

Pengaruh Konsentrasi Katalis Kalium Hidroksida dan Volume Metanol terhadap Rendemen dan Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Ketapang (*Terminalia Cattapa L*)

M. Khairi Abdillah¹, Muhammad Yerizam^{*2}, Dilia Puspa³

^{1,2,3}Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Sriwijaya, Indonesia
Email: ²yerizam@polsri.ac.id

Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diproduksi dari minyak nabati melalui proses transesterifikasi. Minyak biji ketapang (*Terminalia catappa L.*) merupakan salah satu bahan baku nonpangan yang berpotensi dikembangkan sebagai sumber biodiesel karena memiliki kandungan minyak yang tinggi. Namun, penelitian mengenai pengaruh variasi konsentrasi katalis kalium hidroksida (KOH) dan volume metanol terhadap rendemen serta karakteristik biodiesel dari minyak biji ketapang hasil pengepresan mekanik masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi katalis KOH dan volume metanol terhadap rendemen serta karakteristik biodiesel, serta menentukan kondisi operasi optimum berdasarkan parameter mutu biodiesel sesuai SNI 7182:2015. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 55–60°C selama 60 menit menggunakan variasi konsentrasi KOH sebesar 0,5%; 1,0%; dan 1,5% serta volume metanol 16, 18, 20, 22, dan 24 mL. Biodiesel yang dihasilkan dianalisis berdasarkan rendemen, densitas, viskositas, titik nyala, angka setana, dan waktu nyala. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi KOH dan volume metanol meningkatkan rendemen biodiesel. Rendemen tertinggi sebesar 98,02% diperoleh pada penggunaan KOH 1,5% dan metanol 24 mL, sedangkan rendemen terendah sebesar 70,62% diperoleh pada penggunaan KOH 0,5% dan metanol 16 mL. Biodiesel yang dihasilkan memenuhi parameter viskositas, titik nyala, dan angka setana sesuai SNI 7182:2015, namun nilai densitas masih berada di atas batas maksimum standar. Minyak biji ketapang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel alternatif, meskipun diperlukan optimasi lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas biodiesel.

Kata kunci: Biodiesel, Kalium Hidroksida, Metanol, Minyak Biji Ketapang, Transesterifikasi.

Effect of Potassium Hydroxide Catalyst Concentration and Methanol Volume on Biodiesel Yield and Characteristics Produced from Tropical Almond (*Terminalia catappa L.*) Seed Oil

Abstract

Biodiesel is an alternative renewable fuel produced from vegetable oils through the transesterification process. Tropical almond (*Terminalia catappa L.*) seed oil is a promising non-edible feedstock for biodiesel production due to its high oil content. However, studies investigating the combined effects of potassium hydroxide (KOH) catalyst concentration and methanol volume on the yield and characteristics of biodiesel produced from mechanically pressed tropical almond seed oil remain limited. This study aimed to evaluate the effects of KOH catalyst concentration and methanol volume on biodiesel yield and fuel properties and to determine the optimum operating conditions based on the Indonesian National Standard (SNI 7182:2015). Transesterification was carried out at 55–60°C for 60 minutes using KOH concentrations of 0.5%, 1.0%, and 1.5%, with methanol volumes of 16, 18, 20, 22, and 24 mL. The biodiesel was evaluated based on yield, density, viscosity, flash point, cetane number, and ignition time. The results showed that increasing the KOH concentration and methanol volume improved biodiesel yield. The highest yield of 98.02% was obtained using 1.5% KOH and 24 mL methanol, while the lowest yield of 70.62% was obtained using 0.5% KOH and 16 mL methanol. The produced biodiesel met the SNI 7182:2015 requirements for viscosity, flash point, and cetane number, whereas its density exceeded the maximum allowable limit. These findings indicate that tropical almond seed oil has considerable potential as a non-edible feedstock for biodiesel production, although further process optimization is required to improve fuel quality.

