

Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Berkatalis Basa Pada Temperatur Kamar : Pengaruh Waktu Pengadukan Dan Waktu Reaksi (Alkali-Catalyzed Palm Oil Transesterification at Room Temperature : Effect of Stirring Time and Reaction Time)

Jimmy^{1*}, Eko Yohanes Setyawan², Endah Kusuma Rastini³

^{1, 2, 3} Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Malang
Jln. Raya Karanglo Km. 2, Tasikmadu, Malang 65143

ARTICLE INFO

Article history

Received : 14 February 2022

Revised : 09 March 2022

Accepted : 20 March 2022

DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v7i1.3211>

Keywords : *biodiesel; KOH; NaOH; palm oil; room temperature*

***e-mail corresponding author :**

Jimmy@lecturer.itn.ac.id

PENERBIT

UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-
Malang, 65144, Telp/Fax:
0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

ABSTRAK

Transesterifikasi minyak nabati dan metanol menggunakan katalis basa homogen pada temperatur 60°C selama 1 jam adalah yang paling efisien dalam skala industri. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik katalis KOH dan NaOH dalam transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan variasi waktu pengadukan dan waktu reaksi terhadap produksi biodiesel yang dihasilkan pada temperatur kamar. Penelitian ini menggunakan bahan baku minyak kelapa sawit dan metanol dengan rasio mol 1:6, variasi katalis KOH 1,0% dan NaOH 0,5% berat terhadap berat minyak, variasi waktu pengadukan 2-8 menit dan variasi waktu reaksi 1-4 jam. Reaksi transesterifikasi dilakukan secara batch dalam Erlenmeyer tertutup dengan waktu pengadukan sesuai variasi. Pengambilan sampel sebanyak 10 mL dilakukan setiap jam selama 4 jam reaksi. Pengadukan diulang dengan durasi sesuai variasi hingga waktu reaksi 4 jam. Analisis sampel menggunakan *Thin Layer Chromatography* (TLC). Dari penelitian ini didapatkan hasil (1) Katalis KOH memberikan hasil terbaik 98,5% volume FAME dengan waktu pengadukan 8 menit selama 2 jam waktu reaksi; (2) katalis NaOH memberikan hasil terbaik 91,2% volume FAME dengan waktu pengadukan 8 menit selama 4 jam waktu reaksi; (3) katalis KOH menghasilkan produk dengan konsentrasi FAME lebih tinggi dengan waktu pengadukan yang sama (8 menit) dalam waktu reaksi 2 jam lebih singkat dibandingkan katalis NaOH, (4) transesterifikasi menggunakan temperatur kamar memungkinkan untuk diterapkan dalam industri biodiesel.

ABSTRACT

Transesterification of vegetable oil and methanol using a homogeneous base catalyst at a temperature of 60 ° C for 1 hour is the most efficient industrial scale. This study aims to compare the characteristics of KOH and NaOH catalysts in the transesterification of palm oil with variations in stirring time and reaction time for biodiesel production produced at room temperature. This study uses the raw material for palm oil and methanol with the ratio of mol 1 : 6, variations of 1.0% catalyst and 0.5% NaOH of the weight of oil weight, 2-8 minutes stirring time variations, and 1-4 hours reaction time variations. Transesterification reactions are carried out in a closed Erlenmeyer with stirring time depending on the variation. A sampling of 10 ml is done every hour for 4 hours of reaction. Stirring is repeated with duration according to variations until the reaction time is 4 hours. Sample analysis uses Thin Layer Chromatography (TLC). The results are that (1) transesterification using a KOH catalyst gave the best results of 98.5% FAME with 8 minutes stirring time for 2 hours reaction time; (2) the NaOH catalyst gave the best result of 91.2% FAME with 8 minutes stirring time for 4 hours reaction time; (3) the KOH catalyst produced higher FAME concentrations with the same stirring time (8 minutes) in 2 hours reaction time, shorter than the NaOH catalyst, (4) transesterification with room temperature might be applied in the biodiesel industry.

Cara Mengutip : Jimmy, J., Setyawan, E. Y., Rastini, E. K. (2022). Alkali-Catalyzed Palm Oil Transesterification at Room Temperature : Effect of Stirring Time and Reaction Time. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 7(1), 63-73. doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v7i1.3211>

1. PENDAHULUAN

Biodiesel telah banyak digunakan sebagai alternatif pengganti bahan bakar solar yang sudah diproduksi beberapa pabrik di Indonesia, seperti Sinarmas Bio Energy, Smart Tbk, Wilmar Bioenergi Indonesia, dan masih banyak lagi. Pemerintah Indonesia melalui Kementerian ESDM menggalakkan Program Mandatori BBN (bahan bakar nabati) melalui Peraturan Menteri ESDM No. 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga BBN sebagai Bahan Bakar Lain sebagaimana telah diubah terakhir kali dengan Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015. Program mandatori biodiesel B30 mewajibkan penggunaan 70% solar dan 30% biodiesel sejak awal 2020. Produksi biodiesel yang paling efisien dan aplikabel saat ini menggunakan reaksi transesterifikasi yang mereaksikan minyak nabati (trigliserida) dengan metanol menggunakan katalis basa (KOH/NaOH). Produknya adalah metil ester asam lemak (FAME/*Fatty Acid Methyl Ester*) yang digunakan sebagai biodiesel. Reaksi transesterifikasi bersifat eksotermis (menghasilkan panas reaksi) sehingga selama reaksi berlangsung, temperatur akan naik dengan sendirinya meskipun hanya beberapa derajat celcius. Temperatur reaksi optimum yang digunakan saat ini adalah 60°C dengan pemanasan eksternal, akan menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi dalam waktu 1 jam [1]–[3]. Penggunaan temperatur ruang telah dikerjakan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan katalis NaOH 0,5-0,8% (b/b), rasio molar metanol/minyak 4,5:1 hingga 6:1, waktu reaksi 3-4 jam. Biodiesel (metil ester) yang dihasilkan berkisar 96-99% [4], [5]. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik katalis KOH dan NaOH dalam transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan variasi waktu pengadukan dan waktu reaksi terhadap produksi biodiesel yang dihasilkan pada temperatur kamar. Dengan variasi katalis KOH dan NaOH, waktu pengadukan dan waktu reaksi, akan dicari parameter optimum yang bisa menghasilkan biodiesel dalam waktu yang relatif singkat dengan konversi di atas 95%.

