

Transesterifikasi In Situ Minyak Biji Pepaya Menggunakan Ko-pelarut Tetrahidrofuran: Pengaruh Waktu Reaksi dan Penggunaan Katalis Natrium Hidroksida

In Situ Transesterification of Papaya Seed Oil Using Tetrahydrofuran Co-solvent: Effect of Reaction Time and Use of Sodium Hydroxide Catalyst

Elvianto Dwi Daryono*, Muyassaroh, Mohammad Istnaeny Hudha

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang, 65143, Indonesia

*Email: elviantodaryono@lecturer.itn.ac.id

Article history:

Diterima : 30 Mei 2024
Direvisi : 12 Juli 2024
Disetujui : 19 Juli 2024
Mulai online : 28 September 2024

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

Elvianto Dwi Daryono, Muyassaroh, Mohammad Istnaeny Hudha. (2024). Transesterifikasi In Situ Minyak Pepaya Menggunakan Ko-pelarut Tetrahidrofuran: Pengaruh Waktu Reaksi dan Penggunaan Katalis Natrium Hidroksida. Jurnal Teknik Kimia USU, 13(2), 96-104.

ABSTRAK

Minyak biji pepaya adalah minyak non pangan yang bisa digunakan sebagai bahan baku biodiesel. Proses transesterifikasi dengan bahan baku minyak membutuhkan tahapan proses yang panjang sehingga tidak efisien. Transesterifikasi in situ dengan ko-pelarut adalah alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum reaksi transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF (tetrahidrofuran). Kondisi operasi penelitian meliputi kecepatan pengadukan 450 rpm, reaksi pada suhu kamar, rasio molar minyak:metanol = 1:101,39, rasio molar katalis:minyak = 0,5:1, rasio molar minyak:THF = 1:67,85, waktu reaksi yaitu 3, 8, 13, 18, 23, 28 menit dan reaksi dengan dan tanpa katalis NaOH. Kondisi terbaik penelitian didapatkan pada transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF menggunakan katalis NaOH pada waktu reaksi 33 menit yaitu menghasilkan *crude yield* 74,38% dan konsentrasi metil ester 98.036,4 ppm serta sifat fisik biodiesel yang memenuhi SNI 7182-2015 yaitu densitas 0,89 g/mL dan angka asam 0,44 mg KOH/g sampel.

Kata kunci: minyak biji pepaya, biodiesel, ko-pelarut, transesterifikasi in situ, katalis NaOH

ABSTRACT

The papaya seed oil is a non-food oil that can be used as raw material for biodiesel. The transesterification process using oil as raw material requires long process stages so it is not efficient. In situ transesterification with a co-solvent is an alternative to overcome this problem. This research aims to obtain optimum conditions for the in situ transesterification reaction of papaya seed oil with THF co-solvent. The research operating conditions included stirring speed 450 rpm, reaction at room temperature, oil:methanol molar ratio = 1:101.39, catalyst:oil molar ratio = 0.5:1, oil:THF molar ratio = 1: 67.85, reaction time are 3, 8, 13, 18, 23, 28 minutes and reactions with and without a NaOH catalyst. The best research conditions were obtained in the in situ transesterification reaction of papaya seed oil with THF co-solvent using a NaOH catalyst at a reaction time of 33 minutes, producing a *crude yield* of 74.38% and methyl esters concentration of 98,036.4 ppm and physical properties of biodiesel that met SNI 7182-2015, namely density 0.89 g/mL and acid number 0.44 mg KOH/g sample.

Keyword: papaya seed oil, biodiesel, co-solvent, in situ transesterification, NaOH catalyst



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v13i2.16580>

1. Pendahuluan

Limbah biji pada tanaman pepaya yang cukup besar dan belum banyak dimanfaatkan ternyata mengandung minyak yang bisa digunakan sebagai *raw material* biodiesel. Buah pepaya mengandung biji sekitar 15% dan dalam biji pepaya terkandung minyak sekitar 30% [1]. Ekstraksi minyak biji pepaya dengan pelarut n-heksana mendapatkan *yield* sekitar 30% [2]. Minyak biji pepaya mengandung racun sehingga termasuk minyak non pangan [1]. Biodiesel yang dihasilkan memenuhi mutu biodiesel Indonesia dalam hal konsentrasi, densitas dan angka asam metil ester [3]. Penambahan biodiesel minyak biji pepaya ke dalam solar akan memperbaiki kualitas bahan bakar yaitu mengurangi BP (*brake power*) dan BTE (*brake thermal efficiency*) serta menambah BSFC (*brake specific fuel consumption*) [4], [5].

Tahapan proses pembuatan biodiesel meliputi ekstraksi minyak, purifikasi dan transesterifikasi. Proses ekstraksi dan pemurnian minyak membebani > 70% biaya produksi. Ekstraksi minyak dan purifikasi yang sederhana bisa menghemat biaya pembuatan biodiesel [6]. Lestari dkk., melakukan transesterifikasi minyak biji pepaya dengan katalis KOH dan mendapatkan *yield* 98,08% pada waktu reaksi 105 menit [7]. Pada proses transesterifikasi in situ, ekstraksi minyak dan reaksi transesterifikasi terjadi secara bersamaan, sehingga tidak dibutuhkan *pretreatment* awal minyak seperti *degumming* dan reaksi esterifikasi untuk menurunkan FFA. Transesterifikasi in situ menggunakan bahan baku minyak nabati mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan proses biasa [8]. Kekurangan transesterifikasi in situ adalah perlu suhu tinggi, waktu lama dan rasio bahan:metanol yang tinggi, karena kelarutan minyak dan pereaksi yang rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut digunakan ko-pelarut untuk membentuk campuran homogen [9].

