

PENGARUH $ZnCl_2$ TERHADAP PENURUNAN KADAR FREE FATTY ACID (FFA) SERTA PENGARUH KATALIS NAOH DAN CAO PADA HASIL BIODIESEL MELALUI PROSES TRANSESTERFIKASI MINYAK BRONDOLAN SAWIT

**Indah Prihatiningtyas D.S*, Twinska Choirunissa, Evelin Putri Paongan, Eko Heryadi,
Retno Wulandari**

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

*Email: indah.unmul@gmail.com

Abstrak

Brondolan sawit merupakan buah sawit yang lepas dari tandan buah karena terlalu matang ataupun yang jatuh saat proses pemanenan tandan buah segar. Minyak brondolan sawit umumnya memiliki kandungan free fatty acid (FFA) yang tinggi. Pada penelitian ini, minyak brondolan sawit dikonversi menjadi biodiesel dengan dua tahapan proses yaitu esterifikasi dengan gliserol berkatalis $ZnCl_2$ dilanjutkan dengan transesterifikasi menggunakan katalis CaO dan $NaOH$. Pengaruh katalis $ZnCl_2$, $NaOH$ dan CaO terhadap penurunan free fatty acid dan hasil biodiesel diinvestigasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses esterifikasi dengan gliserol berkatalis $ZnCl_2$ menurunkan nilai free fatty acid. Pada variasi konsentrasi $ZnCl_2$ sebanyak 0,15%, 0,20%, 0,25%, dan 0,35% menunjukkan bahwa konsentrasi optimal $ZnCl_2$ pada 0,35% dengan penurunan FFA sebesar 97% dari 37,40% ke 1,06%. Selanjutnya proses transesterifikasi dilakukan dengan katalis $NaOH$ sebesar 1% dan CaO sebesar 35% pada variasi perbandingan jumlah minyak dan metanol sebesar 1:10 ; 1:15 ; 1:20 ; 1:30. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah perbandingan minyak dan metanol yang optimal untuk katalis $NaOH$ adalah sebesar 1:30 karena menghasilkan jumlah biodiesel sebesar 2,35% dengan nilai FFA sebesar 2,17%. Sedangkan dengan katalis CaO , perbandingan minyak dan metanol yang optimal adalah sebesar 1:30 dengan hasil biodiesel sebesar 2,60% dan nilai FFA sebesar 3,08%. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa persen berat katalis sangat mempengaruhi dalam penurunan kandungan FFA yang terdapat pada minyak CPO, dan perbandingan antara minyak:metanol mempengaruhi hasil yield biodiesel yang akan didapatkan..

Kata kunci: Brondolan kelapa sawit, biodiesel, katalis $ZnCl_2$, katalis $NaOH$, katalis CaO

1. PENDAHULUAN

Energi sangat diperlukan dan telah menjadi keharusan mutlak untuk kelangsungan hidup manusia. Dengan keterbatasan sumber energi fosil sedangkan permintaan energi terus meningkat maka bahan bakar alternatif menjadi solusi untuk mengatasi persoalan ini. Biofuel, khususnya biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang menarik perhatian untuk dikembangkan karena keunggulannya dibandingkan dengan bahan bakar fosil antara lain : fleksibilitas bahan baku, katalis (Tasari dkk, 2020), bersifat bio-degradable (Okoye dkk, 2020), tidak beracun (Garcia dkk, 2020), memiliki kandungan sulfur serta aromatik yang rendah (Demirbas, 2020) dan berkelanjutan. Biodiesel yang berasal dari sumber hayati setara dengan solar yang digolongkan secara kimiawi sebagai kombinasi ester monoalkil asam lemak rantai panjang dari asam lemak, termasuk minyak sawit, minyak laurat, minyak stearat, minyak kedelai, minyak oleat, minyak bunga matahari, minyak palmitat, minyak

rapeseed, minyak kanola dan turunan nabati. Biodiesel umumnya diproduksi dengan proses transesterifikasi yaitu dengan mereaksikan lemak atau minyak dengan alkohol melalui bantuan katalis dimana dihasilkan ester dan produk samping berupa gliserol.

Bahan baku untuk biodiesel sebagian besar adalah minyak trigliserida yang merupakan minyak nabati yang dapat dimakan (*edible vegetable oil*). Indonesia memiliki banyak tanaman sumber bahan baku biodiesel seperti Kelapa Sawit, Kelapa, Jarak Pagar, Nyamplung, Kelor dan Kemiri Sunan. Biodiesel di Indonesia umumnya diproduksi dengan bahan baku kelapa sawit karena pasokan *crude palm oil* (CPO) yang sangat besar, sedangkan CPO juga menjadi primadona dalam industri olahan pangan seperti minyak goreng, margarin, shortening, frying fat, coating fat, coffee whitener, pengisi susu dan krimmer biskuit. CPO juga diolah menjadi produk kosmetik, minyak pelumas, bahan pembuat cat, penguat

baja dan besi dan bahan bakar alternatif yaitu biodiesel.