Keywords: Biodiesel, Methanol, Potassium Hydroxide, Transesterification, Tropical Almond Seed Oil.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di Indonesia dan dunia terus mengalami peningkatan seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, perkembangan industri, dan meningkatnya aktivitas transportasi. Kondisi tersebut masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil yang bersifat tidak terbarukan sehingga ketersediaannya semakin menurun. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan dan perubahan iklim. Oleh karena itu, pengembangan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, ramah lingkungan, dan berkelanjutan menjadi salah satu upaya penting dalam mendukung ketahanan energi nasional [1], [10]. Selain berperan dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, pengembangan biodiesel juga mendukung pencapaian target bauran energi nasional serta upaya penurunan emisi gas rumah kaca melalui pemanfaatan sumber daya hayati yang dapat diperbarui [2].

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang diproduksi melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek, seperti metanol, menggunakan katalis basa maupun asam. Biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan bahan bakar diesel konvensional, antara lain dapat diperbarui, mudah terurai secara biologis, memiliki kandungan sulfur yang rendah, serta mampu mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon, dan partikulat hasil pembakaran [3]. Kualitas biodiesel dipengaruhi oleh berbagai parameter, seperti rendemen, densitas, viskositas, titik nyala, dan angka setana yang harus memenuhi persyaratan mutu sesuai SNI 7182:2015 agar aman digunakan pada mesin diesel [4], [9]. Selain memenuhi standar mutu, biodiesel yang memiliki karakteristik fisik dan kimia sesuai spesifikasi mampu meningkatkan efisiensi pembakaran, mengurangi keausan komponen mesin, serta menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar diesel konvensional [5].

Salah satu sumber minyak nabati yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel adalah biji ketapang (*Terminalia catappa* L.). Tanaman ketapang banyak tumbuh di wilayah tropis, termasuk Indonesia, dan umumnya dimanfaatkan sebagai tanaman peneduh. Biji ketapang mengandung minyak dengan komposisi asam lemak yang sesuai untuk produksi biodiesel sehingga berpotensi menjadi bahan baku nonpangan yang tidak bersaing dengan kebutuhan pangan masyarakat. Pemanfaatan biji ketapang sebagai bahan baku biodiesel juga dapat meningkatkan nilai tambah biomassa yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal [6], [11].

Keberhasilan proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya jenis dan konsentrasi katalis, rasio alkohol terhadap minyak, suhu reaksi, waktu reaksi, serta proses pemurnian biodiesel. Kalium hidroksida (KOH) merupakan katalis basa homogen yang banyak digunakan karena memiliki aktivitas katalitik yang tinggi, mampu mempercepat pembentukan ion metoksida, serta menghasilkan konversi metil ester yang tinggi dalam waktu reaksi relatif singkat. Selain itu, jumlah metanol yang digunakan juga memegang peranan penting dalam menggeser kesetimbangan reaksi menuju pembentukan metil ester. Namun, penggunaan metanol yang terlalu sedikit dapat menyebabkan konversi tidak sempurna, sedangkan penggunaan yang berlebihan dapat menyulitkan proses pemisahan biodiesel dan gliserol [7], [12].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa variasi konsentrasi katalis dan rasio metanol terhadap minyak berpengaruh terhadap rendemen maupun karakteristik biodiesel [8], [13]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut menggunakan minyak hasil ekstraksi pelarut (*solvent extraction*) atau hanya memfokuskan kajian pada satu parameter proses transesterifikasi. Penelitian mengenai produksi biodiesel dari minyak biji ketapang hasil pengepresan mekanik (*mechanical pressing*) dengan mengevaluasi pengaruh kombinasi variasi konsentrasi katalis KOH dan volume metanol terhadap rendemen serta karakteristik biodiesel masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi mengenai kondisi operasi optimum dalam produksi biodiesel dari minyak biji ketapang berdasarkan parameter mutu sesuai SNI 7182:2015.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi katalis KOH sebesar 0,5%; 1,0%; dan 1,5% serta volume metanol sebesar 16, 18, 20, 22, dan 24 mL terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari minyak biji ketapang hasil pengepresan mekanik. Karakteristik biodiesel yang dievaluasi meliputi densitas, viskositas, titik nyala, angka setana, dan waktu nyala untuk menentukan kondisi operasi optimum sesuai persyaratan mutu biodiesel SNI 7182:2015. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan biodiesel berbahan baku minyak biji ketapang sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan serta mendukung pemanfaatan sumber daya hayati lokal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak biji ketapang (*Terminalia catappa* L.) hasil pengepresan mekanik, metanol teknis sebagai pereaksi, kalium hidroksida (KOH) sebagai katalis basa, dan akuades untuk proses pencucian biodiesel. Peralatan yang digunakan meliputi alat *press* listrik, *hot plate magnetic stirrer*, gelas beker, labu Erlenmeyer, gelas ukur, corong pisah, termometer, neraca analitik, piknometer, viskometer, *Flash Point Kohler Tester*, *Cetane–Octane Gasoline Analyzer*, *stopwatch*, serta peralatan gelas laboratorium lainnya.

