

KARAKTERISTIK SIFAT FISIKA KIMIA BIODIESEL BERBASIS MINYAK NABATI

Firda Dimawarnita^{1*}, Ziedal Mafaaz Fafaaza Emha², Arsat Koto², dan Yora faramitha³

Abstrak - Biodiesel saat ini menjadi bahan bakar terbarukan yang banyak diaplikasikan di beberapa negara, salah satunya Indonesia. Biodiesel dapat disintesis dari berbagai macam minyak nabati seperti minyak kelapa, kelapa sawit, biji bunga matahari, biji jarak, dan biji karet. Biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan bahan bakar berbasis fosil karena tidak beracun, memiliki emisi gas buang yang lebih bersih, dan dapat digunakan murni maupun sebagai campuran dengan bahan bakar diesel petroleum. Teknologi produksi biodiesel biasanya menggunakan bahan baku minyak nabati dengan menggunakan teknik transesterifikasi yang merupakan salah satu teknik yang paling sering digunakan dalam produksi biodiesel. Proses yang terjadi berupa proses konversi asam lemak dari minyak dan methanol menjadi biodiesel dengan bantuan katalis homogen yaitu katalis asam atau basa. Penelitian ini menggunakan minyak nabati berasal dari minyak kelapa sawit dan minyak jarak pagar yang disintesis menjadi biodiesel dengan katalis KOH 1% (b/v). Hasil karakteristik biodiesel minyak sawit dan jarak pagar secara keseluruhan tidak berbeda dan masuk standar SNI 7182-2015. Kadar metil ester sebesar 97,66%; angka asam 0,25 mg KOH/g sampel; angka penyabunan 184,93; gliserol total 0,22; densitas 0,878 g/cm³.

Kata kunci: asam lemak bebas, esterifikasi, metil ester, transesterifikasi

PENDAHULUAN

Biodiesel adalah alkil ester sederhana dari minyak nabati yang dihasilkan dengan reaksi transesterifikasi. Transesterifikasi sendiri merupakan proses pengubahan trigliserida menjadi ester yang lebih sederhana dengan menggunakan alkohol, terutama metanol, serta dibantu oleh adanya katalis. Produk yang dihasilkan dari proses transesterifikasi berupa biodiesel dan gliserol sebagai produk samping (Rezania et al., 2019).

Biodiesel diperoleh dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui, yakni beragam minyak nabati seperti minyak kelapa, kelapa sawit, biji bunga matahari, biji jarak, dan biji karet sehingga tidak terjadi kelangkaan selama bahan baku yang digunakan terus

dilestarikan. Biodiesel juga bersifat *biodegradable* atau dapat terurai secara alami, tidak beracun, memiliki emisi gas buangan lebih sedikit dibanding diesel petroleum, titik nyala yang lebih tinggi, pelumasan yang sangat baik, dan dapat digunakan secara murni maupun sebagai campuran dengan bahan bakar diesel berbasis petrodiesel serta tidak memerlukan modifikasi mesin kendaraan (Firoz, 2017).

Pemanfaatan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa keuntungan diantaranya: yield yang dihasilkan tinggi yaitu 96%, bagian kulit (serabut) kelapa sawit mengandung 45-50% minyak, sedangkan bagian intinya (kernel) mengandung 44% minyak. Kelapa sawit juga mudah didapat di Indonesia karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia. Berdasarkan penelitian sebelumnya, kelapa sawit dapat diolah menjadi biodiesel yang ramah lingkungan karena bebas nitrogen, sulfur, dan senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan tidak merusak lingkungan (Puspitaningati et al., 2013). Oleh karena itu, biodiesel dari minyak kelapa sawit sudah dimanfaatkan secara komersial sebagai campuran solar di Indonesia dengan nama Biosolar, meskipun masih dengan perbandingan presentase yang kecil (sekitar 30% untuk biodiesel jenis B30). Selain kelapa sawit, tanaman lain yang juga

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Firda Dimawarnita^{1*} (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Bogor
Jl. Taman Kencana No.1 Bogor 16128, Indonesia

Email: firda.dimawarnita@gmail.com

²Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Jl. Raya Dramaga Bogor 16680, Indonesia

³Bioteknologi, IPB University, Jl. Raya Dramaga Bogor 16680, Indonesia

dapat dimanfaatkan sebagai biodiesel adalah jarak pagar.

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*) umumnya hanya dikenal sebagai tanaman pembatas pagar serta obat-obatan tradisional oleh masyarakat (Hassaan et al., 2017). Faktanya, biji tanaman ini mengandung minyak sebesar 50% (Kamel et al., 2018), lebih tinggi dibandingkan dengan persentase kandungan minyak pada kelapa sawit yakni sekitar 45-50% untuk minyak biji sawit (CPO) dan 40% untuk minyak inti sawit (PKO). Kandungan minyak tersebut menunjukkan bahwa tanaman jarak pagar memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku biodiesel.