Transesterifikasi in situ dengan katalis membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan *yield* yang tinggi, sehingga ditambahkan ko-pelarut untuk mempercepat kelarutan bahan yang terlibat dalam reaksi. Beberapa penelitian transesterifikasi in situ menggunakan ko-pelarut n-heksana. Saifuddin dkk., melakukan reaksi transesterifikasi in situ *Wolffia* sebanyak 300 g dengan katalis KOH dan ko-pelarut n-heksana 50 mL pada suhu 60°C dihasilkan metil ester sebanyak 81 mL [10]. Hawash dkk., meneliti transesterifikasi in situ biji jarak dengan katalis CaO 1%wt., suhu reaksi 70°C, rasio berat biji:n-heksana = 5:1 dan waktu reaksi 6 jam, kecepatan pengaduk 600 rpm didapatkan *yield* 90,8% [11]. Moulana dkk., melakukan transesterifikasi in situ biji jarak dengan kadar air 2% dan volume n-heksana 115 mL mendapatkan *yield* 78,72% dan biodiesel yang dihasilkan memenuhi SNI 7182-2006 [12]. Kartika dkk., melakukan transesterifikasi in situ biji jarak pagar pada suhu 40°C, waktu reaksi 6 jam, rasio n-heksana:metanol:biji jarak pagar = 3:3:1, katalis KOH 0,075 mol/L dan kecepatan pengaduk 600 rpm mendapatkan *yield* 89% [13]. Daryono meneliti transesterifikasi in situ biji mahoni menggunakan katalis KOH dan ko-pelarut n-heksana pada suhu 40°C, rasio massa biji:metanol:n-heksana = 1:3:4, waktu reaksi 4 jam dan kecepatan pengadukan 600 rpm didapatkan *yield* 88,18% [14]. Dari penelitian di atas diketahui bahwa penggunaan ko-pelarut n-heksana membutuhkan waktu yang relatif lama untuk mencapai *yield* yang tinggi.

Beberapa penelitian proses transesterifikasi in situ menggunakan ko-pelarut THF (tetrahidrofuran). Ko-pelarut THF berfungsi lebih baik dibandingkan n-heksana, karena THF bisa melarutkan bahan yang bersifat polar dan non polar sedangkan n-heksana bersifat non polar [15]. Rachmaniah dkk., melakukan transesterifikasi in situ CPO (*Crude Palm Oil*) dan mendapatkan kadar metil ester tertinggi 98,42% pada penambahan THF:metanol = 2:1, molar ratio CPO:metanol = 1:6, katalis NaOH 0,5%-berat dan waktu reaksi 60 menit [16]. Daryono dkk., melakukan transesterifikasi in situ minyak biji mahoni dengan katalis NaOH dan ko-pelarut THF pada suhu kamar mendapatkan metil ester 69,28% dan *yield* 67,95% pada waktu reaksi 33 menit [15]. Pada kedua penelitian diatas didapatkan kadar dan *yield* metil ester yang tinggi pada waktu reaksi yang relatif cepat.

Untuk mengatasi waktu reaksi transesterifikasi in situ yang lama maka beberapa penelitian menggunakan bantuan *microwave*. Maurina dkk., mendapatkan *yield* 98,23% pada transesterifikasi in situ ampas kelapa pada daya *microwave* 800 watt, waktu reaksi 5 menit, rasio berat metanol:bahan baku = 20:1 dan konsentrasi katalis KOH 4% [17]. Mahlinda dan Djafar melakukan transesterifikasi in situ minyak biji kemiri dengan ko-pelarut kloroform, mendapatkan *yield* 78,32% pada daya 450 W, rasio berat bahan:metanol = 1:25 dan waktu reaksi 4 menit [18]. Daryono dkk., menggunakan bahan baku biji pepaya dan ko-pelarut n-heksana pada transesterifikasi in situ dengan bantuan *microwave* dan mendapatkan *yield* 89,25% pada daya 70% dari 399 W serta waktu reaksi 8 menit [19]. Mahfud dkk., melakukan transesterifikasi in situ mikroalga dan mendapatkan *yield* 35,72% pada daya 440,53 W, katalis KOH 2% dan waktu reaksi 50 menit [20]. Qadariah dkk., melakukan transesterifikasi in situ mikroalga dengan ko-pelarut n-heksana dan mendapatkan *yield* 75,68% pada daya 450 W, katalis H₂SO₄ 0,2 M dan waktu reaksi 60 menit [21]. Kalsum dkk., meneliti transesterifikasi in situ mikroalga dengan ko-pelarut n-heksana dan mendapatkan *yield* 30,08% pada daya 450 W, katalis basa 1% dan waktu reaksi 40 menit [22].