Penelitian ini menggunakan dua faktor perlakuan, yaitu variasi konsentrasi katalis KOH sebesar 0,5%; 1,0%; dan 1,5% (b/b minyak) serta variasi volume metanol sebesar 16, 18, 20, 22, dan 24 mL. Kombinasi kedua faktor tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel yang dihasilkan.

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Ekstraksi Minyak Biji Ketapang

Biji ketapang dibersihkan dari kotoran, kemudian dikeringkan untuk menurunkan kadar air sebelum dilakukan pengepresan menggunakan alat *press* listrik. Minyak hasil pengepresan disaring untuk memisahkan kotoran padat, kemudian dipanaskan pada suhu sekitar 105°C selama ± 30 menit untuk menghilangkan sisa kandungan air sehingga diperoleh minyak yang siap digunakan sebagai bahan baku proses transesterifikasi.

2.2.2 Proses Transesterifikasi

Sebanyak 100 mL minyak biji ketapang dimasukkan ke dalam reaktor dan dipanaskan hingga suhu 55–60°C. Larutan metoksida dibuat dengan melarutkan katalis KOH ke dalam metanol sesuai variasi perlakuan hingga homogen, kemudian ditambahkan ke dalam minyak yang telah mencapai suhu reaksi sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Reaksi transesterifikasi dilakukan selama 60 menit pada suhu konstan 55–60°C. Variasi perlakuan terdiri atas konsentrasi katalis KOH sebesar 0,5%; 1,0%; dan 1,5% (b/b minyak), serta volume metanol sebesar 16, 18, 20, 22, dan 24 mL. Setelah reaksi selesai, campuran didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk dua lapisan, yaitu biodiesel pada bagian atas dan gliserol pada bagian bawah. Biodiesel dipisahkan menggunakan corong pisah, kemudian dicuci menggunakan air hangat hingga air pencuci jernih. Selanjutnya biodiesel dipanaskan pada suhu sekitar 105°C untuk menghilangkan sisa air sebelum dilakukan pengujian karakteristik.

2.3 Analisis Biodiesel

Karakteristik biodiesel dianalisis melalui enam parameter, yaitu rendemen, densitas, viskositas kinematik, titik nyala, angka setana, dan waktu nyala. Rendemen dihitung berdasarkan perbandingan massa biodiesel terhadap massa minyak awal. Pengujian densitas dilakukan menggunakan piknometer mengacu pada ASTM D4052, sedangkan viskositas kinematik diukur menggunakan viskometer mengacu pada ASTM D445. Pengujian titik nyala dilakukan menggunakan *Flash Point Kohler Tester* mengacu pada ASTM D93, sedangkan angka setana ditentukan menggunakan *Cetane–Octane Gasoline Analyzer* mengacu pada ASTM D613. Pengujian waktu nyala dilakukan dengan metode pembakaran menggunakan sumbu kapas dan *stopwatch* untuk mengukur lama nyala biodiesel. Seluruh hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan persyaratan mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015.

