

KONVERSI MINYAK BIJI KAPUK MENJADI BIODIESEL MENGUNAKAN KATALIS CaO/HTC

Yustia Wulandari Mirzayanti

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jurusan Teknik Kimia
yustia.wulandari_che@itats.ac.id

Kartika Udyani

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jurusan Teknik Kimia

Rizky Cahyaningsih

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jurusan Teknik Kimia

M. Puguh Tri Darmawan

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jurusan Teknik Kimia

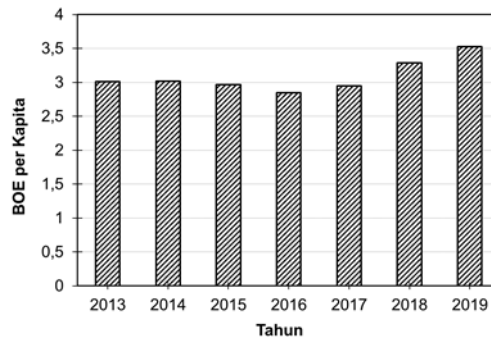
This research focuses on producing biodiesel through the transesterification process of Ceiba pentandra triglyceride acid using a CaO/Hydrotalcite (CaO/HTC) catalyst. This study aimed to determine the effect of adding catalyst mass, the mole ratio of oil: methanol to biodiesel yield, and knowing the FAME content of biodiesel yield and the highest impact of adding catalyst mass and the ratio kapok seed oil to FFA conversion results. Kapok seed oil was transesterified for 2 hours at a temperature of 65°C. The molar ratio of oil and methanol used is 1:5, 1:10, 1:15, 1:20, and 1:25 (%wt). The catalyst used is CaO/HTC, with 3.0977 grams of CaO and 30.9023 grams of hydrotalcite. The best results for biodiesel yield at the ratio of the oil: methanol molar ratio of 1:15 with a catalyst mass of 1.5% wt, which is 66%, while the best % conversion of FFA is in the ratio of oil: methanol molar ratio of 1:25 with a catalyst mass of 1.5%wt which is 90.674%. FAME content of the yield The highest biodiesel contains C₁₅-C₂₆ carbon chains and is dominated by Linoleic Acid Methyl Ester compounds.

Keywords: Biodiesel, Ceiba Pentandra, Triglyceride Fatty Acid, CaO/Hydrotalcite, Transesterification.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan ekonomi masyarakat, pembangunan dan perluasan daerah yang terjadi tiap tahun menyebabkan peningkatan kebutuhan energi di seluruh sendi kehidupan. Hasil kajian departemen teknologi energi dan sumber daya mineral menunjukkan terjadinya peningkatan penggunaan energi per kapita. **Gambar 1** menunjukkan terjadinya peningkatan konsumsi energi per kapita dari tahun 2017 dengan 2,95 boe (*barrel oil equivalent*) per kapita menjadi 3,53 boe per kapita di tahun 2019. Oleh sebab itu, pemerintah melakukan upaya dalam mencari solusi untuk mengurangi konsumsi minyak bumi dengan cara menghilangkan program subsidi BBM pada tahun 2015 [1]. Indonesia merupakan salah satu negara dengan pertumbuhan konsumsi energi cukup tinggi di dunia, yaitu sekitar 7% per tahun. Konsumsi energi tersebut terbagi untuk sektor industri (50%), transportasi (34%), rumah tangga (12%) dan komersial (4%). Konsumsi energi yang tinggi itu semuanya hampir 95% dipenuhi oleh bahan bakar fosil [2]. Salah satu cara alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yaitu dengan konversi energi. Salah satunya adalah dengan penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar minyak [3-7].

Biodiesel merupakan bahan bakar diesel terbarukan pengganti solar. Biodiesel terkenal dengan sifatnya yang *biogradable* atau proses terurainya unsur organik dengan bantuan mikroba sehingga ramah lingkungan. Biodiesel diproses dari bahan baku yang bersumber dari minyak nabati dan hewani. Biodiesel dari minyak nabati non pangan merupakan biodiesel generasi kedua. Minyak nabati non pangan menggeser minyak pangan yang merupakan biodiesel generasi pertama, dikarenakan adanya persaingan dengan kebutuhan pangan dan harga minyak nabati non pangan yang lebih ekonomis. Minyak biji kapuk tergolong minyak non pangan sehingga tidak mengganggu ekonomi pasar bahan pangan. Selain itu minyak biji kapuk memiliki kadar asam *oleat* dan *linoleat* yang tinggi sehingga memiliki potensi untuk dijadikan bahan baku biodiesel. Di Indonesia ketersediaan bahan baku biji kapuk sangat melimpah. Penyebaran tanaman kapuk di Asia meliputi wilayah India, Thailand, Filipina, serta Indonesia [5]. Tanaman kapuk di Indonesia dikembangkan oleh rakyat, perkebunan swasta dan perkebunan pemerintah. Total wilayah perkebunan tanaman kapuk pada tahun 2015 mencapai 7.630 hektar dan produksi serat sebanyak 1.712 ton [9].