Teknologi produksi biodiesel biasanya menggunakan bahan baku minyak nabati dengan menggunakan teknik transesterifikasi yang merupakan salah satu teknik yang paling sering digunakan dalam produksi biodiesel. Proses yang terjadi adalah konversi asam lemak dari minyak dan methanol menjadi biodiesel dengan bantuan katalis homogen (katalis asam maupun basa). Hal yang harus dipertimbangkan sebelum melakukan sintesis biodiesel menggunakan teknik transesterifikasi adalah kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) atau Asam Lemak Bebas (ALB) pada minyak nabati. Jika FFA melebihi 2% maka proses dapat membentuk reaksi saponifikasi. Pada FFA yang tinggi maka harus melalui tahap esterifikasi dengan penggunaan katalis asam untuk meminimalisir proses pembentukan sabun (Andhika, 2016).

Proses produksi biodiesel dengan teknik transesterifikasi akan menghasilkan produk berupa metil ester dan gliserol sebagai hasil samping. Gliserol yang didapat memiliki tingkat kemurnian yang rendah. Hasil samping tersebut dapat dilakukan pemurnian guna meningkatkan nilai ekonomis dan mengurangi dampak lingkungan. Penelitian terdahulu tentang biodiesel telah banyak dilakukan oleh peneliti lain namun, belum banyak yang melakukan penelitian integrasi sintesis biodiesel sekaligus pemurnian gliserol sebagai hasil samping biodiesel. Tujuan penelitian ini adalah integrasi proses sintesis biodiesel dan pemurnian gliserol sebagai hasil sampingnya. (Kusumaningtyas & Bahtiar, 2012) melakukan sintesis biodiesel dari biji karet dengan katalis KOH 1% pada suhu 60°C menghasilkan konsentrasi metil ester 81,69%;

(Wahyuni et al., 2011) melakukan sintesis biodiesel berbasis minyak jelantah dengan katalis KOH menghasilkan biodiesel dengan *yield* 71,25%. Pada penelitian ini dilakukan proses sintesis biodiesel dari minyak nabati kelapa sawit dan jarak pagar menggunakan katalis KOH serta analisis karakteristik sifat fisika kimia yang dihasilkan. Kemudian, hasil samping berupa gliserol juga dilakukan pemurnian dengan karbon aktif. Penggunaan katalis basa memiliki keunggulan dibanding katalis asam diantaranya dari kecepatan reaksi, kesempurnaan, dan tidak memerlukan suhu operasi yang tinggi. Suhu reaksi yang rendah memberikan keuntungan dalam hal ekonomi, yaitu menurunkan biaya produksi. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini digunakan katalis basa, yaitu KOH.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak nabati kelapa sawit dan minyak nabati jarak pagar, metanol 15% v/v, KOH 1% b/v, aquadest, H₂SO₄ 5%, NaOH.

Metode Analisis Asam Lemak Bebas (ALB) Bahan Baku (SNI-1-3555-1998)

Sebelum melakukan pembuatan biodiesel, terlebih dahulu mengidentifikasi nilai ALB minyak yang akan digunakan. Apabila ALB <2%, maka pembuatan biodiesel melalui proses transesterifikasi dan apabila >2%, maka terlebih dahulu minyak nabati melalui tahap esterifikasi kemudian transesterifikasi. Nilai ALB dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\% \text{ Asam Lemak Bebas (FFA)} = \frac{M \times V \times T}{10 \cdot m} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

V = Volume NaOH yang diperlukan dalam peniteran (mL)

T = Normalitas NaOH, 0,1075N

m = bobot contoh (gram), sekitar 2 gram per contoh (duplo)

M = bobot molekul asam lemak = 282

Transesterifikasi Minyak Nabati

Sebanyak 500 mL minyak nabati dimasukkan kedalam labu distilasi. Kemudian disiapkan juga campuran metanol 15% (v/v), KOH 1% (b/v). Campuran metanol dan KOH disebut sebagai metoksida. Minyak nabati dan larutan metoksida dipanaskan suhu 55°C dengan kecepatan 450 rpm selama 60 menit. Kemudian, larutan dipisahkan pada labu pemisah 1000mL selama 2 jam untuk proses settling. Setelah itu, lapisan atas merupakan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) yang sudah terpisah dicuci dengan air panas suhu 60°C, hingga FAME netral. Tahapan terakhir adalah memansakan FAME pada suhu 105°C untuk menguapkan sisa air pencucian sampai larutan FAME berwarna kuning jernih.