Penelitian transesterifikasi in situ juga dilakukan menggunakan *ultrasound*. Ehimen dkk., melakukan transesterifikasi in situ *Chlorella* dengan ko-pelarut n-pentana 15 mL, pengadukan *ultrasonic* 24 kHz, suhu 60°C, waktu reaksi 2 jam, rasio mol metanol:minyak = 79:1 dan mendapatkan *yield* $0,293 \pm 0,002$ [23]. Proses transesterifikasi in situ dengan *microwave* dan *ultrasound* hanya bisa dilakukan pada skala laboratorium mengingat biaya operasinya yang mahal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum waktu reaksi dan pengaruh penggunaan katalis NaOH pada proses transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF. Hasil penelitian ini diharapkan bisa diaplikasikan untuk skala yang lebih besar.

2. Metode

Alat dan Bahan

Alat utama yaitu alat distilasi lengkap, labu leher tiga, *hot plate magnetic stirrer* dengan pengatur suhu, termometer, *water bath*, ayakan 20 dan 30 mesh, *blender*, corong pemisah, GC (*Gas Chromatography*), dan piknometer. Bahan yaitu biji pepaya jenis pepaya semangka, *aquadest*, metanol (Merck 99,9%), THF (Merck 99,8%), dan NaOH (Riedel-de Haen 99%).

Perlakuan Awal Biji Pepaya

Biji pepaya dibersihkan dari gelatinnya dan kemudian dikeringkan dengan sinar matahari selama ± 3 hari. Biji pepaya kering dimasukkan ke dalam oven pada suhu 60°C selama ± 4 jam sampai didapatkan berat yang konstan dan dihitung kadar airnya [19]. Hasil analisis kadar air dihitung dengan persamaan (1). Biji pepaya kering dihaluskan dan diayak ukuran > 20 mesh s/d ≤ 30 mesh. Dilakukan analisis awal yaitu ekstraksi dengan menggunakan pelarut n-heksana pada suhu kamar untuk mengetahui kandungan minyak pada biji pepaya. Serbuk biji pepaya kering sebanyak 100 g diekstraksi minyaknya dengan pelarut n-heksana dengan rasio massa bahan:n-heksana = 1:4 selama 33 menit.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Massa cawan terisi sampel} - \text{massa cawan kosong}}{\text{Massa sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

Transesterifikasi In Situ Minyak Biji Pepaya dengan Ko-pelarut THF

Biji pepaya 100 g dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dilakukan transesterifikasi in situ dengan penambahan metanol, katalis, dan ko-pelarut THF serta dilakukan pengadukan 450 rpm. Kondisi operasi penelitian meliputi jenis katalis NaOH, suhu kamar, rasio molar minyak:metanol = 1:101,39, rasio molar katalis:minyak = 0,5:1, dan rasio molar minyak:THF yaitu 1:67,85 [15]. Variabel penelitian adalah reaksi dengan dan tanpa katalis NaOH serta waktu reaksi 3, 8, 13, 18, 23, 28, dan 33 menit. Pemilihan variabel waktu reaksi menyesuaikan dengan proses transesterifikasi in situ minyak biji mahoni dengan ko-pelarut THF [15]. Setelah reaksi selesai hasilnya disaring dengan kertas saring untuk memisahkan biji pepaya dan filtrat. Filtrat didistilasi pada suhu $\pm 70^\circ\text{C}$ sampai tidak ada distilat yang menetes. Filtrat dimasukkan dalam corong pemisah dan didiamkan selama ± 12 jam sampai terbentuk 2 lapisan (lapisan gliserol dan sisa katalis berada di bagian bawah, lapisan metil ester dan minyak berada di atas). Produk akhir yaitu lapisan atas kemudian dianalisis dengan GC untuk mengetahui konsentrasi metil ester yang terbentuk. Tidak dilakukan pencucian metil ester sesuai prosedur proses transesterifikasi in situ minyak biji mahoni dengan ko-pelarut THF [15]. Dari hasil analisis bisa diketahui konsentrasi metil ester pada kondisi proses optimum. Perhitungan *crude yield* dengan menggunakan persamaan 2.

$$\text{Crude yield (\%)} = \frac{\text{Massa produk akhir}}{\text{Massa minyak biji pepaya}} \times 100\% \quad (2)$$

Analisis

Analisis densitas dan angka asam hanya pada kondisi terbaik dari masing-masing variabel penelitian. Hasil analisis dibandingkan dengan standard biodiesel SNI 7182-2015.

Menentukan Densitas

Analisa densitas dengan mencatat berat piknometer kosong dan berat piknometer yang telah diisi sampel [24]. Perhitungan densitas dengan menggunakan persamaan 3.

$$\text{Densitas } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}}\right) = \frac{\text{Massa piknometer terisi sampel} - \text{massa piknometer kosong}}{\text{Volume piknometer}} \quad (3)$$

Menentukan Angka Asam

Membuat 100 mL larutan KOH 0,1 N dan menimbang 20 g metil ester dalam *Erlenmeyer* serta menambahkan 100 mL aseton. Menambahkan indikator pp sebanyak tiga tetes dan dititrasi hingga warna pink yang konstan selama 15 detik [25]. Perhitungan angka asam menggunakan persamaan 4.

$$\text{Angka asam (mg KOH/g)} = \frac{56,1 \times \text{volume KOH} \times M \text{ KOH}}{\text{Massa sampel}} \quad (4)$$

3. Hasil

Perlakuan Awal Biji Pepaya

Hasil analisa kadar air dan minyak yang terkandung pada biji pepaya kering disajikan pada Tabel 1. dibawah ini.