Minyak kelapa sawit (*palm oil*) paling banyak digunakan sebagai bahan baku industri biodiesel di Indonesia. Minyak kelapa sawit mengandung 38.0-44.3% asam palmitat, 3.5-5.0% asam stearat, 37.9-46.0% asam oleat, 9.0-13.5% asam linoleat.

Dalam reaksi transesterifikasi, trigliserida (TG) terkonversi bertahap menjadi digliserida (DG), monogliserida (MG) dan akhirnya gliserol. Parameter yang berpengaruh pada reaksi transesterifikasi adalah angka asam, kadar air, temperatur, waktu, rasio molar metanol/minyak, katalis, intensitas pencampuran dan kemurnian reaktan. Bilangan asam minyak tidak boleh lebih dari 1 (mg KOH per g minyak) dan sebaiknya anhidrous. Air menyebabkan pembentukan sabun, yang mengkonsumsi katalis dan menurunkan efisiensi katalis. Sabun yang dihasilkan akan meningkatkan viskositas, membentuk gel dan menyulitkan pemisahan gliserol [6]. Laju reaksi transesterifikasi yang bersifat eksoterm, sangat dipengaruhi oleh temperatur reaksi. Transesterifikasi dapat terjadi pada temperatur yang berbeda tergantung minyak yang digunakan. Untuk transesterifikasi minyak kedelai murni dengan metanol (6:1) menggunakan 1% NaOH dan tiga temperatur berbeda [4]. Setelah 0,1 jam, yield ester mencapai 94%, 87%, dan 64% untuk temperatur 60, 45 dan 32°C. Setelah 1 jam, pembentukan ester pada suhu 60 dan 45°C menunjukkan hasil yang

identik dan sedikit lebih rendah untuk suhu 32°C. Transesterifikasi menggunakan minyak jarak pagar dengan dengan variasi suhu 30, 45 dan 60°C, waktu reaksi 120 menit, rasio molar metanol terhadap minyak 6:1, konsentrasi katalis NaOH 1%. memberikan produktivitas ester maksimal pada 60°C [7]. Temperatur secara jelas berpengaruh pada laju reaksi dan yield ester. Secara umum, jika digunakan metanol, reaksi dilakukan mendekati titik didih metanol (65°C) pada tekanan atmosfer. Beberapa studi menyatakan, reaksi transesterifikasi berjalan cukup memuaskan pada temperatur kamar menggunakan katalis basa homogen tetapi memerlukan waktu yang lebih lama. Reaksi transesterifikasi minyak kedelai pada suhu kamar mencapai konversi 97% setelah 4 jam dengan katalis NaOH sebanyak 1% [4], [5]. Penggunaan katalis padat (seperti CaO, MgO, karbon aktif, cangkang telur, dan lain sebagainya) pada transesterifikasi temperatur rendah menjadi perhatian beberapa peneliti. Namun kompleksitas preparasi katalis padat yang memerlukan waktu yang lama dan energi sangat besar membuat penelitian ini masih perlu dikembangkan lagi agar mencapai efisiensi yang diharapkan [8]–[10].

Pembuatan biodiesel berbahan baku minyak jarak pagar dan kelapa sawit dengan proses transesterifikasi konvensional (60°C, 60 menit, 1 atm) sudah dilakukan dan diperoleh kondisi optimal untuk satu dan dua tahap [11]. Perumusan kinetika reaksi untuk transesterifikasi dua tahap berbahan baku minyak kelapa sawit juga sudah dilakukan [1]. Penggunaan *microwave* sebagai media pemanas juga sudah dilakukan dengan hasil yang cukup memuaskan karena mengurangi waktu dari 60 menit menjadi hanya 2-8 menit, meskipun energi yang diperlukan cukup besar [12].

Produksi biodiesel pada temperatur kamar sudah dikerjakan dengan hasil yang cukup bagus dalam waktu 4 jam [4], [5]. Penggunaan katalis alkali mencapai optimum dengan KOH 1% atau NaOH 0,5% pada kondisi operasi 60°C [7], [13]. Kajian lebih lanjut untuk transesterifikasi menggunakan temperatur kamar diperlukan untuk mengurangi kebutuhan energi dalam produksi biodiesel, melakukan analisis produk yang dihasilkan dan ujicoba pada mesin diesel.

