

Pengaruh Waktu, Suhu dan Rasio Reaksi Transesterifikasi pada Kualitas Biodiesel dari Minyak Biji Kesambi (*Schleichera Oleosa Lour*)

The Effect of Time, Temperature and Transesterification Reaction Ratio on Biodiesel Quality of Kesambi Seed Oil (Schleichera Oleosa Lour)

Ida Wati^{(1,a)*}, Dyah Setyo Pertiwi ⁽¹⁾

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas),
Jl. PHH. Mustafa No. 23 Bandung, Indonesia 40124
Email : ^(a*) idawati237@gmail.com

Diterima (23 Desember 2023), Direvisi (16 Oktober 2023)

Abstract : Kesambi seed oil (*Schleichera oleosa Lour*) is the potential source raw materials for biodiesel production. The purpose of the study was to determine the factors that influence the process of making biodiesel from kesambi seed oil. Kesambi seed oil was reacted with methanol, the mass ratio of kesambi seed oil to methanol 7:2 using KOH catalyst of 1%-bw. The reaction was carried out using a stirred reactor operated for at a stirring speed with a reaction time of 45, 60, 75 and 90 minutes, with temperature variations of 55°C and 60°C. The quality of biodiesel was measured by viscosity, density, acid number and iodine number; while the transesterification performance was measured by % yield. Temperature and reaction time that provided biodiesel that met SNI 7182:2012 and gave the highest yield used re-produce biodiesel with a ratio mass ratio of kesambi seed oil and methanol 7:1,5;7:2, 5; and 7:3. Parameters measured were viscosity, density, acid number, iodine number and %yield. The biodiesel yield obtained at a temperature of 55°C with a reaction time of 60 minutes with ratio of 7:2, and at a reaction time of 90 minutes with ratio of 7:1,5, 7:2, 7:2.5 and 7:3 had density, viscosity, acid number and iodine number. met SNI 7182:2012,. %Yield with a reactant ratio of 7:2.5 is 92.07%, and transesterification at a temperature of 60oC did not produce biodiesel that met SNI 7182:2012.

Keywords: biodiesel, reaction duration, ratio, reaction temperature.

Abstrak. Minyak biji kesambi (*Schleichera Oleosa Lour*) merupakan sumber bahan baku potensial untuk pembuatan biodiesel. Tujuan penelitian untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembuatan biodiesel dari minyak biji kesambi. Minyak biji kesambi bereaksi dengan metanol, perbandingan rasio massa minyak biji kesambi dengan metanol 7:2 menggunakan katalis KOH sebesar 1%-bw. Reaksi dilakukan menggunakan reaktor berpengaduk dioperasikan dengan lama reaksi 45, 60, 75 dan 90 menit, dan temperatur 55°C dan 60°C. Kualitas biodiesel diukur dari viskositas, densitas, bilangan asam dan bilangan iod; sedangkan kinerja transesterifikasi diukur dari % yield. Suhu dan waktu reaksi yang memberikan biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2012 dan memberikan yield yang tertinggi digunakan kembali pembuatan biodiesel dengan perbandingan rasio massa minyak biji kesambi dan metanol 7:1,5;7:2,5; dan 7:3. Parameter yang diukur viskositas, densitas, bilangan asam, bilangan iod dan %yield. Hasil biodiesel yang diperoleh pada suhu 55°C waktu reaksi 60 menit dengan rasio 7 : 2, serta pada waktu reaksi 90 menit dengan rasio 7:1,5, 7:2, 7:2,5 dan 7:3 mempunyai densitas, viskositas, bilangan asam dan bilangan iod memenuhi SNI 7182:2012,. %Yield dengan rasio reaktan 7 : 2,5 sebesar 92,07% , dan transesterifikasi pada suhu 60°C tidak menghasilkan biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2012.

Kata kunci: minyak kesambi, biodiesel, durasi reaksi, rasio, suhu reaksi.

PENDAHULUAN

Banyak negara di dunia menggunakan bahan bakar minyak bumi sebagai salah satu sumber energi utama, dan kebutuhan minyak bumi akan meningkat dalam beberapa tahun mendatang. Berdasarkan laporan bahwa cadangan minyak di dunia semakin menipis, mendorong banyak negara untuk mengembangkan sumber energi alternatif [1]. Biodiesel memiliki sifat fisik yang mirip dengan petroleum diesel (solar), sehingga dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil [2,3]. Biodiesel juga sebagai bahan bakar yang menjanjikan dalam situasi bahan bakar fosil yang terus menipis dan pencemaran lingkungan. Selain dari manfaat yang sudah jelas, viskositas, densitas dan tegangan permukaan yang tinggi merupakan kelemahan fatal yang perlu ditingkatkan sehingga dapat digunakan secara langsung dalam mesin disel yang tidak dimodifikasi [4]. Biodiesel dapat dibuat dari berbagai jenis minyak nabati, seperti kedelai, kelapa sawit, minyak kelapa, dan minyak biji-bijian lainnya [5].

Banyak peluang untuk mengembangkan energi terbarukan di Indonesia, salah satunya adalah biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Karena penggunaan minyak solar mencapai 40% dari konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di transportasi, ada potensi besar untuk mengembangkan biodiesel di negara ini [16]. Tumbuhan biji kesambi (*Schleichera oleosa Lour*) adalah tanaman yang banyak tumbuh di wilayah Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi, Maluku, Pulau Seram, dan Pulau Kai di Indonesia. Tanaman ini tumbuh baik di daerah tropis dan kuat pada musim kemarau. Biji kesambi dapat menghasilkan minyak atsiri yang disebut minyak makasar. Berat kulit biji kesambi adalah 40% dari berat biji dan kandungan minyaknya sebanyak 70%. Keunggulan tanaman biji kesambi sebagai bahan baku pembuatan biofuel, di antaranya ketersediaan yang bersifat berkelanjutan dan dapat diperbaharui sehingga pemenuhannya dapat terjamin dan ramah lingkungan [2,5].