Esterifikasi Minyak Nabati

Sebanyak 200 mL minyak nabati dimasukkan kedalam labu distilasi. Kemudian disiapkan juga

campuran metanol 25% (v/v), H₂SO₄ 5% (v/v) dan juga larutan metoksida. Campuran minyak nabati, metanol, dan H₂SO₄ dipanaskan pada suhu 55°C dengan kecepatan pengadukan 450 rpm selama 60 menit. Setelah itu, larutan dipisahkan pada labu pemisah 1000 mL dan disettling selama 2 jam. Setelah proses settling, larutan akan terbentuk 2 lapisan, lapisan atas adalah metanol dan H₂O, sedangkan lapisan bawah adalah Metil ester dan trigliserida minyak nabati yang sudah berkurang ALB dan H₂SO₄. Lapisan bawah siap dilanjutkan untuk proses transesterifikasi menjadi biodiesel.

Metode Analisis Angka Asam Biodiesel (SNI-7182-2015)

Analisis angka asam biodiesel perlu diuji karena akan berpengaruh pada kemampuan bahan bakar dapat menyebabkan korosi pada mesin kendaraan. Analisis angka asam dapat dihitung melalui rumus berikut ini:

$$\text{Angka Asam, } A_a (\text{mg KOH/g r percontoh}) = \frac{(A - B) \times N \times 56.1}{W} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

A = Volume alkali standar yang digunakan dalam titrasi (ml)

B = Volume alkali standar yang digunakan dalam titrasi blanko (ml)

N = Konsentrasi alkali standar (KOH) (N)

w = Berat percontoh (mg)

Metode Analisis Angka Penyabunan (SNI-7182-2015)

Analisis angka penyabunan dapat memberikan informasi tentang berat molekul lemak dan minyak secara kasar. Analisis angka penyabunan dapat diitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Angka Penyabunan (As)} = \frac{56.1 (B - C) \times N}{m} \text{ mg KOH/g sampel} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

B = Volume HCl 0,554 N yang dihabiskan pada titrasi blanko (ml)

C = Volume HCl 0,554 N yang dihabiskan pada titrasi percontoh (ml)

N = Konsentrasi eksak larutan HCl 0,554 (N)

M = Berat percontoh (g).

Metode analisis Angka Gliserol Total (SNI-7185-2015)

Analisis gliserol total pada biodiesel dapat memberikan informasi tentang sisa gliserol sebagai produk hasil samping sintesis biodiesel. Analisis angka gliserol total dapat menggunakan rumus berikut ini:

$$G_{III} (\% \text{ massa}) = \frac{2.302 (B - C) N}{W} \dots\dots\dots(4)$$

$$W = \frac{\text{Berat percontoh} \times \text{mL percontoh}}{900} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

C = Volume larutan natrium tiosulfat yang habis dalam titrasi percontoh (ml)

B = Volume larutan natrium tiosulfat yang habis dalam titrasi blangko (ml)

N = Konsentrasi eksak larutan natrium tiosulfat, normalitas (N)= 0,02.

Gttl = Gliserol Total

Metode Analisis Kadar Metil Ester (FAME) (SNI-7185-2015)

Analisis kadar metil ester memberikan informasi tentang banyaknya metil ester yang terbentuk setelah proses sintesis biodiesel. Analisis kadar metil ester dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Kadar Metil Ester, ME (\% massa)} = \frac{100 (A_s - A_a - 18.27 G_{ttl})}{A_s} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

Gttl = Gliserol Total

As = Angka Penyabunan

Aa = Angka Asam

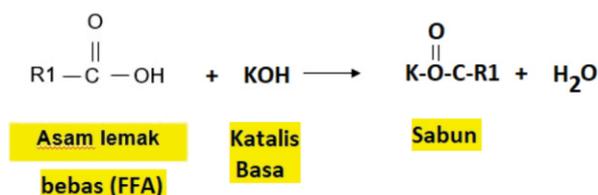
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Asam Lemak Bebas (ALB) pada Bahan Baku

Pembuatan biodiesel dari minyak sawit dan minyak jarak pagar diawali dengan melakukan pengukuran kadar asam lemak bebas (ALB). Asam lemak bebas dihasilkan dari hasil oksidasi dan hidrolisis minyak

menjadi asam. Asam lemak dapat menyumbat filter atau saringan dan menjadi korosi pada mesin diesel. Selain itu, ALB yang tinggi dalam bahan baku pembuatan biodiesel dapat menyebabkan terbentuknya sabun saat proses pembuatan biodiesel (Gambar 1). Hal tersebut disebabkan apabila ALB bereaksi dengan katalis basa pada tahap transesterifikasi dapat menyebabkan terbentuknya sabun (Thinnakorn & Tscheikuna, 2014).