Thin Layer Chromatography (TLC) adalah metode yang sangat umum untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda dalam suatu sampel. TLC memiliki prosedur sederhana, cepat, dan murah yang memberikan jawaban berapa banyak komponen yang ada dalam campuran. Sejumlah kecil sampel akan ditempatkan pada pelat khusus TLC yang terbuat dari silica gel. Pelat tersebut dimasukkan ke dalam wadah (*chamber*) yang berisi pelarut (*solvent*) pembawa. Pelarut akan memisahkan berbagai jenis molekul berdasarkan perbedaan polaritas dan perbedaan ukuran. Fasa bergerak biasanya merupakan campuran pelarut organik yang mempunyai polaritas serendah mungkin (Sastrohamidjojo, 2002). Jenis pelarut yang digunakan untuk identifikasi biodiesel adalah n-heksana/ etil asetat/ asam asetat dengan komposisi perbandingan volume 90:10:1 (%v/v) (Rachmaniah, 2004). Metode pewarnaan pada TLC tergantung pada komponen yang akan dianalisis. Seperti iodine untuk pewarnaan komponen organik, sinar ultraviolet untuk semua komponen, feri klorida untuk fenol, ninhidrin untuk asam amino, potasium permanganat untuk senyawa oksidator. Pewarnaan iodine atau sinar ultraviolet 254 nm dapat digunakan

untuk senyawa dalam biodiesel. Faktor retensi, atau R_f , didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh oleh senyawa dibagi dengan jarak yang ditempuh oleh pelarut [14]

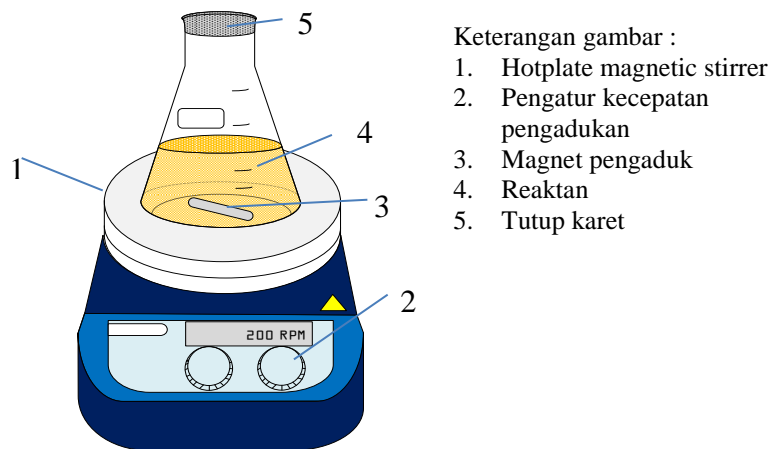
$$R_f = \frac{\text{Jarak yang ditempuh oleh komponen}}{\text{Jarak yang ditempuh oleh pelarut}}$$

Dengan mengontrol kondisi kejenuhan chamber, komposisi pelarut yang konstan, temperatur konstan akan didapatkan harga R_f antara satu sampel dan sampel lain lebih akurat [15]. Dalam sebuah percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil perhitungan FAME dengan nilai $R_f = 0.84$, TG dengan $R_f = 0.69$ dan FFA dengan $R_f = 0.58$ [16]. MG disebutkan memiliki nilai $R_f = 0.5$ [17]. Pada penelitian lain diperoleh harga R_f untuk metil ester adalah 0.63; TG 0.52; DG 0.14; MG 0.13; dan FFA 0.18 (Asnawati, 2014).

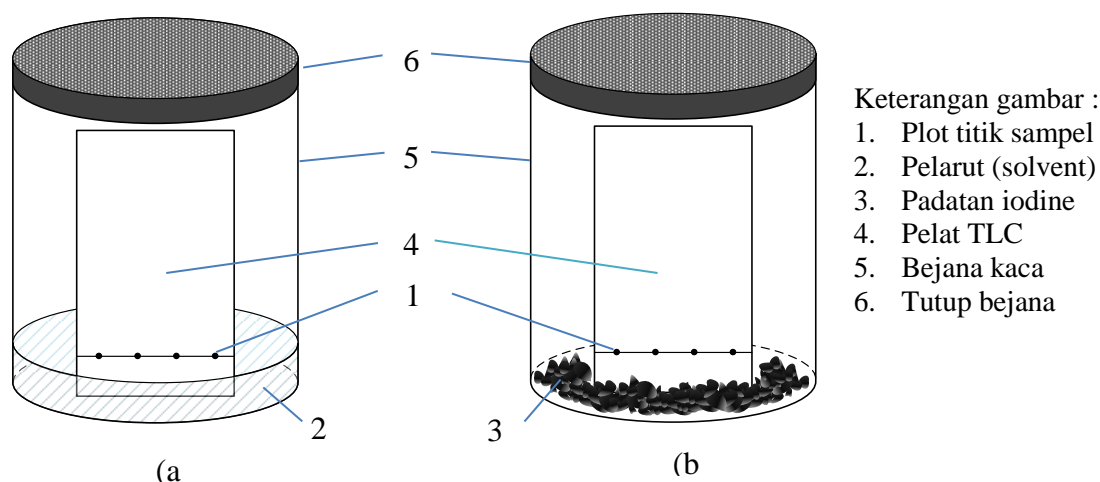
2. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan adalah minyak kelapa sawit (minyak goreng merk Sunco), metanol 99% (teknis), KOH dan NaOH (teknis), pelat TLC silica gel 60 F254 (Merck), n-heksana 99% (Merck), etil asetat 99,8% (Merck), asam asetat 99,8% (Merck), iodine (Mercks) dan aquadest. Peralatan yang digunakan adalah Erlenmeyer, corong pemisah, piknometer, timbangan digital, *hotplate magnetic stirrer* (Gambar 1), *TLC solvent chamber* (Gambar 2a), *iodine chamber* (below Gambar 2b).