Saat ini, Indonesia memiliki kebijakan untuk ketahanan energi melalui Peraturan Menteri ESDM No. 12 Tahun 2015 yang menetapkan penggunaan bahan bakar campuran biodiesel sebesar 30% (B30) sebagai bahan bakar mesin. Dengan kebijakan ini, maka kebutuhan biodiesel semakin meningkat. Dikarenakan CPO merupakan salah satu bahan baku dalam industri pangan, maka solusi mendapatkan bahan baku biodiesel yang murah dan tidak bertentangan dengan kebutuhan pangan yang bersumber dari minyak, lemak hewani, produk sampingan dari penyulingan minyak nabati menjadi penting. (Berchmans dan Hirata, 2008; Enweremadu dan Mbarawa, 2009). Namun, bahan baku ini umumnya memiliki kandungan (free fatty acid/ FFA) yang tinggi sehingga tidak mudah dikonversi oleh transesterifikasi basa homogen karena terbentuknya sabun. Sabun yang terbentuk dapat mengganggu proses pencucian karena membentuk emulsi, sehingga menurunkan hasil biodiesel.

Transesterifikasi pada nilai FFA lebih rendah dari 3% direkomendasikan untuk dikonversi menjadi biodiesel karena memberikan hasil biodiesel yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pra-perlakuan untuk menurunkan FFA dalam bahan baku sebelum transesterifikasi dengan katalis basa perlu dilakukan (Kombe dkk, 2013). Pra-perlakuan FFA tinggi dengan katalisis asam diikuti dengan transesterifikasi katalis basa telah diakukan oleh beberapa peneliti dan dapat menurunkan FFA bahan baku $\leq 0,5\%$ secara cepat dan efektif (Kumar dkk, 2007; Ghadge dkk, 2005). Namun, pra-perlakuan satu langkah terkadang tidak dapat menurunkan FFA bahan baku secara efisien karena tingginya kandungan air yang dihasilkan selama reaksi (Sheng dkk, 2008). Campuran alkohol dan asam sulfat dapat ditambahkan ke dalam minyak atau lemak sebanyak tiga kali (pre-esterifikasi tiga langkah) dan air harus dihilangkan sebelum transesterifikasi (Leung dkk, 2010).

Proses re-esterifikasi kimiawi (gliserolisis) dilaporkan dapat menurunkan FFA yang tinggi (Kombe dkk, 2013). Proses ini memiliki kemampuan mengubah free fatty acid kembali menjadi masing-masing molekul gliserida. Proses ini dengan menambahkan gliserol ke bahan baku FFA tinggi dan memanaskannya hingga suhu sekitar 200°C, menggunakan

katalis logam-lic seperti seng klorida dan debu seng atau tanpa katalis. Gliserol bereaksi dengan FFA untuk membentuk monogliserida, digliserida dan trigliserida (Anderson, 1062). Proses ini dapat menurunkan FFA pada bahan baku dengan FFA tinggi sehingga dapat diproses menjadi me-thylester menggunakan teknik trans-esterifikasi basa homogen tradisional. Keuntungan dari proses gliserolisis adalah tidak diperlukan alkohol selama praperlakuan dan air yang terbentuk dari reaksi dapat segera diuapkan dan dikeluarkan dari campuran reaksi. Selain itu, proses ini juga memanfaatkan gliserol yang merupakan produk sampingan dari transesterifikasi, sehingga dapat menurunkan biaya biodiesel. Namun, proses ini memiliki kekurangan yaitu kebutuhan suhu yang tinggi dan laju reaksi yang relatif lambat (Van Gerpen dkk, 2004).

Brondolan sawit merupakan merupakan buah sawit yang lepas dari tandan buah karena terlalu matang ataupun yang jatuh saat proses pemanenan tandan buah segar. Minyak brondolan sawit umumnya memiliki kandungan FFA yang tinggi sehingga industri pengolahan kelapa sawit tidak mengolah buah brondolan sawit ini untuk menjadi crude palm oil. Buah brondolan sawit masih mengandung minyak dan memiliki potensi untuk dikonversi menjadi bahan bakar alternatif biodiesel. Namun, dikarenakan kandungan FFA pada minyak brondolan sawit tinggi maka perlu proses praperlakuan untuk menurunkan kandungan FFA sebelum masuk pada proses transesterifikasi katalis basa.