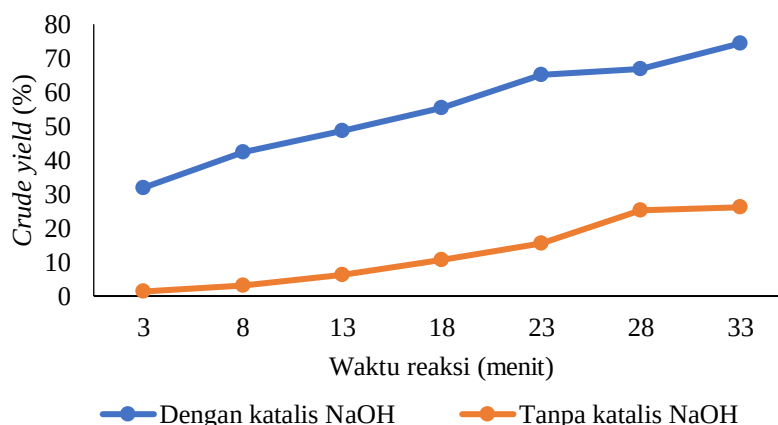
Tabel 1. Data kadar air dan *yield* minyak pada biji pepaya

Kadar air (%)	Yield minyak biji pepaya (%)
0,4	22,5875

Hasil ekstraksi serbuk biji pepaya kering sebanyak 100 g dengan pelarut n-heksana selama 33 menit didapatkan minyak sebanyak 22,5875 g. Pada ekstraksi 50 g biji mahoni kering dengan rasio massa bahan:metanol:n-heksana = 1:3:4 selama 10 jam mendapatkan minyak sebanyak 18 g [14]. Hasil analisa kadar air didapatkan nilai 0,4% sehingga memenuhi syarat sebagai bahan baku biodiesel [26].

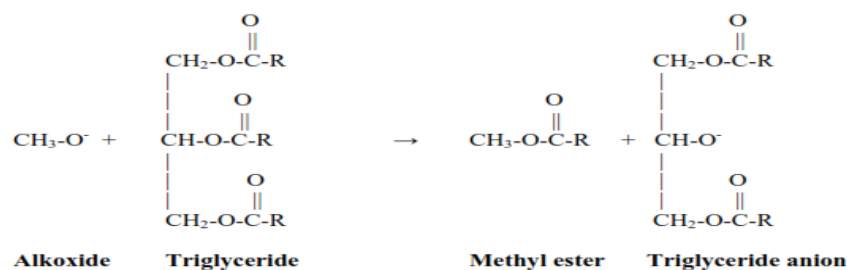
Transesterifikasi In Situ Minyak Biji Pepaya dengan Ko-pelarut THF

Hasil yang menunjukkan pengaruh waktu reaksi dan penggunaan katalis NaOH terhadap *crude yield* pada proses transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF disajikan pada Gambar 1. di bawah ini.



Gambar 1. Hubungan waktu reaksi dan *crude yield* dengan dan tanpa katalis NaOH

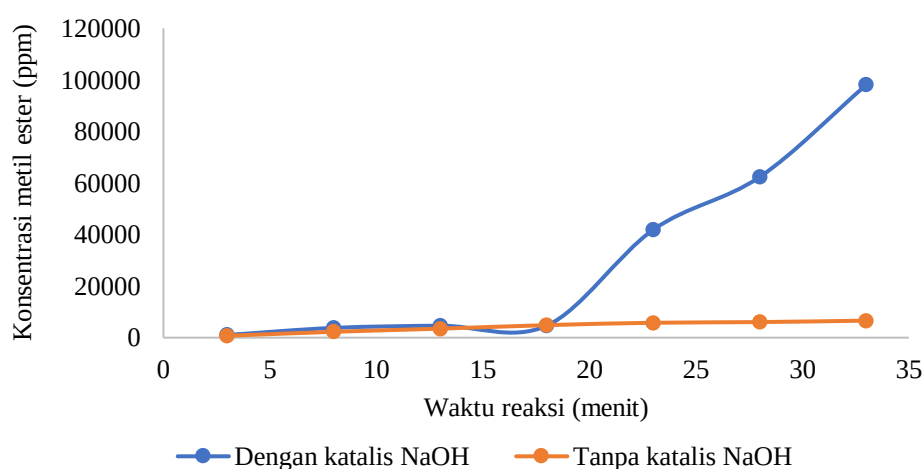
Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa waktu reaksi dan *crude yield* berbanding lurus. Semakin lama THF dan metanol kontak dengan biji pepaya maka semakin banyak minyak yang terekstrak. Fungsi metanol selain sebagai pelarut juga sebagai pereaksi. Fungsi utama ko-pelarut THF adalah untuk membentuk campuran satu fase yaitu antara metanol dan minyak biji pepaya sehingga reaksi transesterifikasi bisa berjalan cepat. Dari Gambar 1. juga terlihat bahwa penggunaan katalis NaOH sangat berpengaruh terhadap *crude yield* yang didapatkan. Fungsi katalis untuk mempercepat reaksi terbukti pada kondisi ini. Tanpa katalis NaOH maka reaksi transesterifikasi tidak akan berjalan optimal. Reaksi antara metanol dan NaOH akan membentuk natrium metoksida dengan persamaan reaksi sebagai berikut: $\text{CH}_3\text{OH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{O}^-\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_3\text{O}^-\text{Na}^+$ akan pecah menjadi CH_3O^- (ion alkoksida) dan Na^+ dimana CH_3O^- akan menyerang trigliserida pada bagian molekul gliserol untuk membentuk metil ester seperti reaksi pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Reaksi ion alkoksida dan trigliserida membentuk metil ester dan anion trigliserida [26]