Penelitian ini menggunakan minyak kelapa sawit dengan volume 150 mL, rasio mol metanol dan minyak sebesar 6:1, temperatur kamar (28°C), variasi jenis katalis (KOH dan NaOH), variasi waktu pengadukan (2, 4, 6, 8 menit), variasi waktu reaksi (1, 2, 3, 4 jam). Metanol sebesar 39,45 mL dicampurkan dengan katalis KOH sebesar 1,38 gram (1% berat dari minyak) ke dalam Erlenmeyer dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga larut sempurna. Reaksi transesterifikasi dilakukan dalam Erlenmeyer yang sama (Gambar 4.2) dengan menuangkan 150 mL minyak, dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 menit (waktu pengadukan). Selanjutnya, campuran didiamkan selama 1 jam, sampling 10 mL, diaduk 2 menit, didiamkan kembali selama 1 jam hingga total 4 jam reaksi. Prosedur di atas, diulang kembali untuk variasi waktu pengadukan 4, 6 dan 8 menit. Prosedur di atas diulang kembali menggunakan katalis NaOH sebesar 0,69 gram (0,5% berat dari minyak).



Gambar 1. Skema unit peralatan transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel pada temperatur kamar



Gambar 2. Skema unit solvent chamber (a) dan iodine chamber (b) untuk analisis TLC transesterifikasi minyak kelapa sawit menjadi biodiesel pada temperatur kamar

Analisis sampel menggunakan Thin Layer Chromatography (TLC) untuk mendapatkan hasil kualitatif. Media TLC menggunakan pelat TLC silica gel dengan ukuran 5 cm x 10 cm untuk 4 sampel yang berbeda yang diteteskan menggunakan pipa kaca kapiler. Pelat yang telah ditetesi sampel, dimasukkan ke dalam Solvent Chamber (Gambar 2a) sampai larutan solvent berhenti berdifusi pada pelat TLC. Larutan solvent dalam chamber TLC terdiri dari campuran n-heksana, etil asetat dan asam asetat dengan perbandingan 90:10:1 (%v/v). Pewarnaan dilakukan pada pelat TLC yang sudah dikeringkan, menggunakan 5 gram iodine yang diletakkan dalam iodine chamber (Gambar 2b) sampai tervisualisasi. Posisi bercak FAME, TG, FFA dan DG/MG pada pelat TLC sesuai dengan harga Rf masing-masing komponen. Luasan bercak dihitung menggunakan bantuan software Photoshop dengan pendekatan bentuk elips sehingga diperoleh data panjang kedua sumbu untuk perhitungan luasan bercak masing-masing komponen. Prosentase luasan suatu bercak komponen terhadap keseluruhan luasan, diasumsikan sebagai prosentase volume komponen di dalam campuran.

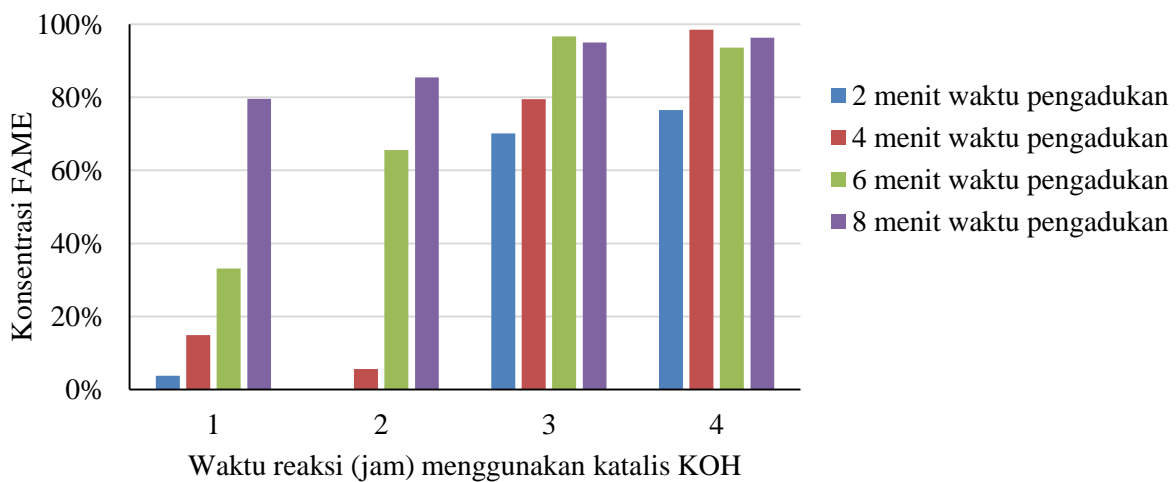
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis KOH

Hasil analisis TLC untuk semua variasi menunjukkan keberadaan FAME, TG, FFA, DG/MG dengan komposisi yang beragam. Perhitungan pendekatan komposisi produk secara kuantitatif menggunakan bantuan *software* Photoshop dengan menghitung luas area bercak yang tervisualisasi pada pelat TLC. Gambar 3 menunjukkan bahwa setelah pengadukan 2 menit dan didiamkan selama 1 jam, FAME terbentuk sekitar 3,8% dan naik menjadi 79,6% di akhir jam ke-4. Pada jam ke-2, kemungkinan ada kerusakan sampel sehingga kadar FAME tidak terbaca. Komposisi TG, FFA dan MG/DG juga mengalami penurunan dengan bertambahnya waktu reaksi. Pada 4 menit pengadukan, peningkatan konsentrasi FAME hingga mencapai maksimal (85,4%) hingga 4 jam reaksi. Pada pengadukan 6 dan 8 menit, konsentrasi FAME di atas 70% dalam 1 jam pertama dan mencapai maksimum pada 3 jam pertama (96,7% FAME untuk pengadukan 6 menit) dan