Pada penelitian ini, potensi minyak brondolan sawit menjadi biodiesel akan diteliti. Proses re-esterifikasi dengan teknik gliserolisis dengan katalis ZnCl₂ akan digunakan untuk menurunkan kandungan FFA. ZnCl₂ merupakan salah satu katalis asam yang dianggap sebagai katalis berkualitas tinggi dalam sintesis organik karena keunggulannya, antara lain: katalis yang aman bagi lingkungan, mudah diperoleh, dan hemat biaya (Pasha dan Nizam, 2010). Pengaruh konsentrasi katalis ZnCl₂ dan rasio jumlah minyak dan metanol akan dianalisa untuk memperoleh konsentrasi katalis ZnCl₂ dan rasio jumlah minyak dan alkohol yang optimal. Selanjutnya proses akan dilanjutkan dengan transesterifikasi dengan katalis basa yaitu NaOH dan CaO. Penggunaan katalis NaOH dan CaOH sering digunakan dalam proses produksi biodiesel karena penggunaan katalis NaOH yang efisien, efektivitas dalam hal

biaya, serta menhasilkan produk yang berkualitas selain itu operasionalnya sederhana (Elvianto dan Erni, 2016; Mekonnen dan Sendekie, 2021). Sedangkan CaO juga dikenal sebagai katalis yang efektif dalam transesterifikasi karena aktivitas katalitiknya yang tinggi, dapat digunakan kembali, memiliki sifat yang tidak korosif, dan memiliki efektivitas biaya (Bharti dkk, 2019; Ayoola dkk, 2019). Perbedaan hasil biodiesel antara katalis basa NaOH dan CaO akan diinvestigasi untuk mendapatkan komposisi yang optimal untuk masing masing katalis.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan sampel CPO dari brondolan sawit yang dihasilkan oleh CV. Pabrik Karya Anak Negeri Gemilang Abadi Sawit. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari *hot plate*, labu erlemeyer, neraca analitik, spatula, magnetic stirrer, pipet ukur, pipet tetes, gelas ukur, gelas beaker, kaca arloji, corong kaca, corong pemisah, pencapit, thermometer, statif, klem, Evaporator. Bahan-bahan yang digunakan meliputi katalis ZnCl₂ (Seng Klorida) berasal dari EMSURE (Germany), katalis CaO (Kalsium Oksida) berasal dari EMSURE (Germany), aquadest, KOH (Kalium Hidroksida) berasal dari PT. Pupuk KALTIM (Bontang), NaOH (Natrium Hidroksida) berasal dari EMSURE (Germany), metanol teknis berasal dari EMSURE (Germany), indikator PP (Phenolphthalein) berasal dari EMSURE (Germany), Aceton (Aseton) berasal dari EMSURE (Germany) dan Glycerol (Gliserol) berasal dari EMSURE (Germany).

2.2. Proses gliserolisi dengan katalis ZnCl₂ pada penurunan *free fatty acids* (FFA)

Pada penelitian ini, sebelum dilakukan proses transesterifikasi dengan katalis basa yaitu NaOH dan CaO, penentuan konsentrasi ZnCl₂ yang optimal pada penurunan FFA dilakukan pada perbandingan jumlah gliserol dan minyak adalah 1:6, dengan variasi jumlah ZnCl₂ yaitu 0,15%, 0,20%, 0,25%, dan 0,35% (w/w). Suhu yang digunakan pada proses ini adalah 175°C selama 1 jam. Setelah didapatkan konsentrasi ZnCl₂ yang optimal maka dapat dilanjutkan dengan proses transesterifikasi menggunakan NaOH atau CaO

2.3. Proses transeserifikasi menggunakan katalis NaOH

Setelah konsentrasi ZnCl₂ telah ditentukan maka proses dilanjutkan untuk mengetahui pengaruh katalis NaOH pada hasil biodiesel. Pengaruh rasio antara minyak dan metanol pada katalis NaOH 1% (w/w) dilakukan dengan variasi rasio jumlah minyak dan metanol sebesar 1:10 ; 1:15 ; 1:20 dan 1:30. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C selama 2 jam. Hasil proses transesterifikasi didiamkan dalam corong pisah, selanjutnya biodiesel dan metanol dipisahkan dari produk samping yang dihasilkan yaitu gliserol. Selanjutnya biodiesel dipisahkan dari metanol dengan proses evaporasi.