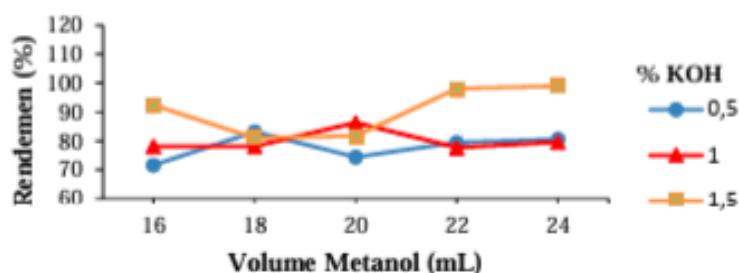
2.4 Analisis Data

Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi katalis KOH dan volume metanol terhadap rendemen serta karakteristik biodiesel. Analisis dilakukan dengan membandingkan setiap parameter hasil pengujian terhadap persyaratan mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015 untuk menentukan kondisi operasi yang menghasilkan biodiesel dengan karakteristik terbaik. Pendekatan analisis deskriptif dipilih karena penelitian ini berfokus pada evaluasi karakteristik biodiesel berdasarkan variasi kondisi proses tanpa melakukan pengujian hipotesis statistik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Variasi Konsentrasi KOH dan Volume Metanol terhadap Rendemen Biodiesel

Rendemen biodiesel merupakan salah satu parameter utama yang digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan proses transesterifikasi. Rendemen menunjukkan persentase biodiesel yang berhasil diperoleh dari minyak biji ketapang setelah melalui proses reaksi dan pemurnian. Semakin tinggi rendemen yang dihasilkan, semakin besar tingkat konversi trigliserida menjadi metil ester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi katalis KOH dan volume metanol cenderung meningkatkan rendemen biodiesel. Rendemen terendah sebesar 70,62% diperoleh pada penggunaan katalis KOH 0,5% dengan volume metanol 16 mL, sedangkan rendemen tertinggi sebesar 98,02% diperoleh pada penggunaan katalis KOH 1,5% dengan volume metanol 24 mL, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rendemen Biodiesel

Peningkatan rendemen terjadi karena bertambahnya konsentrasi katalis KOH meningkatkan jumlah ion metoksida (CH_3O^-) yang berperan sebagai katalis aktif dalam memutus ikatan ester pada molekul trigliserida. Semakin banyak ion metoksida yang terbentuk, semakin cepat laju reaksi transesterifikasi sehingga konversi trigliserida menjadi metil ester berlangsung lebih sempurna. Kondisi tersebut menyebabkan jumlah biodiesel yang terbentuk semakin besar. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi katalis mampu mempercepat pembentukan metil ester sehingga efisiensi proses transesterifikasi meningkat. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi katalis basa hingga batas optimum mampu meningkatkan pembentukan ion metoksida sehingga konversi trigliserida menjadi metil ester berlangsung lebih efektif. Namun, penggunaan katalis yang terlalu tinggi juga dapat memicu pembentukan sabun (saponifikasi) yang akhirnya menurunkan rendemen biodiesel [14].

Selain konsentrasi katalis, volume metanol juga berpengaruh terhadap pembentukan biodiesel. Penambahan metanol hingga 24 mL meningkatkan peluang terjadinya tumbukan antara molekul metanol dan trigliserida sehingga kesetimbangan reaksi bergeser ke arah pembentukan metil ester sesuai prinsip Le Chatelier. Akibatnya, konversi minyak menjadi biodiesel meningkat dan menghasilkan rendemen yang lebih tinggi. Meskipun demikian, peningkatan volume metanol tidak selalu menghasilkan peningkatan rendemen apabila digunakan secara berlebihan. Kelebihan metanol dapat meningkatkan kelarutan gliserol di dalam fase biodiesel sehingga proses pemisahan kedua fase menjadi kurang sempurna. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan kemurnian biodiesel dan menyebabkan kehilangan produk selama proses pemurnian. Oleh karena itu, penggunaan metanol harus berada pada kondisi optimum agar diperoleh rendemen yang maksimal.