pada 2 jam pertama (98,5% FAME untuk pengadukan 8 menit). Setelah mencapai harga maksimum, terlihat ada penurunan konsentrasi FAME. Sisa trigliserida tidak terlihat lagi dalam kondisi tersebut. Kadar FFA juga mengalami penurunan hingga 0%. Semakin lama waktu pengadukan, konsentrasi FAME yang dihasilkan juga semakin besar. Pada pengadukan 4, 6 dan 8 menit, konsentrasi FAME maksimal tercapai berturut-turut dalam 4, 3 dan 2 jam waktu reaksi. Semakin lama waktu pengadukan, reaksi akan berjalan lebih cepat karena meningkatkan momentum akibat antar molekul yang memperbesar peluang terjadinya reaksi. Namun waktu reaksi yang lebih singkat dibayar dengan konsumsi energi yang lebih besar dengan semakin lamanya pengadukan. Hasil ini memperkuat penelitian sebelumnya yang dilakukan pada 45-60°C yang menyatakan bahwa laju reaksi transesterifikasi berlangsung sangat cepat pada 2-6 menit pertama hingga mencapai konsentrasi FAME sebesar 90% dan sangat melambat setelah waktu tersebut [18]–[20].

Setelah tercapai harga maksimum, konsentrasi FAME akan berharga relatif sama karena telah tercapainya kondisi kesetimbangan. Namun, pada Gambar 3, konsentrasi FAME mengalami sedikit penurunan setelah mencapai harga maksimum. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pengadukan, penguapan metanol semakin besar. Dalam percobaan ini, metanol yang ditambahkan berlebih (*excess*) sebesar 100% dari kebutuhan reaksi secara stoikiometri. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi reversibel, sehingga sesuai prinsip Le Chatelier, untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk adalah dengan menambah reaktan, mengambil produk dan menaikkan temperatur (reaksi eksoterm). Penguapan metanol akan mengurangi jumlah reaktan sehingga mengarahkan reaksi kembali menuju sisi reaktan. Reaksi transesterifikasi yang bersifat reversibel akan cenderung bergeser memberikan peluang untuk bereaksinya produk menjadi bahan baku (kesetimbangan bergeser ke arah reaktan) pada temperatur yang rendah dan berkurangnya metanol karena penguapan.

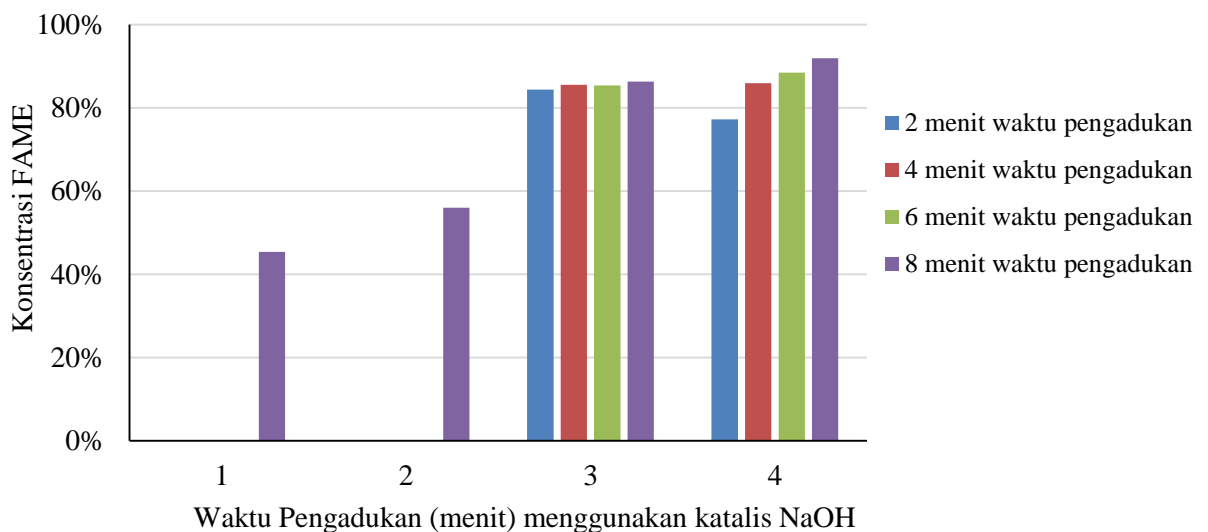


Gambar 3. Perbandingan prosentase FAME (% volume) hasil reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis KOH pada temperatur kamar dengan variasi waktu pengadukan selama 2, 4, 6, 8 menit dan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 jam

Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis NaOH

Penggunaan katalis NaOH 0,5% dalam reaksi transesterifikasi dengan variasi waktu pengadukan 2, 4, 6, 8 menit dengan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 jam memberikan hasil yang