2.4. Proses transeserifikasi menggunakan katalis CaO

Setelah rasio perbandingan minyak dan metanol didapatkan dari hasil transesterifikasi dengan katalis NaOH, maka perbandingan hasil biodiesel antara katalis NaOH dan CaO dilakukan. Oleh karena itu pengaruh jumlah katalis CaO diselidiki pada variasi konsentrasi sebesar 0,15%, 0,20%, 0,25%, 0,35%. Suhu yang digunakan pada proses ini adalah 60°C selama 2 jam. Hasil proses transesterifikasi didiamkan dalam corong pisah, selanjutnya biodiesel dan metanol dipisahkan dari produk samping selanjutnya dimurnikan dengan proses evaporasi.

2.5. Analisa kandungan *free fatty acid* (FFA)

Sampel minyak atau biodiesel yang dihasilkan ditimbang sebanyak 3 gram dan ditambahkan etanol 50 mL serta indikator PP sebanyak 6 tetes. Selanjutnya dilakukan titrasi dengan KOH 0,1 N. Dicatat hasil volume titrasi dan dilakukan perhitungan FFA (%) pada sampel uji.

Free fatty acid (FFA) merupakan asam lemak yang tidak terikat sebagai trigliserida (Marlina & Ramdan, 2019). *Free fatty acid* dalam minyak jelantah terbentuk karena adanya proses hidrolisis yang terjadi selama proses pengorengan (Fanani & Ningsih, 2018). Pengukuran FFA dilakukan dengan titrasi menggunakan larutan KOH 0,1 N. Bilangan asam biodiesel dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

$$\text{FFA (\%)} = \frac{V_{\text{KOH}} N_{\text{KOH}} 5.61}{\text{Massa sampel}} \quad (1)$$

Dengan:

V KOH = jumlah mL KOH yang digunakan untuk titrasi (mL)

N KOH = normalitas larutan KOH (mol/mL)

Massa = massa sampel (gram)

2.6. Uji Analisa Kuantitatif Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan kemudian dianalisis secara kuantitatif. Analisis secara kuantitatif dilakukan perhitungan yield dimana biodiesel yang dihasilkan ditimbang untuk ditentukan yield-nya. Penentuan besarnya yield ini dapat dihitung dengan rumus persamaan (2) sebagai berikut:

$$Yield (\%) = \frac{\text{Berat produk}}{\text{Berat CPO}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh konsentrasi katalis ZnCl₂ pada proses gliserolisis terhadap penurunan free fatty acid

Pengaruh konsentrasi katalis ZnCl₂ (0,15%, 0,25%, 0,35% dan 0,45% w/w) pada proses gliserolisis terhadap bilang asam CPO minyak brondolan sawit disajikan gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi katalis ZnCl₂ pada proses gliserolisis terhadap penurunan free fatty acid (FFA)

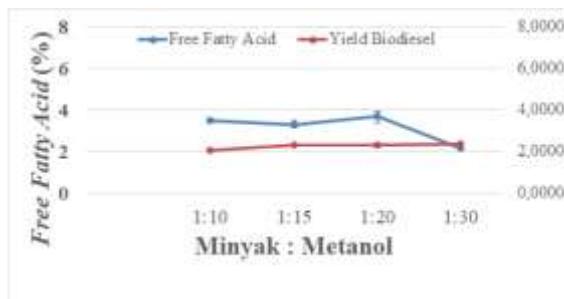
Gambar 1 menunjukkan bahwa pada proses gliserolisis, peningkatan konsentrasi ZnCl₂ menurunkan nilai free fatty acid (FFA) minyak brondolan sawit. Konsentrasi optimal pada penurunan FFA minyak brondolan sawit pada konsentrasi ZnCl₂ sebesar 0,35% (w/w) dimana FFA turun dari 37,40% ke 1,05%. Penggunaan katalis ZnCl₂ memberikan penurunan kadar FFA yang sangat signifikan, dimana menurut (Mardianan dan Santoso, 2020) *activator* ZnCl₂ 10% mampu menurunkan kadar FFA. Selain itu, penggunaan gliserol sebagai salah satu solusi yang umum diterapkan

pada proses pengolahan minyak yang memiliki kandungan *free fatty acid* yang tinggi. Pada saat pencampuran gliserol terjadi proses gliserolisis yang terjadi diantara gliserol dan *free fatty acid* untuk memperoleh gliserida, reaksi gliserolisis dapat digunakan untuk memproduksi monogliserida sebagai salah satu langkah untuk menurunkan kandungan *free fatty acid* dalam minyak CPO, yang dapat diproses lebih lanjut menjadi biodiesel menggunakan proses konvensional. Penambahan gliserol membuktikan dapat meningkatkan laju reaksi. Selain itu penggunaan persentasi katalis juga mempengaruhi penurunan kadar *free fatty acid* yang dihasilkan.