Kandungan ALB yang tinggi pada bahan baku pembuatan biodiesel membuat diperlukannya tahapan tambahan dalam pembuatan biodiesel, yaitu mengubah ALB menjadi ester dengan cara mereaksikan minyak dengan metanol menggunakan katalis asam (Thinnakorn & Tscheikuna, 2014). Minyak bahan baku untuk pembuatan biodiesel harus memiliki kemurnian tinggi dan rendah ALB untuk menghindari terbentuknya sabun. Kadar minimal ALB yang terkandung dalam bahan baku minyak adalah kurang dari 2% (Azeman et al., 2015). Secara visual, penampakan minyak sawit dan minyak jarak pagar dapat dilihat pada Gambar 2. Pengukuran ALB dilakukan dengan titrasi menggunakan NaOH. NaOH yang ditambahkan ke dalam minyak dapat menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak tersebut. Kadar asam lemak bebas merupakan persentase jumlah asam lemak bebas di dalam minyak yang dinetralkan oleh NaOH (Suroso, 2013). Hasil pengukuran kadar ALB pada minyak sawit dan minyak jarak (Tabel 1) menunjukkan perbedaan yang cukup jauh. Minyak sawit memiliki rata-rata nilai ALB yang rendah yaitu hanya sebesar 0,15%, sedangkan minyak jarak pagar memiliki rata-rata nilai ALB yang cukup tinggi yaitu 5,19%. Nilai ALB yang tinggi akan menyebabkan rendahnya kinerja dan efisiensi biodiesel. Kandungan ALB diatas 3% akan mengakibatkan terjadinya reaksi penyabunan (saponifikasi), yang dapat mempengaruhi proses pemurnian biodiesel (Haryanto & Triyono, 2015).



Gambar 1. Reaksi pembentukan sabun dari ALB dan katalis basa (Haryanto & Triyono, 2015)



Gambar 2. Bahan Baku Pembuatan Biodiesel, (a) Minyak Kelapa Sawit, (b) Minyak Jarak Pagar

Tabel 1. Kadar ALB untuk minyak nabati

Sampel	ALB (%)
Minyak Sawit	0,15
Minyak Jarak	5,19

Pengukuran ALB yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan dengan titrasi menggunakan NaOH. NaOH yang ditambahkan ke dalam minyak dapat menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak tersebut. Kadar asam lemak bebas merupakan persentase jumlah asam lemak bebas di dalam minyak yang dinetralkan oleh NaOH (Suroso, 2013). Hasil pengukuran kadar ALB pada minyak sawit dan minyak jarak (Tabel 1) menunjukkan perbedaan yang cukup jauh. Minyak sawit memiliki rata-rata nilai ALB yang rendah yaitu hanya sebesar 0,15%, sedangkan minyak jarak pagar memiliki rata-rata nilai ALB yang cukup tinggi yaitu 5,19%.

Rendahnya nilai ALB yang dimiliki oleh minyak sawit dalam penelitian ini karena minyak goreng sawit yang digunakan masih baru, sehingga belum mengalami proses penggorengan yang dapat meningkatkan nilai ALB. Peningkatan nilai ALB pada minyak goreng sawit dapat disebabkan oksidasi dan hidrolisis pada saat penggorengan (Azeman et al., 2011). Nilai ALB yang tinggi pada minyak jarak pagar dapat disebabkan karena minyak yang digunakan merupakan minyak yang sudah lama disimpan, sehingga kualitasnya bisa saja menurun. Selain itu, kandungan asam lemak bebas pada minyak jarak pagar memang cukup tinggi. Penelitian Abdulloh et al., (2016) menunjukkan kadar ALB pada minyak jarak pagar yang di dapatkan dari PTPN-XII Jember

memiliki nilai yang cukup tinggi, yaitu 11,36%.

Hasil Esterifikasi Minyak Jarak Pagar

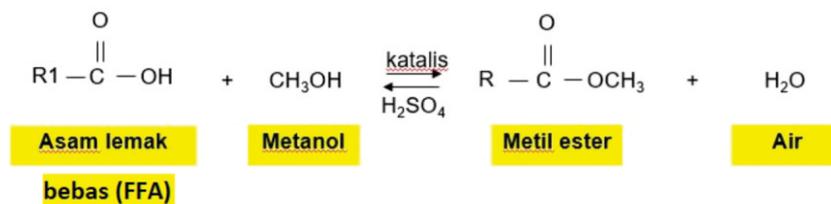
Esterifikasi menurut Hasahatan et al., (2012) merupakan proses atau reaksi pemindahan bilangan asam lemak bebas menjadi ester dan air. Perubahan tersebut dilakukan menggunakan alkohol dan katalis. Jenis katalis yang digunakan dapat berupa padatan atau cairan. Proses esterifikasi dilakukan ketika nilai ALB dari minyak yang digunakan mencapai angka diatas 5%. Reaksi esterifikasi pada minyak digunakan sebagai pendahulu agar kadar ALB dapat berkurang. Semakin banyak katalis asam (H_2SO_4) yang ditambahkan dan lama waktu yang digunakan maka dapat menghasikan volume biodiesel yang semakin banyak. Jumlah katalis yang digunakan berbanding lurus dengan jumlah metil ester yang dihasilkan. Olutoye & Hameed (2013) menjelaskan bahwa semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka asam lemak bebas yang dapat terkonversi menjadi metil ester semakin banyak. Waktu yang lama dapat memberikan waktu tinggal yang lama untuk bereaksi sehingga peluang yang lebih besar untuk memberikan kesempatan bereaksi antara reaktan sehingga konversi reaksi juga dapat meningkat. Minyak jarak pagar pada umumnya memiliki nilai ALB lebih dari 10%, sehingga diperlukan reaksi esterifikasi dalam

pembuatan biodiesel (Gambar 3). Minyak jarak pagar yang mengandung air dapat menimbulkan reaksi penyabunan berupa lapisan endapan berwarna putih pada bagian dasar labu, sehingga proses pemanasan menjadi penting untuk dilakukan terlebih dahulu.