Rendemen biodiesel tertinggi sebesar 98,02% menunjukkan bahwa kombinasi katalis KOH 1,5% dan metanol 24 mL merupakan kondisi operasi terbaik pada penelitian ini. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar trigliserida dalam minyak biji ketapang telah berhasil dikonversi menjadi metil ester. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi konsentrasi katalis dan volume metanol yang tepat berperan penting dalam meningkatkan efisiensi produksi biodiesel dari minyak biji ketapang. Temuan tersebut juga konsisten dengan berbagai penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa optimasi konsentrasi katalis dan jumlah metanol merupakan faktor utama dalam memperoleh biodiesel dengan rendemen tinggi serta karakteristik yang memenuhi standar mutu bahan bakar [15].

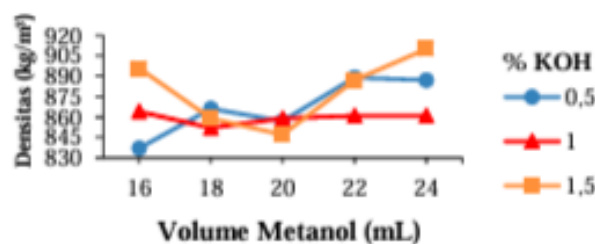
3.2 Karakteristik Biodiesel

Ini merupakan contoh sub-bab kedua. Isinya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Karakteristik biodiesel merupakan parameter penting dalam menentukan mutu bahan bakar yang dihasilkan serta kesesuaiannya dengan standar kualitas biodiesel. Pada penelitian ini, karakteristik biodiesel dianalisis berdasarkan lima parameter, yaitu densitas, viskositas, titik nyala, angka setana, dan waktu nyala. Setiap parameter dievaluasi untuk mengetahui

pengaruh variasi konsentrasi katalis KOH dan volume metanol terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan, kemudian dibandingkan dengan persyaratan mutu biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015. Pembahasan masing-masing parameter disajikan pada Subbab 3.2.1 hingga 3.2.5.

3.2.1. Densitas Biodiesel

Densitas merupakan salah satu parameter fisik yang memengaruhi proses atomisasi bahan bakar pada sistem injeksi mesin diesel. Nilai densitas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ukuran butiran bahan bakar menjadi lebih besar sehingga pembakaran berlangsung kurang sempurna, sedangkan densitas yang terlalu rendah dapat mengurangi energi yang dihasilkan selama proses pembakaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa densitas biodiesel berada pada rentang 837–910 kg/m³, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

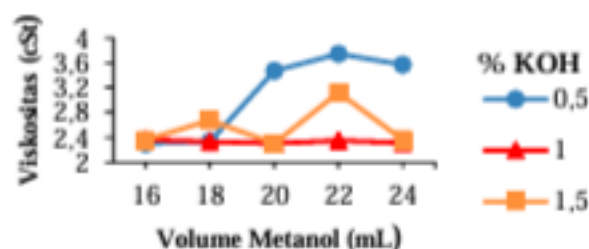


Gambar 2. Densitas Biodiesel

Sebagian besar sampel berada dalam atau mendekati rentang persyaratan SNI 7182:2015 (850–890 kg/m³), namun beberapa sampel masih memiliki nilai densitas di atas batas maksimum standar. Peningkatan konsentrasi katalis KOH dan volume metanol cenderung menghasilkan densitas yang lebih stabil karena proses konversi trigliserida menjadi metil ester berlangsung lebih sempurna. Densitas yang mendekati standar menunjukkan bahwa biodiesel memiliki kandungan metil ester yang cukup tinggi serta kandungan pengotor seperti gliserol dan trigliserida sisa yang relatif rendah. Sementara itu, nilai densitas yang masih melebihi standar diduga disebabkan oleh masih adanya sisa gliserol atau senyawa lain yang belum terpisah secara sempurna selama proses pemurnian biodiesel.