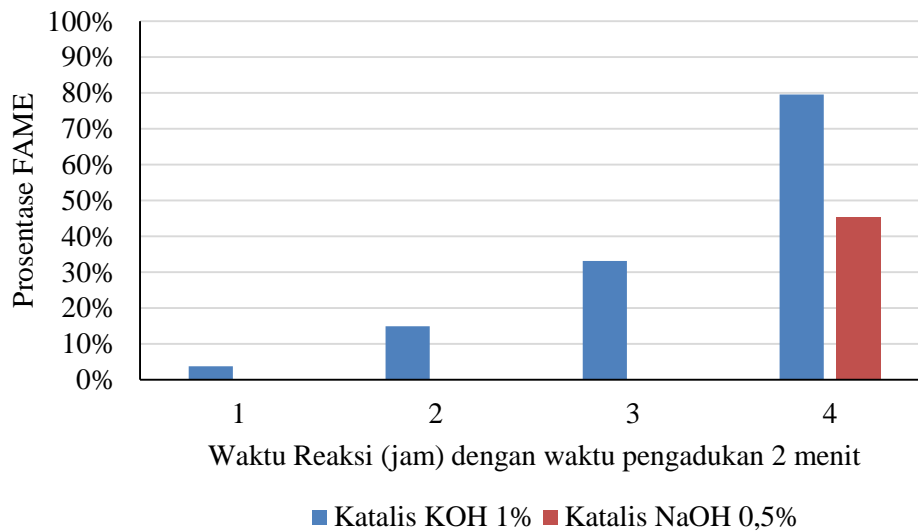
sedikit berbeda dibandingkan hasil dari katalis KOH terkait terbentuknya FAME di awal reaksi. Produk FAME tidak terbentuk dalam 3 jam pertama pada pengadukan 2-6 menit. FAME baru terbentuk pada 4 jam waktu reaksi. Hasil analisis TLC untuk semua variasi menunjukkan komposisi FAME, DG/MG, TG dan FFA hasil reaksi transesterifikasi. Perhitungan pendekatan komposisi produk secara kuantitatif tersebut menggunakan bantuan software Photoshop dalam perhitungan luas area bercak yang terbentuk. Berdasarkan Gambar 4, FAME baru terbentuk sekitar 45,4% setelah 4 jam reaksi saat menggunakan waktu pengadukan 2 menit yang diulang setiap jam. Pada rentang 3 jam pertama, bahan baku minyak kelapa sawit (trigliserida) masih tersisa 81-83% dan terkonversi sebagian menjadi digliserida dan monogliserida (6-7%). Kondisi ini didukung oleh konsep reaksi bertahap TG menjadi FAME [1], [19], [20], FAME belum terbentuk karena DG/MG belum terkonversi lebih lanjut menjadi FAME. Pada 4 menit pengadukan, FAME juga baru terbentuk setelah 4 jam reaksi namun mengalami peningkatan (56,1% FAME) dibandingkan saat pengadukan 2 menit. Kenaikan konsentrasi FAME disebabkan peningkatan konversi DG/MG menjadi FAME (Gambar 4). Dalam kurun waktu tersebut, konversi TG tidak mengalami peningkatan, hanya terjadi peningkatan konversi dari DG/MG menjadi FAME. Pembentukan FAME yang cukup signifikan terjadi pada pengadukan 6 dan 8 menit karena dalam 1 jam reaksi sudah terjadi kesetimbangan reaksi dengan konsentrasi FAME mencapai 84% pada pengadukan 6 menit dan mencapai 77% pada waktu pengadukan 8 menit. Selama 4 jam reaksi, peningkatan konsentrasi FAME tidak terlalu banyak dan relatif stabil. Hal ini dapat digunakan sebagai indikator bahwa kesetimbangan reaksi transesterifikasi sudah tercapai pada 1 jam reaksi dengan pengadukan 6 menit awal. Trigliserida juga sudah tidak terlihat pada kondisi ini karena sudah habis bereaksi. Pada akhir reaksi ini, sebagian masih bertahan dalam bentuk digliserida dan monogliserida dengan konsentrasi kecil (2-7%). Secara keseluruhan, konsentrasi FAME tertinggi (91,2%) tercapai dengan waktu pengadukan 8 menit dan waktu reaksi 4 jam.



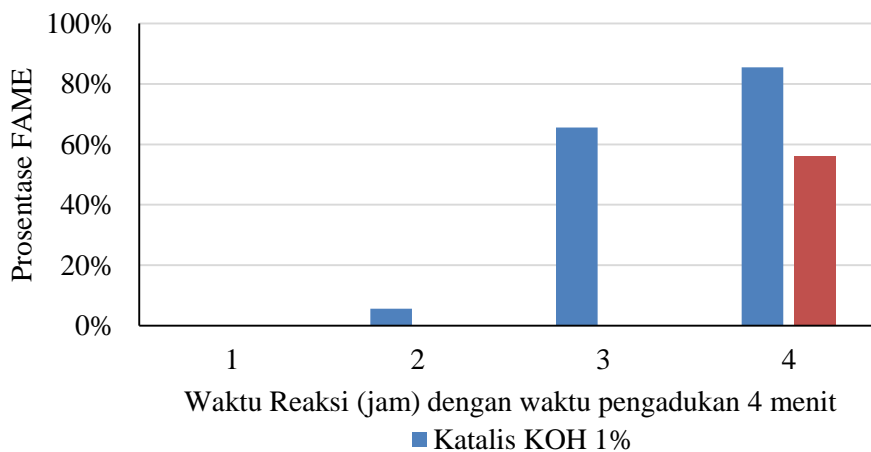
Gambar 4. Perbandingan prosentase FAME (% volume) hasil reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis NaOH pada temperatur kamar dengan variasi waktu pengadukan selama 2, 4, 6, 8 menit dan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 jam

Perbandingan Katalis KOH dan NaOH terhadap Produk Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit

Penggunaan katalis KOH dan NaOH pada transesterifikasi minyak kelapa sawit memberikan fenomena yang berbeda terhadap konsentrasi FAME. Pada pengadukan 2 menit (Gambar 5), katalis KOH sudah mampu menghasilkan FAME meskipun dalam konsentrasi kecil dan terus meningkat secara signifikan pada waktu reaksi antara 2-4 jam. Katalis NaOH tidak mampu menghasilkan FAME dalam 3 jam pertama, namun mengalami peningkatan tajam menuju jam ke-4 waktu reaksi. Pada 4 menit pengadukan, katalis KOH memberikan konsentrasi FAME lebih besar pada 3 jam waktu reaksi dan mengalami peningkatan. Namun katalis NaOH tetap mengalami kenaikan laju reaksi signifikan pada 4 jam reaksi menghasilkan sekitar 56% FAME (Gambar 6).