Gambar 1. Intensitas konsumsi energi per kapita [1]

Pembuatan biodiesel terdapat beberapa metode, salah satunya adalah metode esterifikasi [8] dan transesterifikasi. Metode esterifikasi merupakan reaksi yang terjadi karena adanya perubahan asam karboksilat dan alkohol menjadi ester dengan menggunakan katalis asam. Alkohol yang digunakan sebagai pereaksi untuk minyak nabati adalah methanol. Kandungan alkohol harus diperhatikan karena akan mempengaruhi hasil metil esternya. Proses Esterifikasi juga bertujuan untuk mengurangi kadar *Free Fatty Acid* (FFA) dengan mengkonversinya menjadi metil ester. Proses selanjutnya adalah menggunakan proses transesterifikasi. Proses Transesterifikasi adalah proses transformasi trigliserida menjadi ester dengan bantuan katalis menjadi metil ester. Sebelum dilakukan reaksi esterifikasi dan transesterifikasi perlu dilakukan *pretreatment* yaitu proses *degumming* pada minyak biji kapuk untuk menghilangkan getah untuk menghindari terjadinya reaksi penyabunan [7,8].

Peran katalis pada proses transesterifikasi adalah membantu terjadinya reaksi konversi trigliserida menjadi metil ester. Katalis terbagi menjadi dua yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen merupakan katalis yang berada pada fase yang sama dengan reaktannya. Contoh katalis homogen yaitu katalis asam, katalis organologam, dan katalis enzim. Katalis ini digunakan karena ketersediaannya yang luas, biaya yang rendah, dan dapat dengan baik mengkatalitik proses transesterifikasi [10]. Katalis homogen lebih efektif pada minyak yang memiliki kandungan FFA rendah, karena dapat memicu timbulnya reaksi penyabunan jika direaksikan dengan minyak yang memiliki kandungan FFA tinggi [11]. Katalis homogen memiliki kelemahan yaitu, biaya yang tinggi dalam proses produksi biodiesel, kesulitan dalam proses pemisahan katalis dengan produk, *recovery* katalis yang cukup sulit, dan bersifat korosif sehingga dapat mencemari lingkungan [12]. Katalis heterogen merupakan alternatif yang baik untuk menggantikan katalis homogen. Katalis heterogen merupakan katalis yang berada difase yang berbeda dengan reaktannya. Kelebihan katalis heterogen yaitu mudah dalam proses pemisahan produk dengan katalis, non korosif dan dapat digunakan kembali, namun katalis heterogen biasanya menghasilkan *yield* yang lebih rendah.

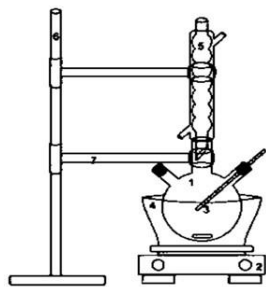
Salah satu jenis katalis CaO dan *hydrotalcite* merupakan katalis heterogen. CaO adalah katalis heterogen dasar yang paling berkembang, namun penggunaan CaO sebagai katalis memiliki kerugian, yaitu ion oksigen (O^{2-}) pada permukaan mudah membentuk ikatan hidrogen dengan metanol atau gliserol. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah CaO perlu didukung oleh logam aktif [13-15]. Sedangkan senyawa *hydrotalcite* adalah lapisan hidroksida ganda yang termasuk dalam kelas lempung bermuatan positif pada lapisannya. Senyawa *hydrotalcite* memiliki kelebihan muatan positif, maka dapat diseimbangkan dengan penempatan anion pada lapisan yang tidak diisi oleh atom logam. *Hydrotalcite* dapat meningkatkan laju reaksi transesterifikasi minyak nabati lebih cepat dibanding dengan katalis heterogen lainnya [16]. Katalis CaO dari $Ca(NO_3)_2$ disintesis dengan cara impregnasi dengan serbuk besi, dikalsinasi pada temperatur 850°C selama 2 jam [17]. Rasio mol minyak dengan metanol yaitu 1:6, 1:8 dan 1:10 dengan temperatur proses 50, 60, dan 70°C selama 2 jam menghasilkan *yield* 23,19 sampai 52,34%. *Yield* terbesar dihasilkan pada kondisi proses temperatur 70°C dengan perbandingan mol minyak dan metanol 1:10 [17]. Pada penelitian lain, kandungan $CaCO_3$ pada cangkang kerang dara digunakan untuk pembuatan katalis CaO melalui proses kalsinasi pada suhu 800°C selama 10 jam pada kondisi operasi pada temperatur 65°C selama 3 jam dengan variasi berat katalis (1, 2 dan 3 gram) dan rasio mol minyak dengan metanol 1:6, 1:12, 1:18, 1:24 dan 1:30, dihasilkan *yield* biodiesel optimum sebesar 67,41% dengan penambahan katalis sebesar dua gram dan rasio mol 1:24 [18]. Sedangkan pada proses pembuatan katalis CaO melalui proses kalsinasi $CaCO_3$, pada penelitian lainnya, yaitu melakukan kalsinasi pada temperatur 600°C masih menyisakan CO_2 , karena CO_2 dapat dilepaskan pada temperatur 700 – 800°C sehingga dilakukan proses kalsinasi pada temperatur 1000°C selama 2 jam, lalu perbandingan antara metanol dan minyak adalah 9:1 dengan temperatur reaksi 65°C selama 3 jam diperoleh biodiesel di atas 95% [19]. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya bahwa