Beberapa laporan studi terdahulu mengungkapkan biodiesel dihasilkan dari biji kesambi. Berdasarkan laporan hasil biodiesel dari biji kesambi dengan metode kombinasi esterifikasi, transesterifikasi, dan netralisasi dengan perolehan 63,01%- 96,93% menggunakan pelarut metanol, etanol dengan rasio 15:1 dan 20:1 [5]. Biji kesambi dengan metode esterifikasi, transesterifikasi dihasilkan 96%, 93%, 91% dan 88% dengan rasio 4:1, 6:1, 8:1, 10:1, 12:1 menggunakan pelarut metanol [8], 48,51%, 27,21% dengan rasio 18:2 dan 20:1 menggunakan pelarut *n*-heksan [6], 80%-89% dengan rasio 9:1, dan 11:1 menggunakan pelarut *n*-heksan [7], 80%-90 % dengan rasio 7:1 menggunakan pelarut metanol [9] 83,57%, 80,25% dengan rasio 4:1 dan 6:1 menggunakan pelarut etanol [10], biji kesambi menghasilkan rendemen 52%, 60,40%, 64%, 34% dengan menggunakan pelarut etanol, *n*-heksan, petroleum eter, dan aseton [24]. Menurut [17] Fisikokimia biodiesel biji kesambi di peroleh 73% dengan rasio 8:1. Berdasarkan informasi berbagai metode pembuatan biodiesel dari tumbuhan Indonesia, belum ada penelitian yang memperoleh pengaruh biodiesel dengan memvariasikan durasi waktu, suhu, rasio dan pelarut yang berbeda pada biji kesambi. Perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan memanfaatkan minyak biji kesambi sebagai

bahan baku alternatif biodiesel yang ramah lingkungan untuk mengetahui pengaruh waktu, suhu dan rasio reaktan terhadap transesterifikasi meliputi densitas, viskositas, bilangan asam, bilangan iod, dan %yield.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan minyak biji kesambi dibeli dari Probolinggo, Jawa Timur. Bahan kimia seperti NaOH, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, metanol, CHCl_3 , larutan Hanus, asam oksalat, KOH, larutan KI indikator pati, dan HCl .

Prosedur Kerja.

Pada penelitian ini, dilakukan tahap–tahap yang meliputi penyiapan bahan baku, analisis asam lemak bebas minyak biji kesambi, pembentukan metil ester, pemurnian biodiesel dari gliserol dan analisis biodiesel. Apabila kandungan asam lemak bebas minyak biji kesambi lebih dari 20% harus dilakukan reaksi esterifikasi tetapi jika kurang dari 20% dapat langsung melakukan reaksi transesterifikasi dengan variasi waktu reaksi transesterifikasi 45,60,75 dan 90 menit, dan Suhu transesterifikasi 55°C dan 60°C. dengan perbandingan massa minyak:metanol 7:2 dengan katalis KOH 1%-w. Pada suhu dan waktu reaksi transesterifikasi terbaik, proses produksi biodiesel dilakukan pada perbandingan massa minyak biji kesambi dan metanol 7:1,5; 7:2,5; dan 7:3.

Tahap Pertama [5]

a. Analisis asam lemak bebas

Minyak biji kesambi sebanyak 14 gram dan etanol 95% sebanyak 25 ml dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan dipanaskan sampai suhu 40°C, kemudian dititrasi dengan KOH 0,1 N sampai muncul larutan berwarna merah muda. Kadar lemak bebas dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Asam lemak bebas} = \frac{\text{Volume titrasi KOH} \times N \text{ KOH} \times BE \text{ KOH}}{\text{Berat sampel}} \quad (1)$$

b. Esterifikasi

Minyak biji kesambi, asam sulfat 1%-vol dan metanol (7:2) dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer leher 3 dan dipanaskan menggunakan heater magnetic stirer pada suhu 60°C selama 2 jam. Dinginkan minyak dengan diaduk selama 15 menit. Melakukan distilasi pada minyak biji kesambi, proses distilasi berhenti ketika tidak ada lagi distilat yang keluar. Mencuci minyak biji kesambi dengan aquades.

c. Transesterifikasi

Penelitian dilakukan dengan waktu reaksi 45 menit dan suhu 55°C, perbandingan massa minyak biji kesambi dan metanol 7:2 menggunakan katalis KOH 1%w. Metanol sebesar 64,447 gram dan katalis KOH 2,277 gram dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer leher tiga

dan dipanaskan hingga mencapai suhu 50°C. Kemudian tambahkan 250 ml minyak biji kesambi. Campuran reaksi kemudian dipanaskan pada suhu 55°C selama 45 menit. Campuran reaksi kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan bawah terbentuk endapan katalis dan lapisan atas biodiesel. Memisahkan campuran yang telah terbentuk 2 lapisan dengan corong pemisah. Lapisan atas dimasukkan ke dalam labu dasar bulat leher tiga dilakukan proses pemurnian. Proses distilasi berhenti ketika tidak ada lagi distilat yang keluar. Masukkan larutan yang tertinggal dalam labu dasar bulat ke dalam corong pisah. Menambahkan aquadest hangat (40°C) dengan cara dituangkan kocok perlahan ke dalam corong pisah dan biarkan hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan atas dipisahkan. Penambahan aquadest dilakukan berulang sampai biodiesel jernih. Biodiesel dimasukkan ke dalam gelas kimia, pansakan dalam oven bersuhu 105°C selama 1 jam, kemudian masukkan biodiesel ke dalam corong pisah diamkan selama 15 jam. Larutannya membentuk beberapa lapisan, lapisan atas terdiri dari metil ester.



a.



b.