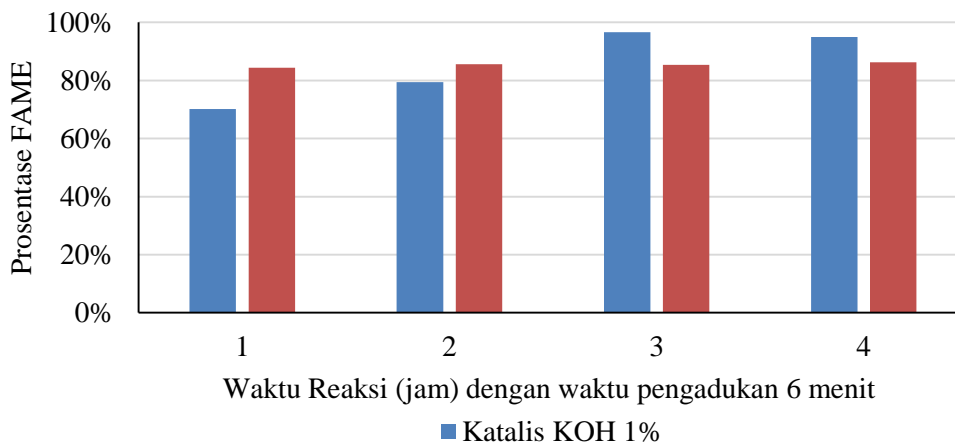


Gambar 5. Perbandingan prosentase FAME (% volume) hasil reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis KOH dan NaOH pada temperatur kamar setelah pencucian dengan waktu pengadukan selama 2 menit dengan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 jam

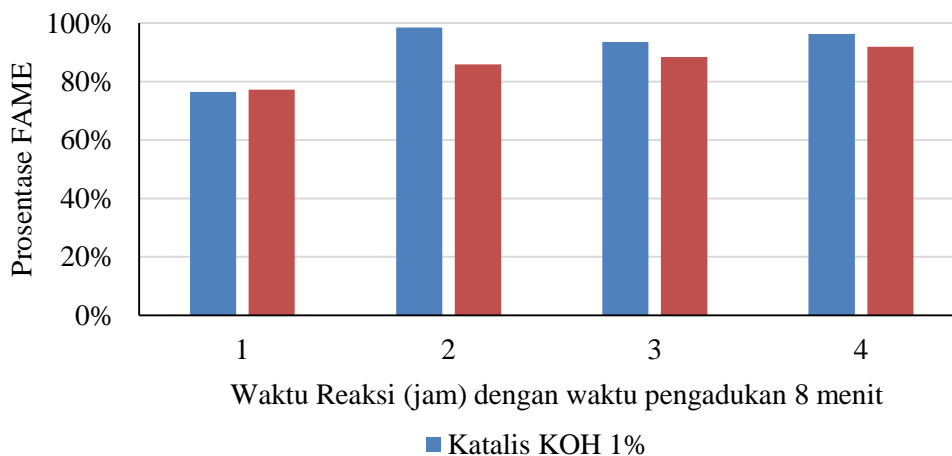


Gambar 6. Perbandingan prosentase FAME (% volume) hasil reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis KOH dan NaOH pada temperatur kamar setelah pencucian dengan waktu pengadukan selama 4 menit dengan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 jam

Peningkatan produk FAME yang cukup signifikan mulai 1 jam reaksi baru tercapai pada waktu pengadukan 6 dan 8 menit (Gambar 7 dan Gambar 8). Katalis KOH dan NaOH menghasilkan berturut-turut 70,1% dan 84,4% FAME dengan 6 menit pengadukan. Katalis NaOH cenderung memberikan kesetimbangan reaksi sejak 1 jam reaksi, yang ditunjukkan dengan konsentrasi FAME yang cenderung sama. Sedangkan katalis KOH menghasilkan FAME yang lebih rendah dalam 2 jam pertama, namun masih mengalami kenaikan hingga 4 jam reaksi. Pada 8 menit pengadukan, katalis KOH dan NaOH menghasilkan FAME dengan konsentrasi yang hampir sama (berturut-turut 76,5% dan 77,2%). Namun katalis KOH memberikan kenaikan konsentrasi FAME yang lebih tinggi pada 2-4 jam reaksi. Apabila dilihat secara keseluruhan waktu reaksi, kinerja katalis KOH lebih baik dari katalis NaOH karena menghasilkan produk FAME dengan konsentrasi lebih tinggi. Katalis KOH menghasilkan produk dengan konsentrasi FAME lebih tinggi dengan waktu pengadukan yang sama (8 menit) dalam waktu reaksi 2 jam lebih singkat dibandingkan katalis NaOH.