3.2.2. Viskositas Biodiesel

Viskositas merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kekentalan biodiesel selama mengalir pada sistem bahan bakar. Nilai viskositas sangat berpengaruh terhadap proses pengabutan (*atomization*), distribusi bahan bakar di ruang bakar, serta efisiensi pembakaran mesin diesel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa viskositas biodiesel berada pada rentang 2,30–3,74 cSt, sehingga seluruh sampel memenuhi persyaratan SNI 7182:2015, yaitu 2,3–6,0 cSt, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



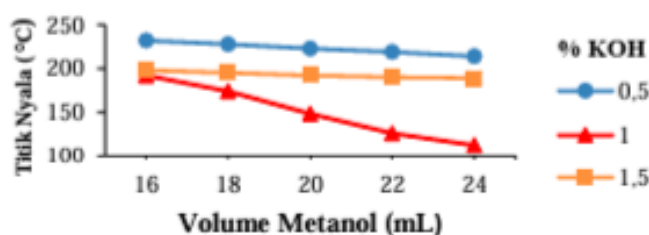
Gambar 3. Viskositas Biodiesel

Nilai viskositas yang relatif rendah menunjukkan bahwa proses transesterifikasi berhasil menurunkan viskositas minyak biji ketapang menjadi karakteristik yang sesuai sebagai bahan bakar diesel. Semakin tinggi rendemen biodiesel yang dihasilkan, viskositas cenderung semakin rendah karena sebagian besar trigliserida telah dikonversi menjadi metil ester. Penurunan viskositas ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi berlangsung dengan baik sehingga biodiesel memiliki sifat alir yang lebih baik dibandingkan minyak biji ketapang sebelum diproses. Viskositas yang berada dalam rentang standar SNI juga menunjukkan bahwa biodiesel berpotensi menghasilkan proses atomisasi yang lebih baik pada sistem injeksi mesin diesel sehingga pembakaran dapat

berlangsung lebih efisien. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi katalis KOH dan volume metanol tidak hanya meningkatkan rendemen, tetapi juga memperbaiki sifat alir biodiesel.

3.2.3. Titik Nyala Biodiesel

Titik nyala (*flash point*) merupakan suhu minimum ketika uap bahan bakar mulai menyala akibat adanya sumber api. Parameter ini berkaitan dengan aspek keselamatan selama proses penyimpanan, distribusi, dan penanganan biodiesel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa titik nyala biodiesel berada pada rentang 112–232°C, sehingga seluruh sampel memenuhi persyaratan minimum SNI 7182:2015, yaitu 100°C, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

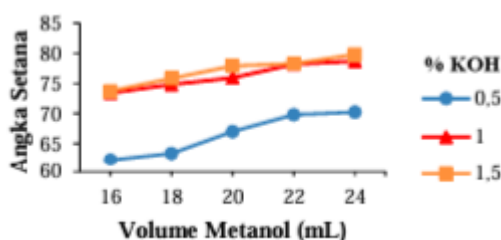


Gambar 4. Titik Nyala Biodiesel

Nilai titik nyala yang tinggi menunjukkan bahwa biodiesel memiliki kandungan metanol sisa yang rendah sehingga lebih aman dalam proses penyimpanan dibandingkan bahan bakar diesel konvensional. Peningkatan kualitas biodiesel akibat proses transesterifikasi yang lebih sempurna menghasilkan biodiesel dengan titik nyala yang lebih tinggi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pencucian dan pengeringan biodiesel telah berlangsung dengan baik sehingga sisa metanol berhasil dikurangi. Semakin rendah kandungan metanol yang tersisa di dalam biodiesel, semakin tinggi nilai titik nyala yang diperoleh. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pemurnian biodiesel berlangsung secara efektif sehingga biodiesel yang dihasilkan memiliki tingkat keamanan yang lebih baik selama proses penyimpanan dan distribusi.