penggunaan katalis CaO *single* masih menghasilkan *yield* yang rendah, oleh sebab itu pada penelitian ini berfokus untuk menggabungkan katalis CaO dengan *hydrotalcite* (CaO/HTC). Katalis CaO/HTC tersebut akan diaplikasikan dalam proses konversi minyak biji kapuk randu untuk memproduksi biodiesel. maka dalam penelitian ini akan menggunakan katalis CaO/HTC berdasarkan variasi penambahan massa katalis terhadap massa minyak biji kapuk dengan parameter *yield* dan konversi FFA yang dihasilkan pada produk.

2. METODE

2.1 Bahan dan Rangkaian Peralatan

Minyak biji kapuk randu merupakan bahan baku minyak nabati yang digunakan dalam penelitian ini untuk dikomversi menjadi biodiesel. Minyak biji kapuk randu diperoleh dari pabrik pengepresan biji kapuk randu di daerah Pandaan, Jawa Timur. Solvent yang digunakan adalah metanol 92% (*Commercial Grade*). Bahan baku katalis CaO berasal dari kalsium karbonat (CaCO₃) *Pro Analysis Grade* (p.a.) 98% Merck; *Hydrotalcite* (CH₁₆A₁₂Mg₆O₁₉.4H₂O) p.a. 98% Merck; asam fosfat (H₃PO₄); dan Asam sulfat (H₂SO₄). Alat yang digunakan adalah seperangkat alat transesterifikasi sistem batch. Rangkaian peralatan transesterifikasi seperti pada **Gambar 2**.



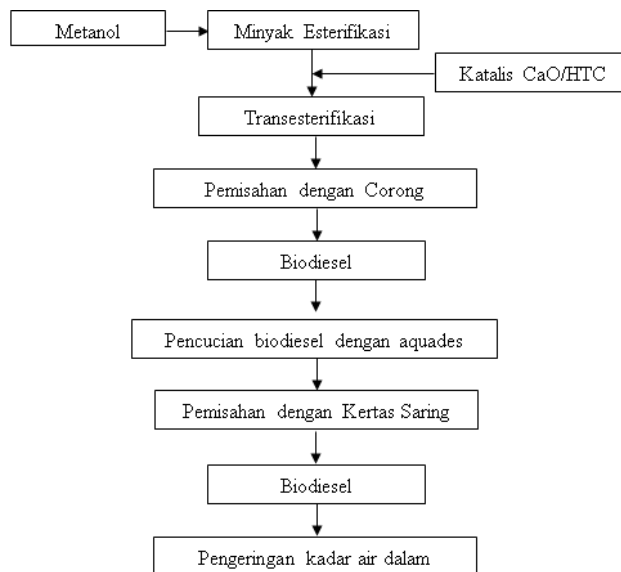
Keterangan :

1. Labu leher tiga
2. Magnetic Stirrer + pemanas
3. Thermometer
4. Waterbath
5. Kondensor refluk
6. Statif
7. Klem

Gambar 2. Rangkaian peralatan transesterifikasi pada reaktor batch

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 4 tahap, yaitu Tahap pertama adalah preparasi katalis CaO/*Hydrotalcite* (CaO/HTC). Tahap kedua adalah proses degumming minyak biji kapuk randu. Tahap ketiga adalah proses esterifikasi minyak biji kapuk. Tahap ke empat adalah proses konversi minyak biji kapuk randu menjadi biodiesel menggunakan katalis CaO/HTC. Tahap keempat merupakan aplikasi dari performa katalis dalam proses transesterifikasi untuk mengkonversi minyak biji kapuk randu menjadi biodiesel. Berikut ini adalah diagram alir prosedur proses transesterifikasi (**Gambar 3**).