Gambar 7. Perbandingan prosentase FAME hasil reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis KOH dan NaOH pada temperatur kamar setelah pencucian dengan waktu pengadukan selama 6 menit dengan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 jam



Gambar 8. Perbandingan prosentase FAME hasil reaksi transesterifikasi minyak kelapa sawit dengan katalis KOH dan NaOH pada temperatur kamar setelah pencucian dengan waktu pengadukan selama 8 menit dengan waktu reaksi 1, 2, 3, 4 jam.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal berikut. Transesterifikasi menggunakan katalis KOH memberikan hasil terbaik 98,5% FAME dengan waktu pengadukan 8 menit selama 2 jam waktu reaksi. Katalis NaOH memberikan hasil terbaik 91,2% FAME dengan waktu pengadukan 8 menit selama 4 jam waktu reaksi. Katalis KOH menghasilkan produk dengan konsentrasi FAME lebih tinggi dengan waktu pengadukan yang sama (8 menit) dan waktu reaksi 2 jam lebih singkat dibandingkan katalis NaOH. Transesterifikasi menggunakan temperatur kamar memungkinkan untuk diterapkan dalam industri biodiesel.

5. PENGHARGAAN

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik melalui dana hibah penelitian Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Nasional Malang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jimmy, "Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit," *J. Tek. Kim.*, 2012.
- [2] S. T. Keera, S. M. El Sabagh, and A. R. Taman, "Castor oil biodiesel production and optimization," *Egypt. J. Pet.*, 2018, doi: 10.1016/j.ejpe.2018.02.007.
- [3] A. D. Okewale, M. F. N. Abowei, F. O. Agbogun, and C. N. Owabor, "Simplified Rate Expression for Palm Kernel Oil (PKO) and Methanol Alkali Catalyzed Transesterification Reaction," *Eur. J. Eng. Res. Sci.*, 2020, doi: 10.24018/ejers.2020.5.5.1901.
- [4] B. Freedman, E. H. Pryde, and T. L. Mounts, "Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils," *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1984, doi: 10.1007/BF02541649.
- [5] Y. Maeda *et al.*, "New technology for the production of biodiesel fuel," *Green Chem.*, 2011, doi: 10.1039/c1gc15049a.
- [6] J. C. J. Bart, N. Palmeri, and S. Cavallaro, *Biodiesel Science and Technology: From Soil to Oil*. 2010.
- [7] P. Chitra, P. Venkatachalam, and A. Sampathrajan, "Optimisation of experimental conditions for biodiesel production from alkali-catalysed transesterification of *Jatropha curcus* oil," *Energy Sustain. Dev.*, 2005, doi: 10.1016/S0973-0826(08)60518-9.
- [8] X. X. Yang *et al.*, "Catalytic transesterification to biodiesel at room temperature over several solid bases," *Energy Convers. Manag.*, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.02.085.
- [9] R. B. N. Baig, S. Verma, M. N. Nadagouda, and R. S. Varma, "Room temperature synthesis of biodiesel using sulfonated graphitic carbon nitride," *Sci. Rep.*, 2016, doi: 10.1038/srep39387.
- [10] V. Vadery *et al.*, "Room temperature production of *jatropha* biodiesel over coconut husk ash," *Energy*, 2014, doi: 10.1016/j.energy.2014.04.045.
- [11] Jimmy and Suprpto, "Pengaruh Tahapan Pemberian Metanol, Temperatur dan Waktu Reaksi Terhadap Kadar Metil Ester Pada Transesterifikasi Dua Tahap Minyak Jarak Pagar," 2007.
- [12] Jimmy and C. Andrew, "Microwave assisted to biodiesel production from palm oil

- in time and material feeding Frequency,” *Int. J. ChemTech Res.*, vol. 8, no. 4, pp. 1695–1700, 2015.
- [13] H. M. Abo-Dief, A. S. Emam, K. M. Abualnaja, and A. T. Mohamed, “An investigation of transesterification of waste cooking oil,” *Orient. J. Chem.*, 2018, doi: 10.13005/ojc/340251.
- [14] Suryati, M. Salim, and V. S. Endriyani, “Isolasi, Karakterisasidan Uji Antimikroba Senyawa Triterpenoid Dari Ekstrak Heksana Tumbuhan Subang-Subang,” vol. 4, no. 4, pp. 89–93, 2015.
- [15] L. Wulandari, *Kromatografi Lapis Tipis*. Jember, Jawa Timur: PT. Taman Kampus Presindo, 2011.
- [16] J. D. Fontana *et al.*, “Simple TLC-screening of acylglycerol Levels in biodiesel as an alternative to GC determination,” *J. Chromatogr. Sci.*, vol. 47, no. 9, pp. 844–846, 2009, doi: 10.1093/chromsci/47.9.844.
- [17] A. E. Thomas, J. E. Scharoun, and H. Ralston, “Quantitative estimation of isomeric monoglycerides by thin-layer chromatography,” *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 42, no. 9, pp. 789–792, 1965, doi: 10.1007/BF02631865.
- [18] T. Issariyakul and A. K. Dalai, “Comparative kinetics of transesterification for biodiesel production from palm oil and mustard oil,” *Can. J. Chem. Eng.*, 2012, doi: 10.1002/cjce.20679.
- [19] R. Ezzati, S. Ranjbar, and A. Soltanabadi, “Kinetics models of transesterification reaction for biodiesel production: A theoretical analysis,” *Renew. Energy*, 2021, doi: 10.1016/j.renene.2020.12.055.
- [20] H. Nouredini and D. Zhu, “Kinetics of transesterification of soybean oil,” *JAACS, J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1997, doi: 10.1007/s11746-997-0254-2.