Gambar 1 a. Rangkaian Alat Pembentukan Metil-Ester, b. Rangkaian Alat Pemisah Metanol-Metil Ester
(Sumber: Dokumen peneliti 2022)

Tahap Kedua Analisis Produk. [10]**a. Penentuan Densitas**

Piknometer kosong ditimbang dan dicatat hasilnya. Piknometer kosong diisi aquades hingga penuh, lalu ditimbang dan massanya dicatat. Kemudian piknometer kosong dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C sampai air dalam piknometer menguap. Piknometer dikeluarkan dari oven lalu dimasukkan ke dalam esikator sampai tidak ada air yang tersisa pada piknometer. Biodiesel (40°C) dimasukkan ke dalam piknometer hingga penuh dan catat hasilnya. Densitas dihitung dengan rumus:

$$\rho_{\text{zat}} = \frac{\text{massa zat}}{\text{volume piknometer sebenarnya}} \quad (2)$$

b. Penentuan Viskositas

Aquades dimasukkan ke dalam viskometer ostwald. Aquades dihisap ke dalam viskometer Ostwald. Ukur waktu turunnya aquades dari garis batas atas sampai garis batas bawah. Lakukan sebanyak 3 kali. Biodiesel (40°C) dimasukkan dan dihisap dengan filler hingga tanda batas ke dalam viskometer Ostwald. Ukur waktu turunnya biodiesel dari garis batas atas sampai garis batas bawah. Lakukan sebanyak 3 kali.

c. Penentuan Bilangan Iodin

Minyak Biji kesambi ditimbang 0,5 gram dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 25 mL. Larutkan minyak nabati sebesar yang ditimbang ke dalam 1 mL CHCl_3 . Tambahkan 5 mL larutan Hanus I, diamkan selama 30 menit. Kemudian 20 mL larutan KI 15%, dan 40 mL aquadest aduk secara perlahan. Titrasi larutan menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N sampai berubah warna menjadi pucat, tambahkan 3 tetes indikator amilum 1%. Titrasi kembali hingga warna larutan berubah menjadi putih.

d. Penentuan Angka asam

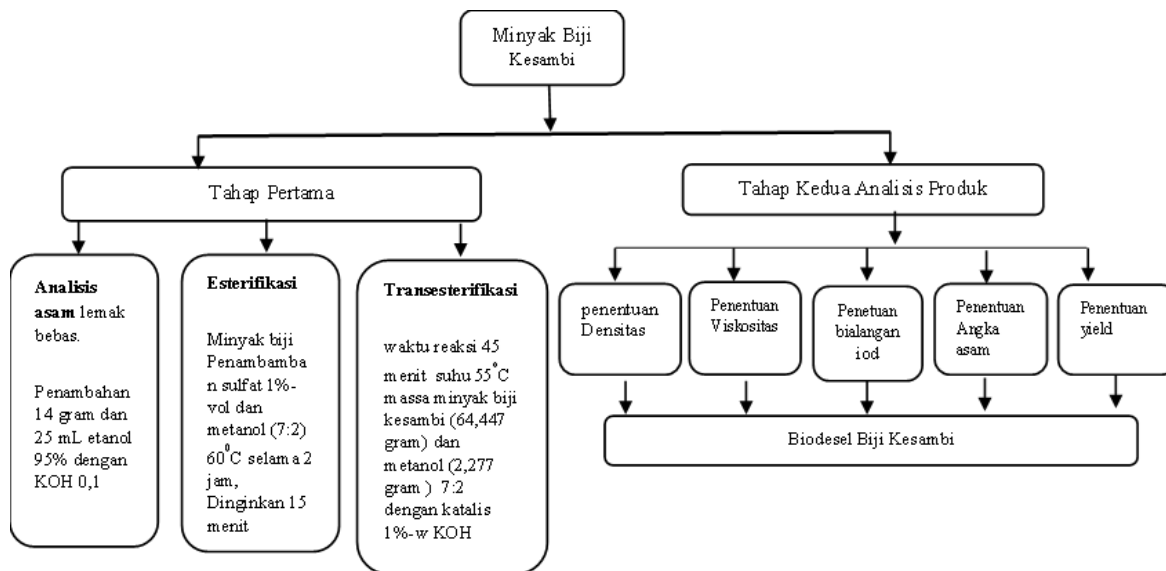
Sampel biodiesel ditimbang sebanyak 14 gram dalam labu erlenmeyer 250mL dengan menambahkan 25mL etanol 95%, kemudian panaskan selama 10 menit pada suhu 40°C. Indikator fenolftalein ditambahkan 3 sampai 4 tetes, kemudian sampel dititrasi dengan larutan KOH 0,1N sampai muncul warna merah muda.

$$\text{Asam lemak bebas} = \frac{\text{Volume titrasi KOH} \times N \text{ KOH} \times BE \text{ KOH}}{\text{Berat sampel}} \quad (3)$$

e. Menghitung Yield Biodiesel

Menghitung Yield biodesel Minyak kesambi sebagai berikut

$$\text{yield} = \frac{\text{massa produk transesterifikasi}}{\text{massa umpan minyak kesambi}} \times 100\% \quad (4)$$



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan biodiesel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 memuat perolehan dan kualitas biodiesel pada berbagai suhu, waktu dan perbandingan reaktan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa kualitas biodiesel perbandingan massa 7:2 pada suhu operasi 55°C selama 60 dan 90 menit. Perbandingan massa 7:1,5, 7: 2,5 dan 7 : 3 dengan suhu 55 °C dan waktu reaksi 90 menit sudah memenuhi SNI 7182:2012 bila ditinjau dari viskositas, densitas, bilangan asam dan bilangan iod. Densitas dan bilangan iod pada semua variasi sudah memenuhi SNI 7182:2012. %Yield merupakan perbandingan antara massa biodiesel yang dihasilkan dengan massa minyak biji kesambi yang diumpankan, dapat dinyatakan dalam persen. Rentang yield yang diperoleh dari semua variasi penelitian adalah 63,97% - 92,07%.