Gambar 3. Diagram alir prosedur transesterifikasi

2.2.1. Preparasi Katalis

Preparasi katalis CaO/HTC menggunakan metode *incipient wetness impregnation* (IWI). Metode *incipient wetness impregnation* (IWI) merupakan impregnasi kapiler atau impregnasi kering. Metode tersebut menggunakan teknik yang umum digunakan untuk sintesis katalis heterogeny, dimana prekursor logam aktif dilarutkan dalam larutan berair atau organik. Kemudian larutan yang mengandung logam ditambahkan ke pendukung katalis yang mengandung volume pori yang sama dengan volume larutan yang ditambahkan. Preparasi katalis CaO/HTC menggunakan CaCO₃. Preparasi tersebut dengan cara melarutkan sejumlah CaCO₃ dengan *aquadest*. Sebelum digunakan, CaCO₃ dioven pada temperatur 100°C selama 12 jam. Selanjutnya, CaCO₃ dilarutkan dalam aquades, kemudian di impregnasikan ke dalam *hydrotalcite* secara perlahan dengan cara di *spray*. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengadukan selama 30 menit kemudian di diamkan selama 60 menit. Selanjutnya, proses pengeringan sampel katalis dalam oven pada temperatur 105°C selama 12 jam. Kemudian sampel tersebut di kalsinasi pada temperatur 850°C selama 2 jam. Karakterisasi katalis CaO/HTC menggunakan analisa *Brunauer Emmet Teller* (BET).

2.2.2. Proses *Degumming* Minyak Biji Kapuk Randu

Proses *degumming* minyak biji kapuk randu diawali dengan memanaskan minyak biji kapuk randu pada temperatur 70°C. Selanjutnya, larutan H₃PO₄ sebanyak 0,1% volume dari volume minyak biji kapuk randu. Proses *degumming* ini dilakukan selama 30 menit.

2.2.3. Proses Esterifikasi Minyak Biji Kapuk Randu

Proses esterifikasi dilakukan dengan cara mencampurkan minyak biji kapuk randu dan metanol dengan perbandingan rasio molar 1:5; 1:10; 1:20; dan 1:25. Proses reaksi esterifikasi minyak biji kapuk randu dilakukan dengan menambahkan katalis H₂SO₄ sebanyak 1% dari massa minyak. Reaksi tersebut dilakukan pada temperatur 65°C. Reaksi disertai dengan proses pengadukan selama 2 jam. Kemudian sampel didinginkan menggunakan labu leher tiga dan selanjutnya dipisahkan menggunakan corong pemisah. Proses pemisahan dilakukan bertujuan untuk memisahkan minyak dari metanol dan katalis. Selanjutnya, sampel tersebut dilakukan analisa kadar *Free Fatty Acid* (FFA). Sampel hasil proses esterifikasi selanjutnya disebut dengan sampel A.

2.2.4. Proses Konversi Minyak Biji Kapuk Randu menjadi Biodiesel

Sampel A merupakan sampel hasil proses esterifikasi sebanyak 100 ml ditambahkan metanol sesuai dengan perbandingan rasio molar (1:5; 1:10; 1:15; 1:20; dan 1:25), kemudian dimasukkan ke dalam reaktor sistem batch. Selanjutnya, di tambahkan katalis CaO/HTC dengan variasi *loading* terhadap massa minyak, yaitu 0,5; 1; dan 1,5% berat. Preparasi katalis CaO/HTC menggunakan metode *incipient wetness impregnation* (IWI) dengan *loading* CaCO₃ 5% berat terhadap *Hydrotalcite*. Campuran tersebut dipanaskan dan direaksikan dalam reaktor sistem batch pada temperatur 65°C selama 120 menit. Setelah 120 menit, campuran yang terdapat dalam reaktor sistem batch didinginkan dan dipisahkan menggunakan corong pemisah. Filtrat yang diperoleh dari proses pemisahan tersebut dimasukkan ke dalam botol kemudian ditambahkan *aquadest*. Selanjutnya, sampel tersebut dilakukan pengocokan dan didiamkan selama 24 jam untuk memisahkan biodiesel dengan gliserol. Pada proses pemisahan tersebut akan terbentuk lapisan bawah gliserol dan lapisan atas adalah metil ester. Biodiesel yang terbentuk di lapisan atas kemudian dilakukan pencucian dengan aquades. Selanjutnya setelah proses pencucian, sampel dilakukan pemisahan dengan menggunakan kertas saring. Biodiesel hasil proses pencucian kemudian dilakukan pemanasan pada temperatur 100°C di dalam oven untuk menguapkan sisa air proses pencucian. Kemudian biodiesel yang terbentuk dilakukan analisis melalui parameter *yield* dan FAME menggunakan metode *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS).