Hal ini disebabkan karena penggunaan persentase katalis dapat mempercepat reaksi sehingga dapat mempercepat terjadinya kesetimbangan reaksi. Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi yang diberikan maka penurunan *free fatty acid* semakin mengalami penurunan secara signifikan dapat dilihat pada saat penggunaan konsentrasi katalis sebesar 0,35% menurunkan *free fatty acid* dari 34,40% menjadi 1,05%. Namun pada saat konsentrasi ZnCl₂ dinaikkan menjadi 0,45%, bilangan asam mengalami kenaikan dikarena penggunaan katalis yang berlebihan mengakibatkan larutan jenuh. Menurut (Dewi dkk, 2012) semakin besar mg KOH 0,1 N yang digunakan untuk menetralkan *free fatty acid* maka *free fatty acid*-nya semakin banyak pula. Makin tinggi angka asam makin rendah mutunya.

3.2. Pengaruh rasio metanol dan minyak CPO terhadap yield dan free fatty acid pada katalis NaOH

Penelitian ini dilakukan pada proses gliserolisis dengan perbandingan jumlah gliserol dan minyak adalah 1:6 dan konsentrasi ZnCl₂ sebanyak 0,35%. Pengaruh rasio minyak dan alkohol depelajari dengan menggunakan katalis NaOH sebanyak 1% (w/w). Variasi antara minyak dan methanol adalah 1:10, 1:15, 1:20, dan 1:30. Hasil variasi mintak dan methanol pada katalis NaOH terhadap yield biodiesel ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh rasio minyak dan metanol pada katalis NaOH terhadap *yield* biodiesel.

Gambar 2 menunjukkan bahwa rasio minyak CPO dan metanol berpengaruh terhadap *yield* dan FFA yang akan dihasilkan. Rasio perbandingan yang optimal pada *yield* dan penurunan FFA minyak brondolan sawit pada rasio sebesar 1:30 dimana *yield* yang dihasilkan sebesar 2,35% dan FFA sebesar 2,17%. Dengan menggunakan metanol berlebih maka reaksi dapat di geser kekanan (ke arah pembentukan produk) untuk menghasilkan konversi yang maksimum. Hal ini dikarenakan pemakaian salah satu reaktan yang berlebih akan memperbesar kemungkinan tumbukan antara molekul zat yang beraksi sehingga kecepatan reaksinya bertambah besar (Dharsono dkk, 2013). Pada gambar 2 rasio perbandingan 1:30 memiliki nilai *yield* yang tinggi yaitu 2,35% dikarenakan perbandingan rasio mol berpengaruh terhadap distribusi katalis di antara lapisan *alkil ester* dan gliserol.

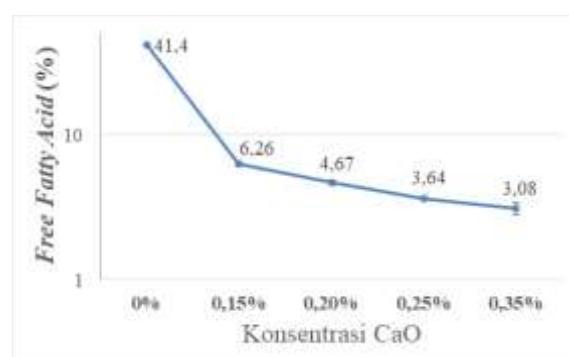
Pada gambar 2 juga menunjukkan bahwa semakin besar katalis yang digunakan maka semakin besar pula *yield* biodiesel yang didapatkan. Dengan pertambahan jumlah katalis akan meningkatkan kecepatan reaksi sehingga *yield* biodiesel yang dihasilkan meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan besarnya jumlah katalis akan semakin menurunkan energi aktivasi sehingga meningkatkan jumlah molekul yang teraktifkan yang mengakibatkan kecepatan reaksi meningkat (Aziz, 2011). Katalis berfungsi mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi, namun tidak mempengaruhi letak kesetimbangan. Selain itu, penggunaan katalis basa dalam jumlah banyak dapat menetralkan *free fatty acid* di dalam *triglycerida*. Sehingga, semakin banyak jumlah katalis basa yang digunakan, maka *metil ester* yang terbentuk akan semakin banyak. Menurut (Kombe dkk, 2011) lapisan atas yang terdapat pada corong pisah mengandung metanol yang tidak beraksi, lapisan tengah mengandung asam lemak *metil*

ester (sejumlah kecil yang diperoleh dari konversi *free fatty acid* menjadi *ester*) dan minyak hasil esterifikasi, dan bagian lapisan bawah mengandung air, asam, dan pengotor lainnya.