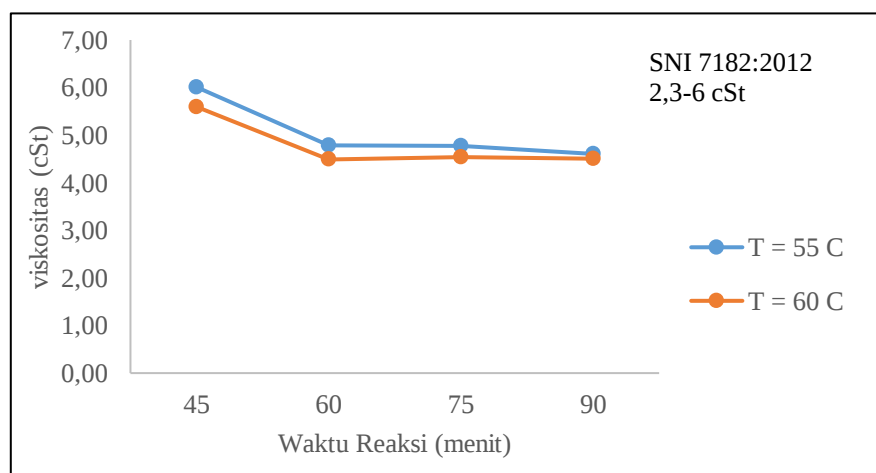
Biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2012 mempunyai kinematik viskositas pada 40°C = 2,3 – 6,0 mm²/s (cSt), densitas pada 40°C = 850-90 kg/m³, bilangan asam = maks 0,6 mgKOH/g, bilangan iod = maks 115% massa (gI₂/100 g). Nilai-nilai yang ditebalkan adalah parameter biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2012.

Tabel 1. Kualitas dan Yield Biodiesel pada Berbagai Suhu, Waktu Reaksi dan Rasio Reaktan

Run	Rasio Massa Minyak : Metanol	Suhu Reaksi (°C)	Waktu Reaksi (menit)	Viskositas (mm ² /s)	Densitas (kg/m ³)	Bilangan Asam (mgKOH/g)	Bilangan Iod (gI ₂ /100g)	Yield (%w/w)
1	7:2	55	45	6,01	850	0,681	2,54	64,0
2		60	45	5,60	852	0,802	3,30	67,6
3		55	60	4,79	871	0,521	3,81	79,6
4		60	60	4,49	877	0,641	3,30	80,4
5		55	75	4,78	875	0,601	3,30	86,3
6		60	75	4,54	872	0,641	3,05	79,6
7	7:1,5	55	90	4,61	865	0,561	4,57	84,0
8		60	90	4,50	875	0,601	3,81	84,4
9				4,97	876	0,601	3,81	84,7
10	7:2,5	55	90	4,81	873	0,521	4,57	92,1
11	7:3			4,41	873	0,481	5,33	83,7

Pengaruh Waktu dan Temperatur Reaksi terhadap Viskositas, Densitas, Bilangan Asam, dan Bilangan Iod dengan Rasio 7:2.

a. Pengaruh Waktu dan Temperatur Reaksi terhadap Viskositas

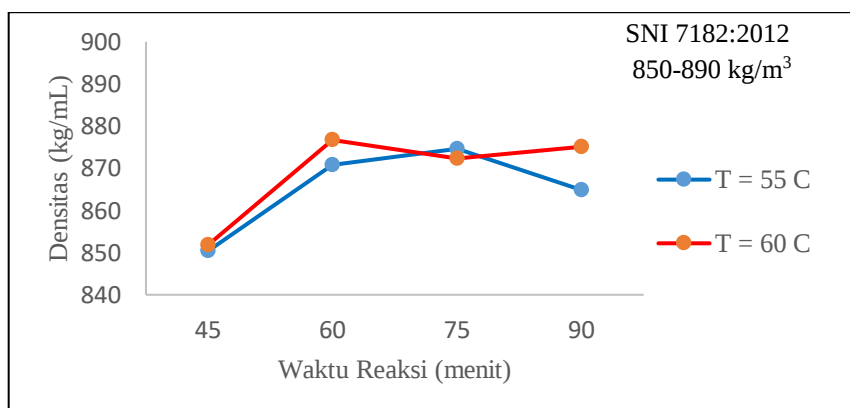
**Gambar 3.** Viskositas terhadap Waktu Reaksi