Hasil terbaik pada reaksi dengan katalis NaOH pada 33 menit dengan *crude yield* 74,38%, sedangkan tanpa katalis NaOH didapatkan juga pada 33 menit dengan *crude yield* 26,12%. Pada reaksi transesterifikasi in situ tanpa katalis NaOH sudah didapatkan kondisi optimum yaitu *crude yield* pada waktu reaksi 28 menit yaitu 25,24% dan *crude yield* pada waktu reaksi 33 menit yaitu 26,12% yang nilainya tidak berbeda jauh. Pada reaksi transesterifikasi in situ dengan katalis NaOH belum didapatkan kondisi optimum karena *crude yield* tertinggi yaitu 74,38% didapatkan pada waktu reaksi terlalu lama yaitu 33 menit. Jika waktu reaksi ditambah kemungkinan *crude yield* juga akan ikut naik.

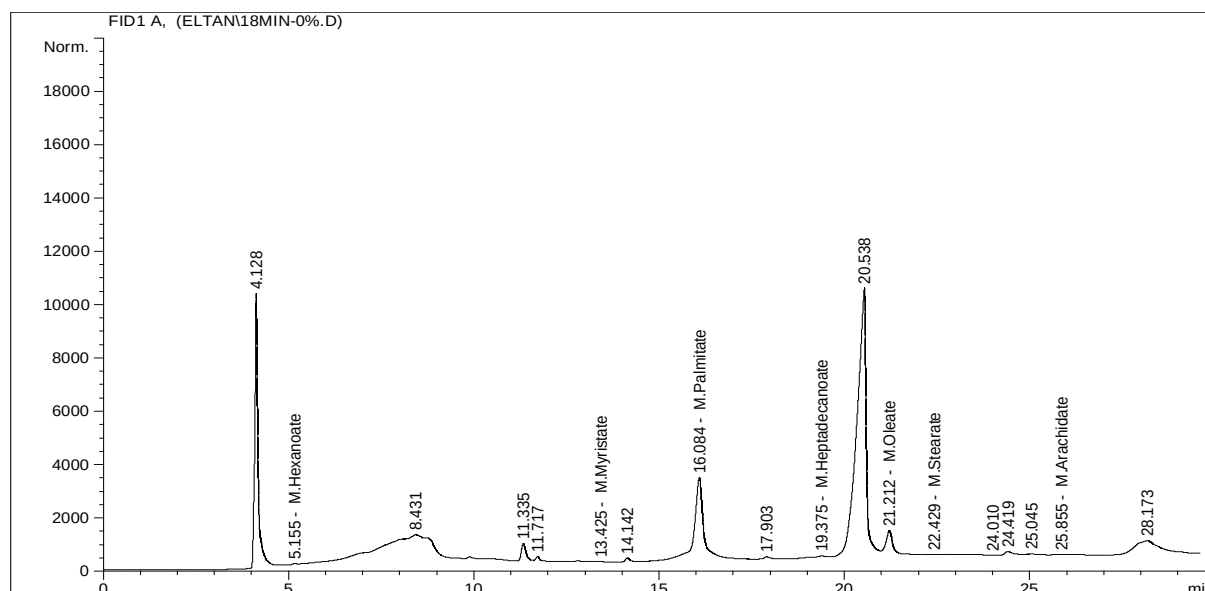
Hasil yang menunjukkan pengaruh waktu reaksi dan penggunaan katalis NaOH terhadap konsentrasi metil ester hasil analisa GC pada proses transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF disajikan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Hubungan antara waktu reaksi dan konsentrasi metil ester dengan dan tanpa katalis NaOH

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa konsentrasi metil ester cenderung meningkat seiring dengan peningkatan waktu reaksi, baik dengan katalis maupun tanpa katalis. Penggunaan katalis NaOH sangat berpengaruh terhadap konsentrasi metil ester yang didapatkan. Fungsi katalis NaOH adalah untuk memecah trigliserida dan mengarahkan terjadinya reaksi transesterifikasi membentuk metil ester dan gliserol [26]. Tanpa katalis NaOH maka reaksi transesterifikasi akan berjalan lambat dan tidak efisien. Pada reaksi transesterifikasi in situ dengan katalis NaOH pada waktu reaksi 3, 8, 13, dan 18 menit hanya terjadi kenaikan konsentrasi metil ester sedikit. Kenaikan konsentrasi metil ester yang cukup tinggi terjadi pada waktu reaksi 23 menit, 28 menit, dan 33 menit. Sebaliknya pada reaksi transesterifikasi in situ tanpa katalis NaOH hanya terjadi kenaikan konsentrasi metil ester yang sangat kecil selama waktu reaksi berlangsung. Hasil terbaik pada reaksi transesterifikasi in situ biji pepaya dengan katalis NaOH didapatkan pada waktu reaksi 33 menit dengan konsentrasi metil ester 98.036,4 ppm sedangkan pada reaksi tanpa katalis NaOH didapatkan juga pada waktu reaksi 33 menit dengan konsentrasi metil ester 6.592,1255 ppm.