Dari tahapan penelitian ini maka pada proses gliserolisis pada perbandingan antara gliserol dan minyak sebesar 1:6 bahwa konsentrasi yang optimal adalah sebanyak 0,35%. Setelah proses gliserolisis, konversi CPO brondolan sawit menjadi biodiesel dilanjutkan dengan proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis NaOH sebanyak 1% dan didapatkan bahwa perbandingan antara minyak dan metanol adalah sebesar 1:30. Selanjutnya pada penelitian ini, perbedaan antara *yield* dan FFA antara katalis NaOH dan CaO akan dipelajari untuk mendapatkan perbandingan antara minyak dan metanol serta konsentrasi CaO yang optimal.

3.3. Pengaruh konsentrasi katalis CaO terhadap *yield* dan *free fatty acid*

Untuk mempelajari pengaruh konsentrasi katalis CaO terhadap *yield* dan FFA, penelitian ini dilakukan pada proses gliserolisis dengan perbandingan jumlah gliserol dan minyak adalah 1:6 dan konsentrasi ZnCl₂ sebanyak 0,35% dan rasio minyak dan alkohol yang digunakan sebanyak 1:30. Adapun variasi katalis CaO adalah 0,15%, 0,20%, 0,35, dan 0,45%. Pengaruh konsentrasi katalis CaO terhadap *yield* dan penurunan FFA ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini:



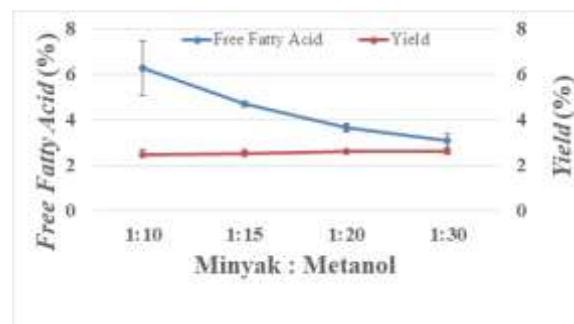
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi katalis CaO pada proses transesterifikasi terhadap penurunan *free fatty acid* (FFA)

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada peningkatan konsentrasi CaO menurunkan nilai *free fatty acid* (FFA) minyak brondolan sawit. Konsentrasi optimal pada penurunan FFA

minyak brondolan sawit pada konsentrasi CaO sebesar 0,35% (w/w), dimana FFA turun dari 41,40% ke 3,08%. Dapat dilihat dari grafik bahwa semakin besar konsentrasi dari katalis CaO yang digunakan maka penurunan *free fatty acid* sendiri semakin banyak dan signifikan. Hal ini terjadi karena katalis CaO merupakan basa yang dikenal memiliki kemampuan katalitik baik pada proses transesterifikasi. CaO juga banyak digunakan di industri sebagai agen katalitik karena mampu menghilangkan senyawa toksik pada limbah (Raba dkk, 2016). Katalis ini telah banyak dibuktikan mampu mengkatallis proses pembuatan biodiesel dengan baik. Katalis CaO juga memiliki keunggulan di antaranya aktivitas katalitiknya yang tinggi, kelimpahannya banyak, murah dan awet (Sharma dkk, 2018). Namun, CaO merupakan senyawa yang tidak stabil, karena mudah bereaksi dengan gas CO₂ dan H₂O yang ada di udara untuk membentuk karbonat dan hidroksida. Dengan demikian, CaO harus disimpan dengan baik supaya tidak terpapar udara bebas yang dapat menurunkan aktivitasnya (Lam and Lee 2011).

3.4. Pengaruh rasio metanol dan minyak CPO terhadap *free fatty acid* dan hasil biodiesel pada katalis CaO

Pada penelitian ini menggunakan katalis CaO sebanyak 0,35%. Pengaruh rasio perbandingan minyak dan metanol terhadap penurunan *free fatty acid* dan juga *yield* biodiesel dipelajari dengan variasi yaitu 1:10 ; 1:15 ; 1:20 ; 1:30. Hasil dari perbandingan minyak dan metanol ditunjukkan Gambar 4:



Gambar 4. Pengaruh rasio minyak dan metanol terhadap *yield* dan FFA biodiesel yang dihasilkan pada katalis CaO

Gambar 4 menunjukkan bahwa pengaruh rasio minyak CPO dan metanol berpengaruh terhadap hasil *yield* dan FFA biodiesel dari CPO brondolan sawit. Rasio perbandingan yang

optimal pada *yield* dan penurunan FFA minyak brondolan sawit adalah 1:30, dimana *yield* yang dihasilkan sebesar 2,60% dan FFA sebesar 3,08%. Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai *yield* mengalami peningkatan yang signifikan ketika konsentrasi katalis dan juga rasio minyak CPO dan metanol semakin besar, hal ini dikarenakan rasio molar minyak terhadap metanol merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi konversi minyak nabati menjadi biodiesel.