2.3 Analisa

Analisa kandungan asam lemak bebas FFA merupakan asam lemak yang dibebaskan pada saat proses hidrolisa dalam lemak. Jika kadar FFA tinggi maka dapat menyebabkan reaksi saponifikasi pada proses transesterifikasi. Prosedur uji kadar FFA mengacu pada metode *American Oil Chemist Society – AOCS official method*, CA 5a – 40, 1993. Prosedur pengujian FFA yaitu dengan menimbang sampel sebanyak 3 – 5 gr ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan dengan 50 ml etanol 96% pada temperatur 50°C. Kemudian sampel tersebut dinetralkan dengan menggunakan larutan KOH 0,1 N. Nilai asam lemak bebas dapat dihitung menggunakan **Persamaan (1)** [1].

$$\%FFA = \frac{V \times N \times BM \times 100\%}{M \times 1000} \quad (1)$$

Pada **Persamaan (1)**, nilai V merupakan volume yang dibutuhkan untuk penitran (ml), N adalah normalitas KOH, BM adalah berat molekul asam lemak, M adalah berat sampel (gram). Pada penelitian ini, *yield* biodiesel tertinggi dianalisa menggunakan metode *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GC – MS). Metode ini bertujuan untuk mengetahui komposisi metil ester biodiesel pada *yield* tertinggi. Perhitungan selanjutnya adalah konversi biodiesel. Konversi biodiesel diperoleh berdasarkan hasil %FFA yang dihasilkan. Konversi biodiesel dapat dihitung menggunakan **Persamaan (2)** [4].

$$\text{Konversi biodiesel} = \frac{\text{Kadar FFA awal} - \text{Kadar FFA akhir}}{\text{Kadar FFA awal}} \times 100\% \quad (2)$$

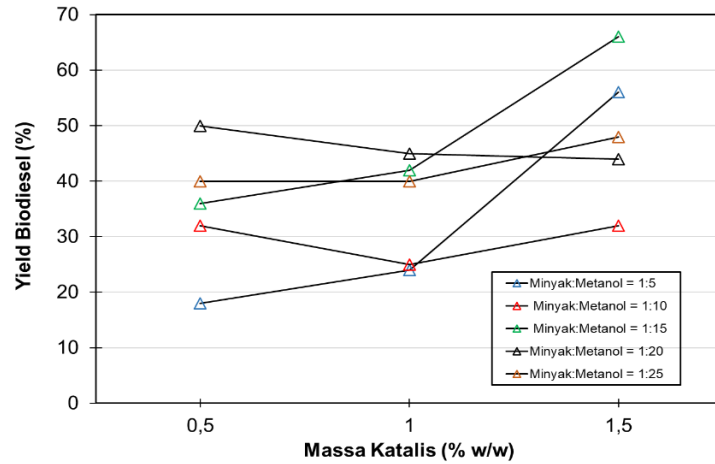
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berfokus pada kinerja katalis CaO/HTC yang diaplikasikan untuk proses konversi biodiesel berbahan baku minyak nabati biji kapuk randu menggunakan metode transesterifikasi. Kandungan asam lemak minyak biji kapuk randu didominasi oleh asam linoleat sebesar 78,85%, asam palmitat 21,12%, dan asam palargonik 0,03% [5][6]. Katalis yang digunakan adalah CaO/HTC yang memiliki karakteristik dengan parameter yaitu luas permukaan berdasarkan analisa menggunakan metode BET sebesar 134,216 m²/g. Berdasarkan uraian tahapan proses konversi minyak biji kapuk randu menjadi biodiesel, maka bahan baku minyak biji kapuk randu dilakukan proses degumming terlebih dahulu kemudian dilanjutkan proses esterifikasi. Pada proses tersebut bertujuan untuk mengurangi kadar *Free Fatty Acid* (FFA) sebelum dilakukan transesterifikasi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan proses esterifikasi terlebih dahulu. Berdasarkan proses hasil pengujian FFA setelah proses esterifikasi, terdeteksi kadar FFA sebelum dilakukan treatment adalah 7,72 % sedangkan setelah dilakukan proses esterifikasi menjadi 1,85%. Kadar FFA yang terlalu tinggi yaitu diatas 2% akan menyebabkan terjadinya proses penyabunan. Batas kadar FFA untuk perlakuan proses konversi minyak biji kapuk randu menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi adalah sebesar 2% [3].