Hasil analisa GC dalam bentuk kromatogram yang menunjukkan komposisi dan *retention time* metil ester yang terbentuk pada proses transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF dan katalis NaOH pada waktu reaksi 33 menit yang merupakan kondisi terbaik penelitian disajikan pada Gambar 4. di bawah ini.



Gambar 4. Kromatogram metil ester pada reaksi dengan katalis NaOH pada 33 menit

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa dua komponen metil ester terbesar adalah metil palmitat yang muncul pada *retention time* 16,084 menit dan metil oleat yang muncul pada *retention time* 21,212 menit.

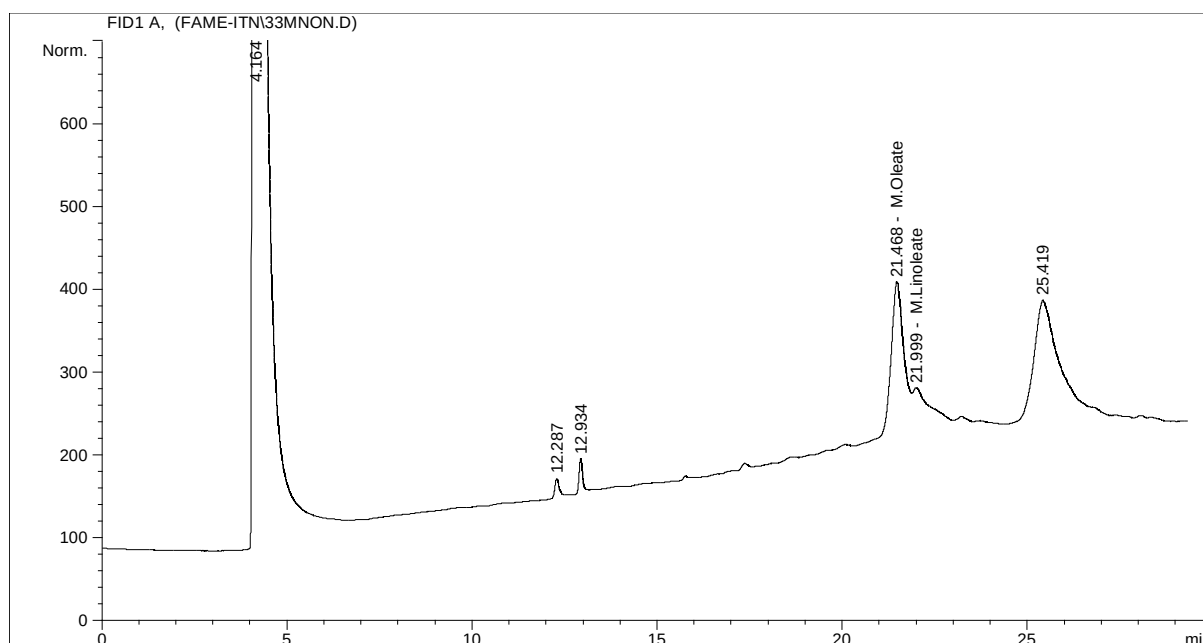
Tabel 2 menunjukkan komposisi dan konsentrasi metil ester hasil analisa GC pada proses transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF pada waktu reaksi 33 menit yang merupakan kondisi terbaik penelitian.

Tabel 2. Komposisi dan konsentrasi metil ester pada reaksi transesterifikasi in situ selama 33 menit

Komposisi Metil Ester	Konsentrasi (ppm)	
	Dengan katalis NaOH	Tanpa katalis NaOH
Metil heksanoat	1.408,2374	-
Metil miristat	198,8856	-
Metil palmitat	71.564,9	-
Metil heptadekanoat	1655,9671	-
Metil oleat	19.246,8	6.233,9246
Metil stearat	72,5539	-
Metil arakidat	3889,1458	-
Metil linoleat	-	358,2009
Total	98.036,4	6.592,1255

Tabel 2 menunjukkan bahwa komponen metil ester yang terbentuk pada reaksi transesterifikasi in situ dengan katalis NaOH identik dengan asam lemak penyusun minyak biji pepaya yaitu asam miristat, asam palmitat, asam oleat, asam stearat dan asam arakidat [5]. Tabel 2. juga menunjukkan komponen metil ester yang terbentuk pada reaksi transesterifikasi in situ tanpa katalis NaOH agak berbeda dengan reaksi transesterifikasi minyak biji pepaya dengan katalis KOH yaitu metil palmitat, metil oleat dan metil stearat [27]. Trigliserida dengan kandungan asam lemak tak jenuh seperti asam oleat dan asam linoleat lebih mudah dipecah dibandingkan trigliserida dengan kandungan asam lemak jenuh [26]. Terlihat pada Tabel 2 pada reaksi transesterifikasi in situ tanpa katalis NaOH terbentuk metil oleat dan metil linoleat yang merupakan metil ester tak jenuh. Sedangkan pada trigliserida dengan kandungan asam lemak jenuh lebih sulit dipecah sehingga memerlukan katalis NaOH untuk memecahnya.