Penambahan metanol 2-3 kali lipat dari perbandingan molar minyak dan metanol dapat meningkatkan *yield* biodiesel hingga 99% dengan batas waktu tertentu. Fasa antara minyak dan metil ester (fasa nonpolar) dan alkohol (polar) yang berbeda menjadikan kedua campuran tidak bisa langsung menyatu, sehingga reaksi berjalan sangat lambat dan sangat bergantung pada kecepatan pengadukan. Untuk menghasilkan produk biodiesel dengan nilai *yield* yang tinggi, penambahan jumlah katalis sangat perlu diperhatikan karena katalis mampu menaikkan luas kontak antara minyak dan metanol.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, dikarenakan CPO brondolan sawit memiliki nilai FFA yang besar yaitu diatas 3%, maka sebelum proses transesterifikasi dilakukan proses gliserolisis untuk menurunkan kandungan FFA. Pada proses gliserolisis dalam penelitian ini, konsentrasi yang optimal ZnCl₂ sebesar 0,35%, dimana penurunan FFA sebesar 97% yaitu dari 37,40% ke 1,06%. Selanjutnya, pada proses transesterifikasi dengan katalis NaOH 1%, perbandingan minyak dan metanol yang optimal sebanyak 1:30 yang menghasilkan *yield* biodiesel sebesar 2,35% dengan nilai FFA sebesar 2,17%. Sedangkan pada proses transesterifikasi dengan katalis CaO, proses optimal terjadi pada konsentrasi CaO adalah sebesar 0,35%, dimana FFA turun dari 41,4% ke 3,08% (92,5%).

Rasio perbandingan minyak dan metanol yang optimal adalah sebesar 1:30 dimana menghasilkan *yield* sebesar 2,6% dengan nilai FFA sebesar 3,08%. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan kandungan *free fatty acid* (FFA) pada CPO brondolan sawit dapat dilakukan dengan ZnCl₂. Sedangkan proses konversi CPO brondolan sawit menjadi biodiesel dapat dilakukan menggunakan katalis NaOH 1% dan CaO 0,35% pada perbandingan

minyak dan alkohol yang sama yaitu 1:30. Perbandingan hasil antara katalis NaOH dan CaO adalah bahwa dengan katalis NaOH memberikan FFA rendah (2,17) dibandingkan dengan katalis CaO (3,08%) namun yield yang dihasilkan lebih rendah (2,35%) dibandingkan dengan katalis CaO (2,6%).

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, A.J.C. 1962. *Refining of Oils and Fats for Edible Purposes. 2nd Edition, Pergamon Press.* London. pp. 92-103.

Ayoola, A. A., Fayomi, O. S. I., Adeeyo, O. A., Omodara, J. O., Adegbite, O., & Kunelbayev, M. 2019. *Impact assessment of biodiesel production using CaO catalyst obtained from two different sources.* Cogent Engineering, 6(1).

Aziz, I. 2011. Laporan Penelitian Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas. Jakarta: Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah.

Berchmans, H.J and Hirata, S. 2008. *Biodiesel Production from Crude Jatropha curcas L. Seed Oil with a High Content of Free Fatty Acids.* Bioresource Technology, 99 (6), 1716-1721.

Bharti, Singh, B, Dey, R. 2019. *Process optimization of biodiesel production catalyzed by CaO nanocatalyst using response surface methodology.* J Nanostruct Chem, 9: 269–280.

Demirbas, A. 2002. *Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol.* Energy Convers. Manag. 43, 2349–2356.

Dewi dan N. Hidajati. 2012. Peningkatan Mutu Minyak Goreng Curah Menggunakan Adsorben Bentonit Teraktivasi, Chemistry (Easton)., vol. 1, no. 2, pp. 47–53.

Dharsono, W. dan Oktari, Y. S. 2013. Proses Pembuatan Biodiesel dari Dedak dan Metanol dengan Esterifikasi In Situ. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 2, 33-39.

Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia., 2022. Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.