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi maka viskositas semakin rendah. Pada suhu yang lebih tinggi viskositas yang dihasilkan menurun. Hasil tersebut sesuai dengan studi dari [8], hasil viskositas 6,70 mm²/s, pada suhu 50°C dan 5,73 mm²/s pada suhu 60°C, semakin tinggi suhu reaksi transesterifikasi maka viskositas dari produk semakin menurun. Gerakan molekul semakin cepat karena suhu reaksi yang lebih tinggi sehingga terbentuk biodiesel yang lebih banyak yang mempunyai viskositas yang lebih kecil dari minyak biji kesambi. Semakin lama waktu reaksi maka semakin banyak minyak biji kesambi terkonversi menjadi biodiesel [8][5]. Gambar 3 menunjukkan viskositas

tertinggi dengan suhu 55°C waktu 45 menit dan paling rendah pada suhu 60°C waktu 90 menit. Sesuai dengan SNI 7182:2012

b. Pengaruh Waktu dan Temperatur Reaksi terhadap Densitas

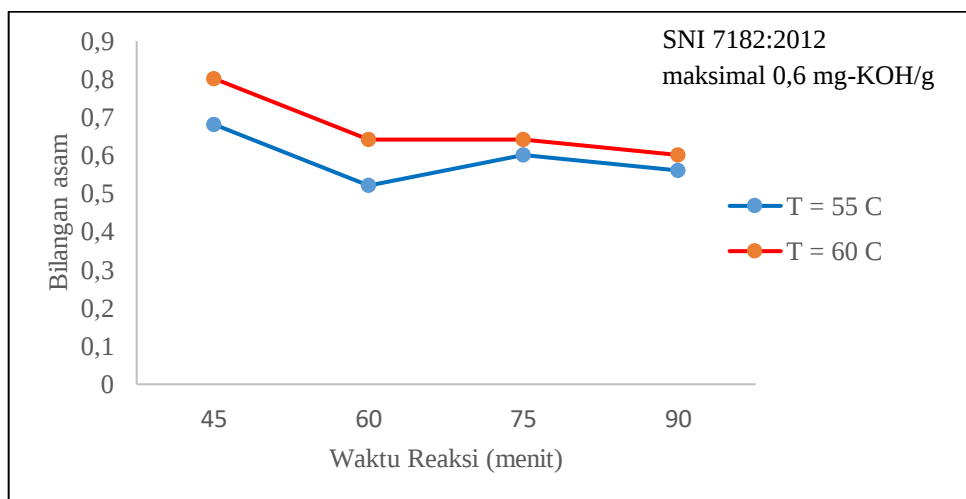
Gambar 4 menunjukkan densitas tertinggi diperoleh pada suhu 60°C selama 90 menit dan densitas terendah pada suhu 55°C selama 45 menit. Titik puncak densitas pada suhu 55°C berada pada waktu 75 menit. Dapat dilihat pada waktu reaksi 75 menit dengan suhu 60°C terjadi penurunan densitas di bawah densitas pada suhu 55°C. Berdasarkan [20] menunjukkan hasil yang diperoleh dari proses 30, 35, 40, 45 dan 50 menit, paling tinggi pada waktu reaksi 45 menit densitas 460 kg/m³, dan terendah 30 menit densitas 620 kg/m³. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu reaksi yang lebih lama menghasilkan densitas yang lebih tinggi. Secara umum suhu yang lebih tinggi menghasilkan densitas yang lebih tinggi [11]. Densitas yang diperoleh sudah memenuhi SNI 7182:2012 yaitu berada pada rentang 850-890 kg/m³, mengindikasikan semua kondisi penelitian minyak dan metanol sudah bereaksi membentuk biodiesel.



Gambar 4. Densitas terhadap Waktu Reaksi

c. Pengaruh Waktu dan Temperatur Reaksi terhadap Bilangan Asam

Bilangan asam merupakan ukuran jumlah asam lemak bebas yang dihitung berdasarkan berat molekul campuran lemak [12]. Gambar 5 menunjukkan bilangan asam mencapai nilai tertinggi pada suhu 60°C selama 45 menit dan waktu reaksi 60 menit mengalami penurunan dimana nilai terendah pada suhu 55°C. Bilangan asam pada waktu reaksi 60 dan 90 menit dengan suhu 55°C yang dihasilkan berdasarkan SNI 7182:2012 0,6 (mg-KOH)/g memenuhi standar. Berdasarkan hasil penelitian [7] terlihat bahwa nilai keasaman yang tertinggi dengan waktu 5 menit suhu 45°C yaitu 0,08%, nilai terendah pada waktu 30 menit suhu 45°C dengan nilai 0,06%. Hal ini dapat terjadi karena dengan 45°C memiliki massa jenis yang tinggi mencapai nilai keasaman 0,86gram/ml dalam waktu 5 menit, dan waktu 30 menit 0,86gram/ml yaitu maksimal 0,8% berada dengan standar mutu Indonesia (SNI).



Gambar 5. Bilangan Asam terhadap Waktu Reaksi

d. Pengaruh Waktu dan Temperatur Reaksi terhadap Bilangan Iod

Bilangan iod dalam biodiesel menunjukkan tingkat kejenuhan senyawa yang menyusunnya [12]. Tabel 2 menunjukkan bilangan iod selama 90 menit bersuhu 55°C mencapai nilai tertinggi, dan bilangan iod terendah waktu reaksi 45 menit pada suhu 55°C. Bilangan iod sudah memenuhi SNI 7182:2012 untuk semua run, batas SNI 7182:2012 untuk bilangan iod adalah maksimum 115 g-I₂/100g. Bilangan iod yang diperoleh sangat kecil, hal ini menunjukkan ikatan rangkap asam lemak bebas biodiesel rendah. Hasil pengujian dari [21] diperoleh nilai bilangan iod dari 58,8464 g I₂/100 g menjadi 53,7206 – 54,8083 g I₂/100 g. Hasil tersebut pada proses esterifikasi mengalami penurunan dibandingkan sebelum reaksi esterifikasi. Penurunan berat bilangan iod mengindikasikan adanya reaksi esterifikasi berjalan dengan baik, sehingga dapat mengurangi ketidakjenuhan

Berdasarkan [22] semakin banyak komposisi asam lemak tak jenuh maka semakin sensitif terhadap oksidasi. Ikatan rangkap asam lemak tak jenuh lebih rentan teroksidasi karena mudah bereaksi dengan oksigen dan lebih rentan terhadap reaksi polimerisasi.