Esterifikasi minyak jarak pagar, ALB dikonversi menjadi metil ester dengan mereaksikan dengan methanol berlebih, dan pemakaian katalis asam H₂SO₄ untuk menghindari terjadinya saponifikasi (terbentuknya sabun bila katalisnya basa), dengan

demikian ALB dapat berkurang hingga < 2% kemudian proses transesterifikasi. Reaksi optimum berlangsung pada rentang suhu 55-60°C selama 60 menit (Gambar 4).

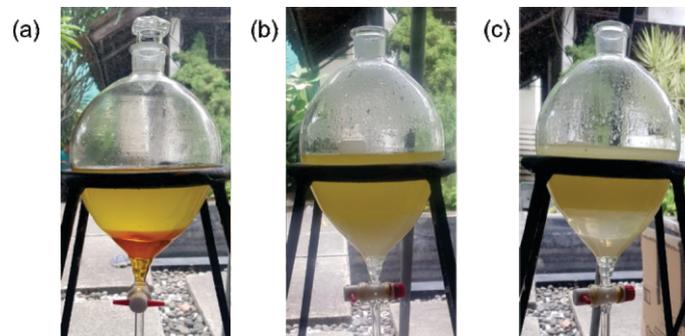
Semua ALB diharapkan habis terkonversi menjadi metil ester, terbentuk 2 lapisan, komponen lapisan atas berupa methanol sisa+air (densitas lebih ringan) dan lapisan bawah adalah campuran: metil ester, H₂SO₄, FFA sisa dan pengotor lainnya (Gambar 5).



Gambar 3. Reaksi pembentukan metil ester (Haryanto & Triyono, 2015)



Gambar 4. Transesterifikasi minyak goreng sawit pada 1 jam, 60°C (Kiri); esterifikasi minyak jarak pagar pada 1 jam, 60°C (Kanan)



Gambar 5. Pencucian metil ester hasil esterifikasi. (A) pencucian awal (pemisahan atas: metil ester, lapisan bawah: ALB sisa, H₂SO₄ & methanol); (B) pencucian pertama; (C) pencucian kedua

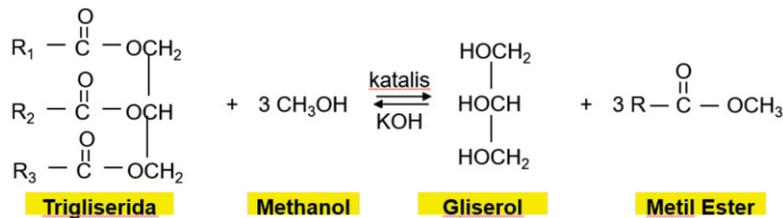
Reaksi Trans-Esterifikasi Untuk Sintesis Biodiesel

Pembuatan biodiesel dilakukan dengan melakukan transesterifikasi pada bahan minyak yang sudah memiliki nilai ALB >2%. Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian alkohol dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam - asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan metil ester (Olutoye & Hameed., 2013). Proses transesterifikasi minyak akan menghasilkan hasil samping berupa gliserol (Gambar 6). Katalis yang digunakan pada proses transesterifikasi adalah basa/alkali. Selain menggunakan katalis, proses transesterifikasi juga menggunakan alkohol, yang dalam penelitian ini digunakan metanol.

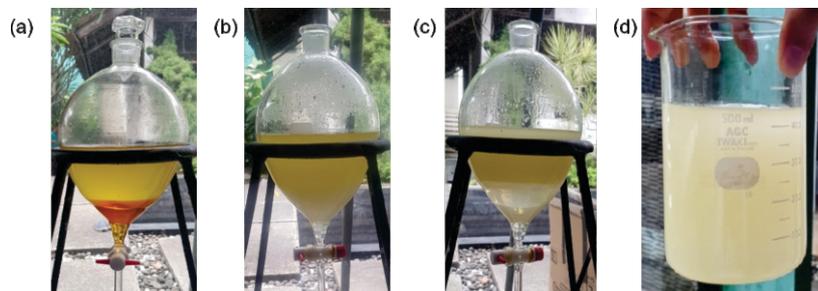
Tujuan penggunaan metanol berlebih adalah untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk (Teo et al., 2022). Katalis yang digunakan dalam penelitian ini adalah KOH (kalium hidroksida). Menurut Santoso (2013), KOH banyak digunakan sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan operasi yang relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Selain itu, menurut Chia-Hung Su (2013), katalis basa seperti KOH merupakan jenis katalis yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap asam lemak bebas sebagai umpan.