Elvianto, D.D dan Erni, J.S. 2016. *Transesterification of Palm Oil with NaOH Catalyst Using Co-solvent Methyl Ester.* International Journal of ChemTech Research, 9 (12): 570-575.

Enweremadu, C.C and Mbarawa, M.M. 2009. *Technical Aspects of Production and Analysis of Biodiesel from Used Cooking Oil—A Review.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13 (9), 2205-2224.

Fanani, N. dan Ningsih, E. 2018. Analisis Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai yang Digunakan oleh Pedagang Penyetan di Daerah Rungkut Surabaya Ditinjau dari Kadar Air dan Free fatty acid (FFA), Jurnal IPTEK, 22(2), pp. 59-66.

Garcia, R., Figueiredo, F., Brandão, M., Hegg, M., Castanheira, E., Malça, J., Nilsson, A., Freire, F. 2020. *LCA For Energy System And Food Product A Metaanalysis Of The Life Cycle Greenhouse Gas Balances Of Microalgae Biodiesel.* Int. J. Life Cycle Assess. 25, 1737–1748.

Ghadge, S.V and Raheman, H. 2005. *Biodiesel Production from Mahua (Madhuca indica) Oil Having High Free Fatty Acids.* Biomass and Bioenergy, 28 (6), 601-605.

Kumar, A, Kumar Tiwari, A, Raheman, H. 2007. *Biodiesel Production from Jatropha Oil (Jatropha curcas) with High Free fatty Acids: An Optimized Process.* Biomass and bioenergy, 31(8), 569-575.

Kombe, G.G., Temu, A.K., Rajabu, H.M., Mrema, G.D. 2011. *High Free Fatty Acid (FFA) Feedstock Pre-Treatment Method for Biodiesel Production,* Second International Conference on Advance in Engineering and Technology, pp. 176-182.

Kombe, G.G, Abraham, K.T, Hassan, M.R, Godwill, D.M, Jibrail, K, Keat, T.L. 2013. *Pre-Treatment of High Free Fatty Acids Oils by Chemical Re-Esterification for Biodiesel Production—A Review.* Advances in Chemical Engineering and Science, 3 (4).

Leung, D.Y.C, Wu, X, Leung, M.K.H. 2010. *A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification.* Applied Energy, 87 (1), 1083- 1095.

Mardiana, dan Santoso, T. 2020. *Purifikasi Minyak Goreng Bekas dengan Proses Absorbsi Menggunakan Arang Kulit*

Kacang Tanah (Arachis Hypogea L.).
Media Eksakta. 16(1). pp.49-56.

Marlina, L. & Ramdan, I. (2019) 'Identifikasi Kadar Asam Lemak Bebas Pada Berbagai Jenis Minyak Goreng Nabati', Jurnal Tedc, 11(1), Pp. 53–59.

Mekonnen, K.D and Sendekie, Z.B. 2021. *NaOH-Catalyzed Methanolysis Optimazion of Biodisel Synthesis from Desert Date Seed Kernel Oil.* ACS Omega, 6 (37); 24082–24091.

Okoye, P.U., Longoria, A., Sebastian, P.J., Wang, S., Li, S., Hameed, B.H., 2020. A review on recent trends in reactor systems and azeotrope separation strategies for catalytic conversion of biodiesel-derived glycerol. *Sci. Total Environ.* 719, 134595.

Pasha, M.A and Nizam, A. 2010. *Zinc Chloride–Catalyzed Expeditious Route to Nitriles.* *Synth Commun*, 40 (9): 1276–1279,

Raba, Angela, Jose Jose, and Barba Ortega. 2016. *Synthesis Of Calcium Oxide By Means Of Two Different Chemical Synthesis Of Calcium Oxide By Means Of*, no. December.

Sharma, Swati, Varun Saxena, Anupriya Baranwal, Pranjali Chandra, and Lalit Mohan Pandey. 2018. *Engineered Nanoporous Materials Mediated Heterogeneous Catalysts and Their Implications in Biodiesel Production.* *Materials Science for Energy Technologies* 1 (1): 11–21.

Sheng, M, Tian, D.L, Cao, G.M. 2008. *Production of Biodiesel Fuel from Wast Edible Oil.* China Academic Journals, 26.

Tayari, S., Abedi, R., Rahi, A., 2020. *Comparative assessment of engine performance and emissions fueled with three different biodiesel generations.* *Renew. Energy* 147, 1058–1069.

Van Gerpen, J. Shanks, B, Pruszko, R, Clements, D, Knothe, G. 2004. *Biodiesel Production Technology.* Department of Energy, Washington DC.