3.1 Pengaruh Massa Katalis dan Rasio Molar Minyak : Metanol terhadap *Yield* Biodiesel

Gambar 4 merupakan grafik hubungan pengaruh massa katalis terhadap *yield* biodiesel berdasarkan rasio molar minyak:metanol. Berdasarkan **Gambar 4** menunjukkan bahwa pada rasio molar 1:5 didapatkan *yield* biodiesel yang semakin naik seiring dengan penambahan massa katalis. Pada rasio molar 1:10 pada katalis 0,5% w/w dihasilkan *yield* biodiesel lebih tinggi dibanding pada rasio molar 1:5 dengan jumlah katalis yang sama namun mengalami penurunan pada jumlah katalis 1% w/w dan mengalami kenaikan kembali pada penambahan katalis 1,5% w/w. Pada rasio molar 1:15 *yield* biodiesel yang dihasilkan lebih besar dibanding rasio molar sebelumnya dan pada tiap penambahan katalis terjadi kenaikan *yield* biodiesel. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nugraha, dkk (2016) pada pembuatan biodiesel dengan katalis CaO/*fly ash* pada rasio molar dan temperatur yang sama menemukan perbedaan *yield* biodiesel yang dihasilkan yaitu pada konsentrasi katalis 1% w/w *yield* biodiesel yang dihasilkan 16,12% sedangkan dengan konsentrasi katalis 7% w/w mendapatkan *yield* sebesar 61,72% [20]. Berdasarkan informasi hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin bertambahnya massa katalis maka akan meningkatkan hasil *yield* biodiesel yang diperoleh. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa semakin tinggi konsentrasi katalis CaO/*fly ash* maka akan meningkatkan konsentrasi CaO sehingga *yield* biodiesel yang dihasilkan semakin meningkat. Namun pada variabel rasio molar 1:20 mengalami penurunan *yield* biodiesel karena faktor suhu yang meningkat. Hal yang sama telah dihasilkan oleh peneliti lainnya yaitu membandingkan pengaruh temperatur reaksi terhadap *yield* biodiesel yang dihasilkan pada produk [13].

Berdasarkan penelitian tersebut, *yield* biodiesel tertinggi dihasilkan pada temperatur 60°C, karena temperatur transesterifikasi dibatasi oleh titik didih metanol maka. Jika temperatur reaksi melebihi temperatur didih metanol akan menyebabkan metanol menguap dan mempengaruhi *yield* yang dihasilkan. Pada saat temperatur reaksi mengalami peningkatan melebihi temperatur titik didih dari metanol, maka hasil produk biodiesel akan mengalami penurunan [21]. Hal ini disebabkan karena temperatur reaksi yang lebih tinggi akan mempercepat terjadinya reaksi saponifikasi pada trigliserida.



Gambar 4. Grafik hubungan pengaruh massa katalis (% w/w) terhadap *yield* biodiesel berdasarkan variasi rasio molar minyak:methanol

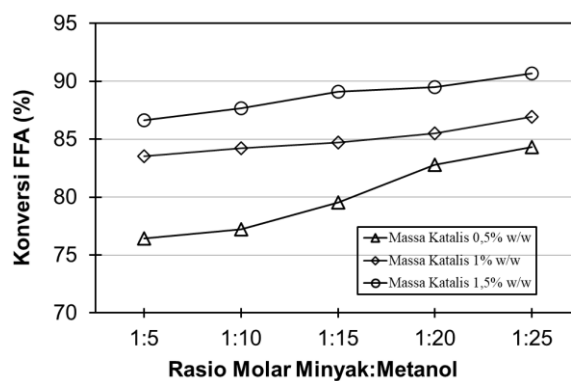
3.2 Pengaruh Massa Katalis dan Rasio Molar Minyak : Metanol terhadap Konversi *Free Fatty Acid* (FFA)

Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan pengaruh rasio molar minyak:metanol terhadap konversi FFA berdasarkan variasi penambahan massa katalis terhadap massa minyak. Berdasarkan **Gambar 5** dapat dilihat bahwa konversi FFA (%) terendah dihasilkan dari penambahan massa katalis 0,5%w/w dan rasio molar 1:5 yaitu sebesar 76,43% dan yang tertinggi terdeteksi pada penambahan massa katalis 1,5% w/w dan rasio molar 1:25 dengan nilai konversi FFA 90,67%. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak jumlah katalis dan metanol yang ditambahkan pada proses reaksi transesterifikasi maka kecepatan reaksi yang dihasilkan semakin meningkat sehingga konversi FFA yang dihasilkan semakin meningkat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rhofita (2015) terjadi peningkatan kadar FFA dari 1,5% menjadi 2,75%. Peningkatan kadar FFA tersebut disebabkan karena sebagian metanol yang digunakan sebagai reaktan berubah fasa menjadi gas. Adanya pengurangan metanol dalam fasa cair menjadi fasa uap dapat mengurangi reaksi antara asam lemak bebas dengan metanol [22]. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bila semakin banyak metanol yang ditambahkan, maka semakin meningkatkan kecepatan reaksi antara metanol dengan asam lemak bebas (FFA) sehingga terjadi penurunan kadar FFA dan peningkatan konversi FFA. Berikut ini adalah tabel pengaruh massa katalis dan rasio molar minyak:metanol terhadap konversi FFA (**Tabel 1**).