Transesterifikasi minyak sawit dan minyak jarak pagar dilakukan dengan mencampur masing masing bahan tersebut dengan metanol dan katalis KOH. Reaksi dilakukan pada suhu 60°C selama 1 jam. Suhu 60°C merupakan suhu optimum untuk reaksi transesterifikasi menggunakan katalis KOH. Setelah dipanaskan dan diaduk selama 1 jam, minyak dimasukkan ke dalam tabung pemisah untuk tahap *settling* (Gambar 6). Proses *settling* pada pemurnian biodiesel bertujuan untuk mengurangi kadar gliserol bebas yang masih terikat pada metil ester (Ratanabuntha et al., 2018).

Gliserol yang berada di fase bawah dipisahkan dari metil ester yang berada dibagian atas. Selanjutnya metil ester dilakukan pemurnian dengan menggunakan akuades. Pemurnian metil ester dilakukan dengan metode washing menggunakan air panas. Metode *washing* diulang sampai pH 6, dan warna minyak (biodiesel) menjadi kuning bening. Setelah pH mendekati netral, metil ester dipanaskan pada suhu lebih dari 100°C. Proses pemanasan bertujuan mengurangi kandungan air dari hasil *washing* (Elma et al., 2016). Lapisan gliserol yang telah dipisahkan pada tahap transesterifikasi ini (lapisan bawah gambar 7A) akan dimurnikan. Metil ester hasil sintesis dari minyak jarak pagar dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 6. Reaksi transesterifikasi dari trigliserida (Haryanto & Triyono, 2015)



Gambar 7. Pencucian metil ester hasil transesterifikasi. (A) pencucian awal (pemisahan atas metil ester, lapisan bawah: gliserol, KOH & methanol); (B) pencucian pertama; (C) pencucian kedua; (D) Metil ester sebelum pemanasan 105°C



Gambar 8. Biodiesel (metil ester) minyak jarak setelah pemanasan 105°C

Hasil Analisis Mutu Biodiesel Pengukuran Angka Asam

Syarat dan mutu Angka asam tertuang di SNI-7182-2015 adalah maksimum 0,5 mg KOH/gr contoh. Percobaan ini mendapatkan hasil Rataan 0,25 mg KOH/gram contoh (Tabel 2). Analisa angka asam

didefinisikan sebagai jumlah KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam bebas per gram sampel, sehingga semakin besar angka asam, katalis basa yang diperlukan pada proses transesterifikasi menjadi lebih besar karena juga bereaksi dengan asam lemak. Sehingga lebih disukai bila kadar angka asam < 0,5.

Tabel 2. Angka Asam pada produk Metil Ester dari Minyak CPO

Sampel	Angka Asam (A_a)
Minyak Sawit	0,26
Minyak Jarak	0,24

Pengukuran Angka Penyabunan

Prinsip penentuan bilangan penyabunan adalah terjadinya hidrolisis dengan penambahan basa kuat yang menghasilkan asam lemak dan gliserol. Semakin kecil nilai bilangan penyabunannya, semakin bagus produk yang dihasilkan (Randy, 2008). Minyak yang disusun oleh asam lemak berantai karbon yang pendek, mempunyai berat molekul yang relatif kecil, maka angka penyabunannya besar dan sebaliknya

bila minyak mempunyai berat molekul yang besar, maka angka penyabunan relatif kecil. Angka penyabunan ini dinyatakan sebagai banyaknya KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan satu gram lemak atau minyak. Angka penyabunan minyak sawit dan minyak jarak dapat dilihat pada Tabel 3. Angka penyabunan kedua bahan baku tidak terlalu berbeda yang artinya, keduanya menghasilkan produk metil ester yang sama.

Tabel 3. Angka penyabunan pada produk metil ester minyak sawit dan minyak jarak

Sampel	A_s (mg KOH/ gr sampel)
Minyak sawit	185,31
Minyak jarak	185,64

Pengukuran Gliserol Total Pada Biodiesel (FAME)

Syarat dan mutu gliserol total tertuang di SNI-7182-2015 maksimum 0,24% massa. Pada penelitian ini mendapatkan hasil gliserol total untuk minyak sawit sebesar 0,22% dan minyak jarak sebesar 0,23% yang masih masuk dalam standar SNI (Tabel 4). Keberadaan gliserol dalam produk biodiesel dapat

menyebabkan mesin kendaraan berkarat/korosi. Adanya gugus –OH dalam gliserol secara kimiawi agresif terhadap logam tembaga dan campuran krom, yang merupakan logam penyusun pada tangki bahan bakar. Keberadaan senyawa gliserida dalam FAME disebabkan konversi minyak nabati yang kurang sempurna selama proses transesterifikasi.