Hasil analisa GC dalam bentuk kromatogram yang menunjukkan komposisi dan *retention time* metil ester yang terbentuk pada proses transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF tanpa katalis NaOH pada waktu reaksi 33 menit yang merupakan kondisi terbaik penelitian disajikan pada Gambar 5. di bawah ini.



Gambar 5. Kromatogram FAME pada reaksi tanpa katalis NaOH pada 33 menit

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa dua komponen metil ester yang terbentuk adalah metil oleat yang muncul pada *retention time* 21,468 menit dan metil linoleat yang muncul pada *retention time* 21,999 menit.

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis densitas dan angka asam metil ester pada proses transesterifikasi in situ minyak biji pepaya menggunakan ko-pelarut THF dengan dan tanpa katalis NaOH pada waktu reaksi 33 menit yang merupakan kondisi terbaik penelitian.

Tabel 3. Data densitas dan angka asam metil ester pada waktu reaksi 33 menit

Kondisi Operasi	Densitas (g/mL)	Angka asam (mg KOH/g sampel)
Dengan katalis NaOH	0,89	0,44
Tanpa katalis NaOH	0,87	0,56

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai densitas metil ester sudah memenuhi standard biodiesel SNI 7182-2015 yaitu 0,85 – 0,89 g/mL. Nilai angka asam metil ester pada reaksi transesterifikasi in situ dengan katalis NaOH sudah memenuhi standard biodiesel SNI 7182-2015 yaitu maksimal 0,5 mg KOH/g sampel. Pada reaksi transesterifikasi in situ tanpa katalis NaOH, nilai angka asam metil ester tidak memenuhi standard biodiesel SNI 7182-2015 yaitu maksimal 0,5 mg KOH/g sampel. Pada reaksi transesterifikasi in situ tanpa katalis NaOH terbentuk metil ester tak jenuh yaitu metil linoleat yang mudah bereaksi dengan O₂ dari udara membentuk asam lemak bebas dan hal ini menyebabkan angka asam tinggi [26].

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa semakin lama waktu reaksi maka semakin besar *crude yield* dan konsentrasi metil ester yang didapatkan. Peran katalis NaOH untuk mempercepat reaksi sangat penting karena akan menghasilkan *crude yield* dan konsentrasi metil ester lebih tinggi dalam waktu yang relatif cepat dibandingkan tanpa katalis NaOH. Kondisi terbaik penelitian didapatkan pada reaksi transesterifikasi in situ minyak biji pepaya dengan ko-pelarut THF menggunakan katalis NaOH pada waktu reaksi 33 menit yaitu menghasilkan *crude yield* 74,38% dan konsentrasi metil ester 98.036,4 ppm serta sifat fisik yang memenuhi SNI 7182-2015 yaitu dengan densitas 0,89 g/mL dan angka asam 0,44 mg KOH/g sampel.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kaprodi Teknik Kimia dan staf Laboratorium Bioenergi Teknik Kimia ITN Malang yang telah membantu dan mendukung penelitian ini sehingga bisa berjalan dengan lancar.

6. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] C. T. S. Charvet, M. R. J. V Duya, A. V. G. Miller, and L. F. Razon, "Evaluation of the biodiesel fuel properties of fatty acid methyl esters from *Carica papaya* L.," *Philipp Agric Sci*, vol. 94, no. 1, pp. 88–92, 2011.
- [2] A. H. Mulyadi, D. Ekasari, and Y. R. Hasanah, "Optimasi ekstraksi minyak biji pepaya menggunakan response surface methodology (RSM)," *Jurnal Riset Sains dan Teknologi*, vol. 7, no. 2, pp. 127–131, Sep. 2023.
- [3] E. D. Daryono and E. J. Sinaga, "Rapid in situ transesterification of papaya seeds to biodiesel with the aid of co-solvent," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 7, no. 1, pp. 379–385, 2017.
- [4] M. Anwar, M. G. Rasul, and N. Ashwath, "A systematic multivariate analysis of carica papaya biodiesel blends and their interactive effect on performance," *Energies (Basel)*, vol. 11, no. 2931, pp. 1–20, Nov. 2018.
- [5] M. Anwar, M. G. Rasul, N. Ashwath, and M. D. N. Nabi, "The potential of utilising papaya seed oil and stone fruit kernel oil as non-edible feedstock for biodiesel production in Australia—A review," *Energy Reports*, vol. 5, pp. 280–297, Nov. 2019.
- [6] M. J. Haas, A. J. McAloon, W. C. Yee, and T. A. Foglia, "A process model to estimate biodiesel production costs," *Bioresour Technol*, vol. 97, no. 4, pp. 671–678, Mar. 2006.
- [7] P. P. Lestari, S. D. Arsita, and J. I. B. Batubara, "Pembuatan biodiesel dari minyak biji pepaya dengan proses transesterifikasi," *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, vol. II, no. 2, pp. 60–65, 2018.
- [8] K. G. Georgogianni, M. G. Kontominas, P. J. Pomonis, D. Avlonitis, and V. Gergis, "Conventional and in situ transesterification of sunflower seed oil for the production of biodiesel," *Fuel Processing Technology*, vol. 89, no. 5, pp. 503–509, May 2008.
- [9] M. D. Supardan, Satriana, and R. Moulana, "Influence of co-solvent on reactive-extraction of *Jatropha curcas* L. seed for biodiesel production," in *The Proceeding of 2nd Annual International Conference Syiah Kuala University 2012*, 2012, pp. 249–253.
- [10] S. Saifuddin, N. Shalihah, N. Nahar, U. Habibah, and Reza, "Synthesis and characterization of biodiesel from wolffia using homogeneous KOH catalyst by in situ transesterification," *DEVOTION: Journal of Research and Community Service*, vol. 4, no. 3, pp. 778–787, 2023.
- [11] S. I. Hawash, E. A. Kader, and E. Diwani, "Biodiesel production from *Jatropha* seeds using heterogeneous integrated extraction reaction process," *AFINIDAD LXXII*, vol. 570, pp. 150–154, 2015.
- [12] R. Moulana, Satriana, M. D. Supardan, and W. Aina, "Effect of moisture content and amount of Hexane on in-situ transesterification of *jatropha* seeds for biodiesel production," in *Proceedings of The 3rd Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah) 2013*, 2013, pp. 9–13.
- [13] I. A. Kartika, M. Yani, D. Ariono, P. Evon, and L. Rigal, "In situ transesterification of oil-containing *jatropha curcas* seeds to produce biodiesel fuel," *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, vol. 11, no. 1, pp. 41–49, 2012.
- [14] E. D. Daryono, "In situ transesterification of mahogany seed oil (*Swietenia Macrophylla* King) become of methyl ester with co-solvent n-hexane," *Int J Chemtech Res*, vol. 8, no. 3, pp. 1026–1031, 2015.
- [15] E. D. Daryono, A. C. Rengga, and I. Safitri, "In situ transesterifikasi minyak biji mahoni menjadi metil ester dengan co-solvent THF [tetrahydrofuran]," *Reaktor*, vol. 15, no. 1, pp. 51–58, 2014.
- [16] O. Rachmaniah, A. Baidawi, and I. Latif, "Produksi biodiesel berkemurnian tinggi dari crude palm oil (CPO) dengan tertrahidrofuran-fast single-phase process," *Reaktor*, vol. 12, no. 3, pp. 166–174, 2009.
- [17] L. Maurina, M. Marwan, and M. D. Supardan, "Produksi biodiesel dari ampas kelapa (coconut waste) secara transesterifikasi in situ menggunakan bantuan gelombang mikro," *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, vol. 12, no. 2, pp. 62–68, Dec. 2017.
- [18] Mahlinda and F. Djafar, "Pengaruh-jenis-co-solvent-terhadap-rendemen dan mutu biodiesel secara transesterifikasi in situ menggunakan radiasi gelombang mikro," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 119–126, 2016.
- [19] E. D. Daryono, A. Sintoyo, and R. C. Gunawan, "Transesterifikasi in situ minyak biji pepaya menjadi metil ester dengan co-solvent n-heksana menggunakan microwave," *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 4, no. 2, pp. 17–26, 2020.

- [20] M. Mahfud, U. Kalsum, and V. Aswie, “Biodiesel production through catalytic microwave in-situ transesterification of microalgae (*Chlorella* sp.),” *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 9, no. 1, pp. 113–117, Feb. 2020.
- [21] L. Qadariyah, Mahfud, R. Panjaitan, F. Mujaddid, and U. Kalsum, “Biodiesel production from dry microalga biomass by microwave-assisted in-situ transesterification,” in *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, Mar. 2018.
- [22] U. Kalsum, A. Roesyadi, and M. Mahfud, “The use of co-solvent for insitu transesterification of microalgae with base catalyst under microwave irradiation,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jan. 2019, pp. 1–5.
- [23] E. A. Ehimen, Z. Sun, and G. C. Carrington, “Use of ultrasound and co-solvents to improve the in-situ transesterification of microalgae biomass,” *Procedia Environ Sci*, vol. 15, pp. 47–55, 2012.
- [24] E. D. Daryono, I. N. G. Wardana, C. Cahyani, and N. Hamidi, “Interesterification process of palm oil using base catalyst : the effect of stirring speed and type of catalyst on kinetic energy and dipole moment,” *Int J Adv Sci Eng Inf Technol*, vol. 12, no. 4, pp. 1580–1585, 2022.
- [25] J. Shao and F. Agblevor, “New rapid method for the determination of total acid number (TAN) of bio-oils,” *American Journal of Biomass and Bioenergy*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2015.
- [26] J. Van Gerpen, B. Shanks, R. Pruszek, D. Clements, and G. Knothe, “Biodiesel production technology,” 2004.
- [27] A. Santoso, F. Nadia, R. Retnosari, R. A. Wijaya, Sumari, and I. B. Rachman, “Konsentrasi katalis dan suhu optimum pada transesterifikasi minyak biji pepaya (*Carica papaya*) sebagai bahan baku biodiesel,” *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, vol. 4, no. 1, pp. 29–36, 2020.