Tabel 1. Pengaruh massa katalis dan rasio molar minyak : metanol terhadap konversi FFA

No.	Massa Katalis (%w/w)	Rasio Molar Minyak : Metanol	%Konversi
1	0,5	1:5	76,5
2	0,5	1:10	77,2
3	0,5	1:15	79,5
4	0,5	1:20	82,8
5	0,5	1:25	84,3
6	1	1:5	83,5
7	1	1:10	84,2
8	1	1:15	84,7
9	1	1:20	85,5
10	1	1:25	86,9
11	1,5	1:5	86,6
12	1,5	1:10	87,7
13	1,5	1:15	89,2
14	1,5	1:20	89,5
15	1,5	1:25	90,7



Gambar 5. Grafik hubungan pengaruh rasio molar minyak:metanol terhadap konversi FFA (%) berdasarkan variasi penambahan massa katalis terhadap massa minyak

3.3 Hasil Analisa GC-MS dari Yield Biodiesel Tertinggi

Proses analisis produk selanjutnya adalah menggunakan metode *Gas Chromatography – Mass Spectrometry* (GC – MS) untuk mengetahui kandungan asam lemak yang terdapat dalam produk biodiesel. **Tabel 2** merupakan hasil analisa komposisi senyawa metil ester pada produk biodiesel dengan *yield* tertinggi sebesar 66% (rasio molar minyak:metanol = 1:15 dan massa katalis CaO/*Hydrotalcite* = 1,5%w/w terhadap massa minyak). Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa *yield* biodiesel memiliki kandungan senyawa asam lemak tertinggi yaitu senyawa metil ester asam linoleat pada *retention time* 11,112 menit dengan luas area sebesar 28,27%. Berdasarkan jumlah atom karbon (C), komposisi FAME biodiesel minyak biji kapuk termasuk hidrokarbon (HC) rantai panjang gasoil.

Tabel 2: Hasil analisa komposisi senyawa metil ester dari *yield* biodiesel tertinggi

NO.	RETENTION TIME	%AREA	SENYAWA	RUMUS MOLEKUL
1	9,991	26,12	<i>Oleat acid, Methyl ester</i>	C ₁₇ H ₃₄ O ₂
2	10,472	1,05	<i>Tridecylacetylene</i>	C ₁₅ H ₂₈
3	10,506	1,34	<i>Hexacosene</i>	C ₂₆ H ₅₂
4	11,112	32,27	<i>Linoleic Acid, Methyl Ester</i>	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
5	11,140	24,79	<i>Methyl Oleat, Methyl ester</i>	C ₁₉ H ₃₆ O ₂
6	11,289	4,62	<i>Methyl Isostearat, Methyl Ester</i>	C ₁₉ H ₃₈ O ₂
7	11,900	2,45	<i>Hexacosene</i>	C ₂₆ H ₅₂
8	12,049	0,64	<i>Hexacosene</i>	C ₂₆ H ₅₂
9	12,838	2,29	<i>Cetyl Ethylene</i>	C ₂₀ H ₄₂
10	12,883	4,43	<i>Cyclotetracosene</i>	C ₂₄ H ₄₈