Tabel 4. Kadar gliserol total pada produk FAME dari minyak sawit dan minyak jarak

Sampel	Gliserol total (% wt)
Minyak sawit	0,22
Minyak jarak	0,23

Pengukuran Kemurnian Produk Biodiesel

Syarat dan mutu metil ester tertuang di SNI-7182-2015 adalah maksimum 96,5% massa. Penelitian ini mendapatkan hasil 97,73% untuk minyak sawit dan 97,59% untuk minyak jarak.

Kandungan metil ester menunjukkan kemurnian biodiesel tersebut. Hal tersebut dapat menandakan seberapa banyak gliserida yang dapat dikonversi menjadi metil ester. Secara keseluruhan karakteristik sifat biodiesel minyak sawit dan minyak jarak dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik kimia biodiesel dari minyak sawit dan minyak jarak

Sampel	A_s	A_a	G_{tit}	ME (%)
Minyak sawit	185,31	0,26	0,22	97,73
Minyak jarak	183,04	0,24	0,23	97,59

Kandungan metil ester berdasarkan penelitian ini memenuhi standar SNI memenuhi syarat mutu SNI-7182-2015, sehingga layak jika ingin dikembangkan dalam skala besar. Pemanfaatan minyak jarak menjadi biodiesel juga merupakan alternatif pengembangan biodiesel selain minyak sawit. Haryanto & Triyono (2015) melaporkan kemurnian biodiesel menggunakan metode *microwave reactor* adalah sebesar 91%. Jika dibandingkan dengan penelitian ini, metode yang digunakan lebih sederhana tapi kandungan metil ester yang dihasilkan jauh lebih besar, yaitu 97%. Oleh karena itu, metode ini layak untuk dikembangkan dalam skala yang lebih besar.

Pengukuran densitas produk biodiesel (metil ester)

Syarat dan mutu densitas biodiesel tertuang pada SNI-7182-2015 (atau ASTM D1298) adalah 0,85-0,89 gr/cm³ pada suhu 40°C. Penelitian ini mendapatkan hasil pengukuran densitas sebesar 0,878 gr/cm³ untuk minyak sawit dan 0,875 gr/cm³ untuk biodiesel minyak jarak (Tabel 6). Densitas pada biodiesel menunjukkan karakteristik fisika yang telah ditetapkan oleh SNI. Densitas dalam penelitian ini masuk dalam standar SNI.

Tabel 6. Nilai densitas biodiesel minyak sawit dan minyak jarak

Sampel	Densitas (gr/cm ³)
Minyak sawit	0,878
Minyak jarak	0,875

Secara umum, pembuatan biodiesel pada penelitian ini masuk dalam standar biodiesel yang ditetapkan.

Ringkasan mutu standar biodiesel pada penelitian ini dibandingkan mutu yang ada dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Standar Mutu Biodiesel

No	Parameter	Unit	Penelitian ini	SNI 7182-2015	DIN 51606	ASTM D6751-02
1	Metil Ester	% massa	97,73	≥ 96,5	-	-
			97,59			
2	Angka Asam	mg KOH/gr sample	0,26	< 0,5	< 0,5	< 0,5
			0,24			
3	Angka penyabunan	mg KOH/gr sample	185,31	-	-	-
			183,04			
4	Gliserol Total	% massa	0,22	< 0,24	-	< 0,24
			0,23			
5	Densitas	gr/cm ³ (40°C)	0,878	0,85~0,89	0,875~0,900	-
			(30°C)	(40°C)	(15°C)	

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, integrasi teknologi sintesis biodiesel dan pemurnian gliserol hasil samping biodiesel berhasil dilakukan dengan biodiesel yang dihasilkan memiliki kemurnian memenuhi standar SNI 7182-2015 yaitu 97,73% (minyak sawit) dan 97,59% (minyak jarak); nilai angka penyabunan biodiesel sebesar 185,31 mg KOH/ g sampel. Kadar angka asam FAME sekitar 0,25 mg KOH/g sampel; kadar gliserol total metil ester sebesar 0,22% massa; dan densitas biodiesel sebesar 0,878 gr/cm³. Pemurnian produk samping gliserol menghasilkan nilai gliserol dari 38,2% menjadi 66,49%. Melalui proses yang relatif sederhana teknologi integrasi ini dapat diperoleh biodiesel dan gliserol dengan rendemen tinggi, sehingga teknologi ini memiliki prospek untuk diteliti lebih lanjut dalam skala yang lebih besar beserta analisis teknoekonominya

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada SBRC IPB University yang telah memfasilitasi tempat penelitian juga rekan-rekan peneliti lain dari bioteknologi Irfan, Khafid, dan Pak Irji.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulloh, A. Widati, A. A. & Tamamy, F. (2016). Hidrolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi Asam Lemah Bebas Menggunakan Katalis CaO. *Journal Kimia Riset*, 1 (1), 1-6.
- Andhika, R. (2016). Produksi dan pemurnian biodiesel dengan teknologi membrane. *Jurnal Research Geat ITB*, (1), 1-6.
- Azeman, N. H., Yusof, N. A., & Othman, A. I. (2015).