Tabel 2. Pengaruh Waktu dan Temperatur Reaksi terhadap Bilangan Iod

Run	Waktu Reaksi (menit)	Suhu Reaksi (°C)	Bilangan Iod (g-I ₂ /100g)
1	45	55	2,53
2	45	60	3,29
3	60	55	3,80
4	60	60	3,29
5	75	55	3,29
6	75	60	3,04
7	90	55	4,56
8	90	60	3,80

d. Hasil Terbaik Biodiesel

Biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2012 merupakan hasil terbaik dari penelitian pada tahap pertama. Kualitas biodiesel terbaik ditinjau dari viskositas, densitas, bilangan asam dan bilangan iod

bersuhu 55°C selama 60 dan 90 menit sudah memenuhi SNI 7182:2012 dengan %yield yang diperoleh pada waktu reaksi 90 menit yaitu 83,97% lebih besar dibandingkan waktu reaksi 60 menit yaitu 79,61%

Pengaruh Perbandingan terhadap Viskositas, Densitas, Bilangan Asam, dan Bilangan Iod dengan Rasio 7:1,5;7;2,5;7;3

Tabel 3. Pengaruh Perbandingan Reaktan terhadap Viskositas, Densitas, Bilangan Asam, dan Bilangan Iod dengan Rasio 7:1,5;7;2,5;7;3

Perbandingan Massa Minyak / Metanol	Suhu Reaksi (°C)	Waktu Reaksi (menit)	Viskositas (cSt)	Densitas(g/cm ³)	Bilangan asam(mg-KOH/g)	Bilangan Iod(g-I ₂ /100g)
07:01,5	55	90	4,96	875,97	0,6	3,8
7:02			4,6	864,86	0,56	4,56
07:02,5			4,81	873,35	0,52	4,56
7:03			4,4	872,99	0,48	5,32

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 3. Pengaruh Perbandingan Reaktan terhadap Viskositas, Densitas, Bilangan Asam, dan Bilangan Iod dengan Rasio 7:1,5;7;2,5;7;3. Viskositas paling tinggi diperoleh pada perbandingan reaktan 7:1,5, viskositas paling rendah pada 7:3. Viskositas biodiesel memenuhi standar SNI 7182: 2012 dengan nilai 2,3-6,0 cSt. Perbandingan reaktan yang lebih besar menghasilkan viskositas semakin kecil. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi reversible, sehingga rasio akan mempengaruhi komposisi campuran reaksi saat kesetimbangan. Komposisi tersebut mempengaruhi nilai viskositas biodiesel [13] dan panjang rantai biodiesel, komposisi asam lemak, posisi, jumlah ikatan rangkap (derajat ketidakjenuhan) dan jenis alkohol yang digunakan mempengaruhi viskositas biodiesel [5].

Densitas tertinggi diperoleh pada perbandingan rasio 7:1,5 densitas terendah 7:2. Densitas yang diperoleh sudah memenuhi SNI 7182:2012 berada pada rentang 850 – 890 kg/m³, mengindikasikan pada semua kondisi penelitian minyak dan metanol sudah bereaksi membentuk biodiesel. Berdasarkan [14] biodiesel biji jarak pagar 8:2 dan 7:3 berada pada rentang 870-890 kg/m³. Rasio akan mempengaruhi komposisi campuran reaksi saat kesetimbangan sehingga mempengaruhi nilai densitas biodiesel. Biodiesel mempunyai nilai densitas yang rendah dan memenuhi standar sehingga akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi, densitas juga mengacu pada nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel per satuan volume bahan bakar [18].

Bilangan asam merupakan parameter yang menentukan kualitas biodiesel yang menunjukkan tingkat kerusakan biodiesel [19]. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh semakin besar perbandingan reaktan bilangan asam yang dihasilkan semakin kecil. Tabel 3

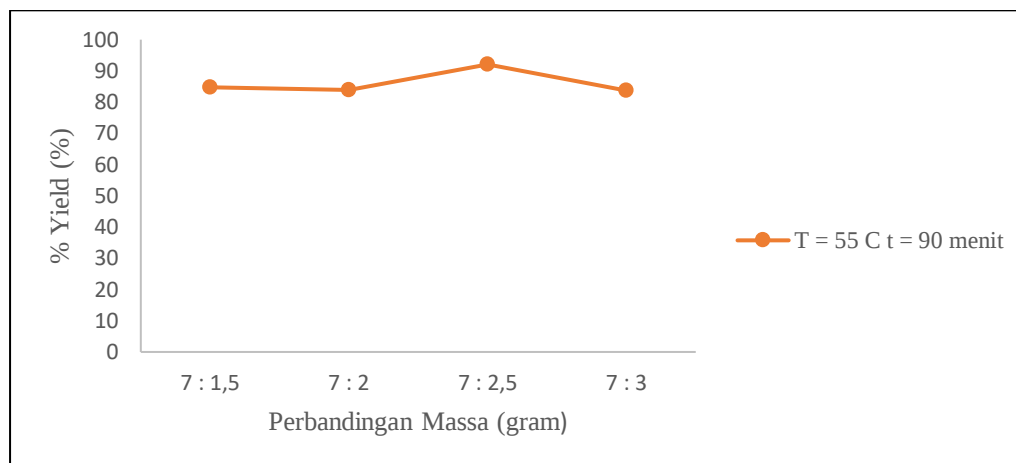
menunjukkan bilangan asam tertinggi terdapat pada perbandingan rasio 7: 1,5, bilangan asam terendah 7:3. Bilangan asam biodiesel melalui perbandingan berat minyak biji kesambi : metanol 7:2, 7:2,5 dan 7:3 memenuhi standar SNI 7182:2012 dengan nilai maksimal 0,6 (mg-KOH)/g, nilai bilangan asam pada perbandingan massa minyak biji kesambi : metanol 7 : 1,5 tidak memenuhi SNI yaitu 0,6011(mg-KOH)/g. Hasil [5] melaporkan biodiesel minyak kesambi perbandingan 15:1 dengan waktu reaksi 30 menit dan 20:1 pada waktu 60 menit diperoleh bilangan asam 0,823mg-KOH/g dan 0,723mg-KOH/g. Menurut [15] mengungkapkan bahwa jumlah asam yang terlalu tinggi tidak diinginkan karena reaksi asam lemak bebas dengan logam seperti seng, besi, timbal, mangan, kobalt, timah, dan logam lainnya dapat terjadi pada suhu tinggi, yang dapat mempercepat kerusakan komponen mesin diesel.