3.2.4. Angka Setana Biodiesel

Angka setana (*cetane number*) merupakan indikator kualitas pembakaran biodiesel di dalam mesin diesel. Semakin tinggi angka setana, semakin singkat waktu tunda penyalaan (*ignition delay*) sehingga proses pembakaran berlangsung lebih cepat dan efisien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa angka setana biodiesel berada pada rentang 67,4–79,8, sehingga seluruh sampel memenuhi persyaratan minimum SNI 7182:2015, yaitu 51, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.

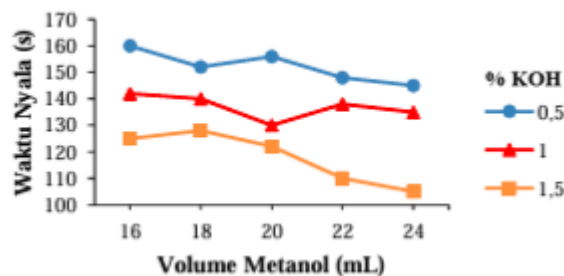


Gambar 5. Angka Setana Biodiesel

Nilai tersebut menunjukkan bahwa biodiesel dari minyak biji ketapang memiliki karakteristik pembakaran yang sangat baik. Peningkatan angka setana sejalan dengan meningkatnya rendemen biodiesel. Hal ini menunjukkan bahwa konversi trigliserida menjadi metil ester yang lebih tinggi mampu meningkatkan kualitas pembakaran biodiesel sehingga berpotensi menghasilkan emisi yang lebih rendah dan efisiensi pembakaran yang lebih baik. Nilai angka setana yang tinggi menunjukkan bahwa biodiesel lebih mudah mengalami penyalaan setelah diinjeksikan ke ruang bakar. Kondisi tersebut dapat meningkatkan efisiensi pembakaran serta mengurangi waktu tunda penyalaan sehingga performa mesin diesel menjadi lebih baik.

3.2.5. Waktu Nyala Biodiesel

Angka Waktu nyala digunakan untuk menggambarkan karakteristik pembakaran biodiesel selama proses pengujian. Parameter ini berkaitan dengan kemudahan biodiesel mempertahankan proses pembakaran setelah dinyalakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu nyala biodiesel berada pada rentang 105–160 detik, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Waktu Nyala Biodiesel