- Detection of free fatty acid in crude palm oil. *Asian Journal of Chemistry*, 27(5), 1569.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Standar Nasional Indonesia: Gliserol Kasar (*Crude glyserine*). SNI-06-1564-1995. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Standar Nasional Indonesia; Biodiesel. SNI-7182-2015. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Standar Nasional Indonesia; Cara uji minyak dan lemak. SNI-01-3555-1998. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Chia-Hung Su. (2013). Recoverable and reusable hydrochloric acid used as a homogeneous catalyst for biodiesel production. *Applied Energy*, 104, 503-509.
- Elma M, Suhendra S.A. & Wahyuddin. (2016). Proses Pembuatan Biodiesel Dari Campuran Minyak Kelapa Dan Minyak Jelantah. *Konversi*, 5(1), 8 - 17.
- Firoz, S. (2017). A review: advantages and disadvantages of biodiesel. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(11), 530-533.
- Haryanto, A., & Triyono, S. (2015). Produksi biodiesel dari transesterifikasi minyak jelantah dengan bantuan gelombang mikro: Pengaruh intensitas daya dan waktu reaksi terhadap rendemen dan karakteristik biodiesel. *Agritech*, 35(2), 234-240.
- Hasahatan D., Sunaryo J., Komariah L.N. (2012). Pengaruh ratio H₂SO₄ dan waktu reaksi terhadap kuantitas dan kualitas biodiesel dari minyak jarak pagar. *Jurnal Teknik Kimia*, 2 (18), 26-26.
- Hassaan, M. S., Goda, A. S., & Kumar, V. (2017). Evaluation of nutritive value of fermented de-oiled physic nut, *Jatropha curcas*, seed meal for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Aquaculture nutrition*, 23(3), 571-584.
- Kamel, D. A., Farag, H. A., Amin, N. K., Zatout, A. A., & Ali, R. M. (2018). Smart utilization of *Jatropha* (*Jatropha curcas* Linnaeus) seeds for biodiesel production: Optimization and mechanism. *Industrial crops and products*, 111, 407-413.
- Kusumaningtyas, R. D., & Bachtiar, A. (2012). Sintesis Biodisel dari Minyak Biji Karet dengan Variasi Suhu dan Konsentrasi KOH untuk Tahapan Transesterifikasi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 1(2), 9-12.
- Olutoye, M. A., & Hameed, B. H. (2013). A highly active clay-based catalyst for the synthesis of fatty acid methyl ester from waste cooking palm oil. *Applied Catalysis A: General*, 450, 57-62.
- Puspitaningati, S.R., Permatasari, R & Gunardi, I. (2013). Pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis berpromotor ganda berpenyangga γ -Alumina (CaO/KI/ γ -Al₂O₃) dalam reaktor fluidized bed. *Jurnal Teknik Pomits*, 1 (2), 2301-9271.
- Ratanabuntha, T., Tonmitr, K., & Suksri, A. (2018). Acceleration in biodiesel production from palm oil process by high voltage electric field. *Int. J. Smart Grid Clean Energy*, 7(3), 225-230.
- Rezania, S., Oryani, B., Park, J., Hashemi, B., Yadav, K. K., Kwon, E. E. & Cho, J. (2019). Review on transesterification of non-edible sources for biodiesel production with a focus on economic aspects, fuel properties and by-product applications. *Energy Conversion and Management*, 201, 112155.
- Sadhukhan, S., & Sarkar, U. (2016). Production of purified glycerol using sequential desalination and extraction of crude glycerol obtained during trans-esterification of *Crotalaria juncea* oil. *Energy Conversion and Management*, 118, 450-458.
- Santoso, H. (2013). *Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur*. Prahayangan, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat.
- Suroso, A. S. (2013). Kualitas minyak goreng habis pakai ditinjau dari bilangan peroksida, bilangan asam dan kadar air. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 3 (2), 77 - 88.
- Teo, S. H., Islam, A., Mansir, N., Shamsuddin, M. R., Joseph, C. G., Goto, M., & Taufiq-Yap, Y. H. (2022). Sustainable biofuel production

- approach: Critical methanol green transesterification by efficient and stable heterogeneous catalyst. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 169, 112889.
- Thinnakorn, K., & Tscheikuna, J. (2014). Biodiesel production via transesterification of palm olein using sodium phosphate as a heterogeneous catalyst. *Applied Catalysis A: General*, 476, 26-33.
- Wahyuni, S., Kadarwati, S., & Latifah, L. (2011). Sintesis biodiesel dari minyak jelantah sebagai sumber energi alternatif solar. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(1), 51-62.