Bilangan iod tertinggi terdapat pada perbandingan rasio 7 : 3, bilangan iod terendah pada 7 : 1,5. Bilangan iod yang dihasilkan sudah memenuhi SNI 7182:2012 untuk semua run, batas SNI 7182:2012 untuk bilangan iod adalah maksimum 115 I₂/100g. Semakin besar perbandingan reaktan bilangan iod yang dihasilkan semakin tinggi. Sesuai [15] Semakin tinggi bilangan iod maka semakin tinggi jumlah asam lemak berikatan rangkap dalam minyak tersebut. Semakin banyak ikatan rangkap yang dimiliki suatu sampel, semakin besar kemungkinan sampel tersebut mengalami polimerisasi karena stabilitasnya lebih rendah. Hasil studi diperoleh bilangan iod sebesar 15,71 I₂/100g.

Pengaruh Rasio terhadap % Yield 7;1,5 7;2; 7;2,5; 7;3

Pengaruh rasio dan yield diterapkan pada produksi biodiesel yang kualitas biodieselnnya memenuhi SNI 7182:2012. Pada Gambar 6 kondisi optimum tercapai pada rasio 7 : 2,5 suhu reaksi 55°C dan durasi reaksi 90 menit dengan %yield sebesar 92,07%. Berdasarkan [8] rasio 7:2 menghasilkan %yield sebesar 96%. Pada penelitian ini dengan rasio 7:2 menghasilkan %yield sebesar 83,97% pada durasi reaksi 90 menit.

Penggunaan suhu yang tepat digunakan maka reaksi akan bergerak ke arah kanan (produk). Pergeseran ini disebabkan oleh peningkatan konstanta laju reaksi yang merupakan fungsi dari suhu. Dalam reaksi transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik sehingga pada saat suhu naik kesetimbangan berubah ke arah kiri yang mengakibatkan dekomposisi produk. Semakin tinggi perbandingan reaktan, semakin banyak hasil yield yang diperoleh [14]. Semakin lama reaksi berlangsung maka jumlah ester semakin banyak, kondisi ini akan memungkinkan molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan lebih lama, yang berarti tumbukan partikel akan semakin besar seiring dengan naiknya suhu reaksi, meningkatkan kecepatan reaksi dan meningkatkan konstanta reaksi [8]



Gambar 6. %Yield terhadap Rasio

KESIMPULAN

Biodiesel yang diperoleh pada suhu 55°C dengan durasi reaksi 60 menit dengan rasio reaktan 7 : 2 dan durasi reaksi 90 menit dengan rasio reaktan 7 : 2, 7:2,5 dan 7 : 3 mempunyai densitas, viskositas, bilangan asam dan bilangan iod yang sudah memenuhi SNI 7182:2012. Transesterifikasi dengan suhu reaksi 60°C tidak menghasilkan biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2012. %Yield tertinggi diperoleh pada suhu 55°C dan durasi reaksi 90 menit dengan rasio reaktan 7 : 2,5 sebesar 92,07%, dan minyak kesambi dapat digunakan untuk membuat biodiesel.

REFERENSI

- [1] F. Ferella, G. Mazziotti Di Celso, I. De Michelis, V. Stanisci, and F. Vegliò, "Optimization of The Transesterification Reaction in biodiesel production", *Journal Fuel*, vol. 89, no. 1, pp. 36–42, 2010, doi: 10.1016/j.fuel.2009.01.025.
- [2] Rusdianasari, A. Syarif, M. Yerizam, M. S. Yusi, L. Kalsum, and Y. Bow, "Effect of Catalysts on the Quality of Biodiesel from Waste Cooking Oil by Induction Heating," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1500, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1500/1/012052.
- [3] M. Syarif, Y. Susmiati, dan M. J. Wibowo, "Sintesis Biodiesel dari Minyak Kesambi (*Schleichera Oleosa L.*) Menggunakan Katalis Basa Heterogen Dari Limbah Karbit," vol. 9, no. November, pp. 77–80, 2016.
- [4] A. T. Hoang., "Prediction of The Density and Viscosity of Biodiesel and The Influence of Biodiesel Properties on a Diesel Engine Fuel Supply System," *J. Mar. Eng. Technol.*, pp. 1–13, Oct, 2018, doi: 10.1080/20464177.2018.1532734.
- [5] R. Sudradjat, E. Pawoko, D. Hendra, and D. Setiawan, "Pembuatan Biodiesel Dari Biji Kesambi (*Schleichera leosa L.*)," pp. 358–379, 2010.
- [6] A. K. Yadav, M. E. Khan, A. Pal, and A. M. Dubey, "Experimental Investigations of Performance and Emissions Characteristics of Kusum (*Schleichera Oleosa*) Biodiesel in a Multi-Cylinder Transportation Diesel Engine," *Waste and Biomass Valorization*,

