang telur berupa massa jenis 860-910 kg/m³, viskositas 67 mPas, kadar air <0,15%, angka asam <0,6 mgKOH/g, dan gugus fungsi.
4. Karakteristik biodiesel yang terbaik dari minyak jelantah tanpa pemurnian pada katalis H₂SO₄ 1% (%m/v) dan katalis KOH 1% lebih baik dibandingkan katalis H₂SO₄ 0,5% dan katalis KOH 0,5%. Karakteristik biodiesel dari minyak jelantah tanpa pemurnian berupa massa jenis 850 - 890 kg/m³, viskositas 2,3 - 6,0 mm²/s (cSt), korosi lempeng tembaga terdapat lapisan dengan sedikit noda, air dan sedimen maks 0,05 %-volume, angka asam maks 0,5 mg-KOH/g
5. Karakteristik biodiesel yang terbaik dari minyak jelantah dengan proses *degumming* pada katalis H₂SO₄ 1% (%m/v) dan katalis KOH 1% lebih baik dibandingkan katalis H₂SO₄ 0,5% dan katalis KOH 0,5%. Karakteristik

biodiesel dari minyak jelantah tanpa pemurnian berupa massa jenis 850 - 890 kg/m³, viskositas 2,3 – 6,0 mm²/s (cSt), korosi lempeng tembaga nomor 1 terdapat lapisan dengan sedikit noda, air dan sedimen maks 0,05 %-volume, angka asam maks 0,5 mg-KOH/g.

6. Karakteristik biodiesel yang terbaik dari minyak jelantah dengan pemurnian menggunakan bioadsorben CaO dari cangkang telur pada proses kalsinasi 800°C pada katalis H₂SO₄ 1% (%m/v) dan katalis KOH 1 % lebih baik dibandingkan katalis H₂SO₄ 0,5 % dan katalis KOH 0,5%. Karakteristik biodiesel dari minyak jelantah tanpa pemurnian berupa massa jenis 850 - 890 kg/m³, viskositas 2,3 – 6,0 mm²/s (cSt), korosi lempeng tembaga nomor 1 terdapat lapisan dengan sedikit noda, air dan sedimen maks 0,05 %-volume, angka asam maks 0,5 mg-KOH/g.