Semakin tinggi konsentrasi katalis KOH dan volume metanol, waktu nyala cenderung semakin singkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa biodiesel memiliki kualitas pembakaran yang semakin baik karena kandungan metil ester yang dihasilkan lebih tinggi. Hubungan antara waktu nyala dan angka setana menunjukkan kecenderungan yang saling berkaitan. Biodiesel dengan angka setana yang tinggi memiliki proses penyalan yang lebih cepat sehingga menghasilkan karakteristik pembakaran yang lebih stabil. Dengan demikian, kombinasi konsentrasi katalis KOH dan volume metanol yang menghasilkan angka setana tinggi juga memberikan karakteristik waktu nyala yang lebih baik, sehingga biodiesel memiliki potensi performa pembakaran yang lebih optimal ketika digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi katalis KOH dan volume metanol mempengaruhi rendemen serta karakteristik biodiesel yang dihasilkan dari minyak biji ketapang (*Terminalia catappa* L.). Peningkatan konsentrasi katalis KOH dan volume metanol cenderung meningkatkan rendemen biodiesel, dengan kondisi optimum diperoleh pada penggunaan katalis KOH 1,5% dan volume metanol 24 mL yang menghasilkan rendemen sebesar 98,02%. Biodiesel yang dihasilkan pada kondisi tersebut memiliki karakteristik berupa densitas 910 kg/m³, viskositas 2,36 cSt, titik nyala 189°C, angka setana 79,8, dan waktu nyala 105 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biodiesel telah memenuhi persyaratan SNI 7182:2015 pada parameter viskositas, titik nyala, dan angka setana, namun nilai densitas masih berada di atas batas maksimum standar sehingga diperlukan optimasi lebih lanjut pada proses produksi dan pemurnian biodiesel. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa minyak biji ketapang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel alternatif berbasis nonpangan yang mendukung pengembangan energi terbarukan dan pemanfaatan sumber daya hayati lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Sofiyani, L. Hakim, and A. Muarif, "Sintesis Biodiesel dari Biji Buah Ketapang (*Terminalia catappa* Linn) Melalui Proses Transesterifikasi *In Situ* Menggunakan Katalis Homogen (NaOH)," *Jurnal Redoks*, vol. 3, no. 1, pp. 327–345, 2025.
- [2] International Energy Agency (IEA), *Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030*. Paris: IEA, 2024.
- [3] A. Arif and S. Samik, "Review Artikel: Produksi Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas dengan Metode Transesterifikasi Menggunakan Katalis," *Jurnal Distilasi*, vol. 12, no. 2, pp. 1–12, 2023.
- [4] S. Latisya, "Teknologi Proses untuk Produksi Biodiesel Berbasis Minyak Kelapa Sawit," *Jurnal Teknologi Proses*, vol. 27, no. 2, pp. 78–91, 2022.
- [5] A. Demirbas, *Biodiesel: Production, Optimization and Applications*. Energy Conversion and Management, vol. 253, pp. 115–128, 2022.
- [6] N. Yikwa and D. Hidayati, "Perbandingan Metode Ekstraksi Minyak Nabati untuk Produksi Biodiesel," *Jurnal Rekayasa Kimia*, vol. 14, no. 4, pp. 600–608, 2024.

-
- [7] I. Hardiatama, M. L. Aziz, A. Sanata, and A. A. Rosyad, "Studi Numerik Karakteristik Pengabutan Bahan Bakar Diesel, Biodiesel dan Campurannya," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 2, pp. 573–586, 2024.
- [8] M. Atadashi, M. Aroua, and A. Aziz, "Biodiesel separation and purification: A review," *Renewable Energy*, vol. 172, pp. 138–152, 2021.
- [9] M. Ridho, P. Nusantara, A. Gamayel, and M. Zaenudin, "Pengaruh Campuran Bahan Bakar terhadap Karakteristik Pembakaran," *Jurnal Energi Terbarukan*, vol. 2, no. 1, pp. 10–17, 2024.
- [10] S. S. Wirawan, M. D. Solikhah, H. Setiapraja, and A. Sugiyono, "Biodiesel implementation in Indonesia: Experiences and future perspectives," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 189, Art. no. 113911, 2024.
- [11] S. B. Widodo, Z. Arif, I. Yakob, S. Suheri, and D. M. Sembiring, "Studi Pemanfaatan Biomassa sebagai Bahan Bakar Alternatif," *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya*, vol. 4, no. 1, pp. 48–58, 2025.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 7182:2024 Biodiesel untuk Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar*. Jakarta, Indonesia: Badan Standardisasi Nasional, 2024.
- [13] A. Suhara, Karyadi, S. G. Herawan, A. Tirta, M. Idris, M. F. Roslan, N. R. Putra, A. L. Hananto, and I. Veza, "Biodiesel Sustainability: Review of Progress and Challenges of Biodiesel as Sustainable Biofuel," *Clean Technologies*, vol. 6, no. 3, pp. 886–906, 2024.
- [14] M. Yaakob, M. Mohammad, M. Alherbawi, Z. Alam, and K. Sopian, "Overview of the production of biodiesel from waste cooking oil," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 160, 2022.
- [15] A. E. Atabani et al., "Comprehensive review on biodiesel production technologies, feedstocks and fuel properties," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 174, 2023.