- vol. 8, no. 4, pp. 1331–1341, 2017, doi: 10.1007/s12649-016-9658-2.
- [7] G. Latumakulita, G. D. Tukan, and M. J. Oeleu, “Uji karakteristik minyak biji kesambi (*Schleichera oleosa*) asal noemuti TTU sebagai bahan bakar alternatif,” *Pros. Semnas First*, vol. 1, no. 2, pp. 95–118, 2023.
 - [8] A. S. Silitonga H.H. Masjuki., T.M.I. Mahlia., Hwai Chyuan Ong., F. Kusumo., H.B. Aditiya., N.N.N. Ghazali, “*Schleichera oleosa* L oil as Feedstock for Biodiesel Production,” *Fuel*, vol. 156, pp. 63–70, 2015, doi: 10.1016/j.fuel.2015.04.046.
 - [9] S. Sahani, S. Banerjee, and Y. C. Sharma, “Study of ‘co-solvent effect’ on production of biodiesel from *Schleichera Oleosa* oil using a mixed metal oxide as a potential catalyst,” *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 86, pp. 42–56, 2018, doi: 10.1016/j.jtice.2018.01.029.
 - [10] O. Reformat, B. Poedjojono, and N. Chasanah, “Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kesambi Menggunakan Katalis ZnO/MWCNTs Yang Disulfonasi Dengan Ammonium Sulfat,” in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 2021, vol. 9, no. 1, pp. 450–456.
 - [11] S. N. Gebremariam and J. M. Marchetti, “Economics of Biodiesel Production: Review,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 168, no. April, pp. 74–84, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.05.002.
 - [12] H. Heryani, “*Teknologi Produksi Biodiesel*”, Lambung Mangkurat University Press. pp 2-3,13, 2019.
 - [13] N. Suleman, Abas, dan M. Paputungan, “Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel,” *J. Tek.*, vol. 17, no. 1, pp. 66–77, 2019, doi: 10.37031/jt.v17i1.54.
 - [14] R. A. Putri, A. Muhammad, and I. Ishak, “Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.) Melalui Proses Ekstraksi Reaktif,” *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 6, no. 2, p. 16-30, 2018, doi: 10.29103/jtku.v6i2.472.
 - [15] L. Adhani, I. Aziz, S. Nurbayti, dan C. A. Octavia, “Pembuatan Biodiesel Dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas,” *J. Kim. Val.*, vol. 2, no. 1, pp. 71–80, 2016, doi: 10.15408/jkv.v2i1.3107.
 - [16] N. E. Restyani dan N. P. Asri, “Sulfonasi MWCNTs Sebagai Penyangga Katalis Heterogen Dengan Promotor Seng Oksida (ZnO) Untuk Transesterifikasi Minyak Kesambi,” *Prosiding Seminar Nasional IX 2021. Sains dan Teknolodi terapan*. pp 463–469, 2021, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/2263%0Ahttps://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/viewFile/2263/1939>.
 - [17] A. T. Hoang, “Prediction of The Density and Viscosity of Biodiesel and The Influence of Biodiesel Properties on a Diesel Engine Fuel Supply System,” *J. Mar. Eng. Technol.*, pp. 1–13, Oct. 2018, doi: 10.1080/20464177.2018.1532734.
 - [18] D. A. Setyawardhani, A. Tenri, Y. Widiastri, dan M. Rahman, “Uji Karakteristik Pencampuran Biodiesel Minyak Jelantah Dan Biodiesel Minyak Kesambi,” *J. Integr. Proses*, vol. 10, no. 2, pp. 68–76, 2021. Online. Available: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>.
 - [19] Y. M. Tamara, W. Nur Hidayat, N. A. Azizah, dan D. A. Setyawardhani, “Pemanfaatan Minyak Biji Kesambi (*Schleichera Oleosa*) sebagai Alternatif Pengganti Minyak Goreng Sawit,” *J. Chem. Process Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2020, doi: 10.33536/jcpe.v5i2.398.
 - [20] D. R. Mujiyanti, H. Nisa, K. Rosyidah, D. Ariyani, and A. Abdullah, “Pengaruh

- Waktu Reaksi Terhadap Viskositas Dan Densitas Tetraetil Ortosilikat Dari Silika Abu Sekam Padi,” *Indo. J. Chem. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 72–78, 2020, doi: 10.30598/10.30598//ijcr.2020.8-dwi.
- [21] Efri Mardawati, Mahdi Singgih Hidayat, Devi Maulida Rahmah, and S. Rosalinda, “Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dihasilkan,” *J. Ind. Pertan.* – , vol. 01, pp. 46–60, 2019, doi: Jurnal Teknik Pertanian.
- [22] J. Van Gerpen, B. Shanks, R. Pruszek, D. Clements, and G. Knothe, “Biodiesel production technology,” *Natl. Renew. energy Lab.*, vol. 1617, pp. 80401–83393, 2004.
- [23] G. Knothe, J. Kahl, and J. Van Gerpen, *The biodiesel handbook*. Elsevier, 2015.
- [24] Y. M. Tamara, W. Nur Hidayat, N. A. Azizah, and D. A. Setyawardhani, “Pemanfaatan Minyak Biji Kesambi (*Schleichera Oleosa*) sebagai Alternatif Pengganti Minyak Goreng Sawit,” *J. Chem. Process Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2020, doi: 10.33536/jcpe.v5i2.398.