Berdasarkan **Tabel 2**, komposisi senyawa metil ester pada *yield* biodiesel tertinggi didominasi senyawa *Linoleic Acid, Methyl Ester* dengan luas area sebesar 32,27% pada *retention time* 11,112 min. Total FAME yang diperoleh pada *yield* tertinggi sebesar 76,92%. Berdasarkan jumlah atom karbon (C), komposisi FAME biodiesel dari minyak biji kapuk randu termasuk ke dalam golongan parafin rantai panjang atau gasoil (C₁₅ – C₂₃). Hal ini sesuai dengan nomenklatur yang disampaikan oleh Baron, dkk yang menyatakan bahwa produk *biofuel* yang dihasilkan dapat diidentifikasi berdasarkan jumlah hidrokarbon (HC) yaitu: *light* (C₁-C₄), *naphtha* (C₅-C₉), *kerosene* (C₁₀-C₁₄), *gasoil* (C₁₅-C₂₃) dan *heavy residu* (>C₂₄) [23][24].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi, dapat disimpulkan bahwa seiring dengan adanya penambahan massa katalis dan rasio molar minyak:metanol akan mengakibatkan seiringnya peningkatan jumlah *yield* biodiesel. Berdasarkan variasi tersebut diperoleh *yield* tertinggi sebesar 66% pada massa katalis 1,5% w/w dan massa ratio minyak:metanol adalah 1:15. Total kandungan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) pada *yield* tertinggi adalah sebesar 87,61%. Kandungan senyawa metil ester terbanyak pada *yield* biodiesel tertinggi yaitu *Linoleic acid methyl ester* (C₁₈H₃₃O₂) dengan luas area sebesar 28,27% pada *retention time* 11,112 menit.

Variasi jumlah penambahan katalis dan metanol dapat mempengaruhi kecepatan reaksi. Hal tersebut akan mempercepat reaksi pembentukan produk. Namun, hal tersebut tidak akan menggeser arah kesetimbangan reaksi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL. *Handbook Of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. (2020). <https://www.esdm.go.id/id/publikasi/handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia>
- [2] SETIADJI, S., TANYELA, N., SUDIARTI, T., PRABOWO, E., WAHID, B., “Alternatif Pembuatan Biodiesel Melalui Transesterifikasi Minyak Castor (*Ricinus communis*) Menggunakan Katalis Campuran Cangkang Telur Ayam dan Kaolin”, *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 3(1), Mei 2017, pp. 1-10, 2017.
- [3] MIRZAYANTI, Y.W., DEVITASARI, dan ALISA, A., “Produksi Biodiesel Dari Dedak Padi Dengan Metode In-Situ Dua Tahap Menggunakan Katalis Asam Sulfat Dan CaO/Hydrotalcite”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, V. 11, N.3, pp. 375-382, 2020.
- [4] MIRZAYANTI, Y.W., UDYANI, K., PARIKESIT, A.M., dan UTAMY, V.D., “Konversi Palm Fatty Acid Distillate (Pfad) Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis p-TSA”, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV 2016*, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, ISBN: 978-602-98569-1-0, pp. B-213 – B-220, 2016.
- [5] MIRZAYANTI, Y.W., PRAJITNO, D.H., RESYADI, A., “Catalytic Hydrocracking of Kapuk Seed Oil (*Ceiba pentandra*) to Produce Biofuel Using Zn-Mo Supported HZSM-5 Catalyst”. 7th International Conference on Environment and Industrial Innovation (ICEII). Kuala Lumpur, Malaysia, 24 – 26 April 2017. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 67 (2017) 012023, 2017.
- [6] MIRZAYANTI, Y.W., KURNIAWANSYAH, F., PRAJITNO, D.H., ROESYADI, A., “Zn-Mo/HZSM-5 Catalyst for Gasoil Range Hydrocarbon Production by Catalytic Hydrocracking of *Ceiba pentandra* Oil”. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 13 (1), pp. 136-143, 2018.
- [7] NINGSIH E, MIRZAYANTI, Y.W., NIAM, A.C., FEBRIANITA, P., VANGESTI, W., “Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra*) Menggunakan Katalis Ca/Hydrotalcite”, *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, Vol. 4, Issue. 1, hal. 16 – 21.
DOI: <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1023>, 2018.
- [8] FREDERIC, N.P., “Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapok dengan Proses Esterifikasi Transesterifikasi”, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No. 2, pp. 262-266, 2013.
- [9] DIREKTORAT JENDERAL PERKEBUNAN. (2015). *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kapas tahun 2014-2016*. Jakarta.
- [10] RITONGA, M.Y., R. GIOVANI, M.R. “Pembuatan Metil Ester dari Minyak Kemiri Sunan dengan Keberadaan *Co-Solvent* Aseton dan Katalis Heterogen Natrium Silikat Terkalsinasi”, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 5, No. 3 (September 2016), p. 17-23, 2016.
- [11] KUMAR, P., SARMA, A.K., JHA, M.K., BANSAL, A., SRIVASATAVA, B. “Utilization of Renewable and Waste Materials for Biodiesel Production as Catalyst”, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 10 (3), p. 221-229, 2015.
- [12] ZULFADLI, R., HELWANI, Z., BAHRI, S. “Pembuatan Biodiesel dari Sawit *Off Grade* Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi sebagai Katalis pada Tahap Transesterifikasi”, *Jurnal Online Mahasiswa FTEKNIK* Vol. 2, No. 1, Februari 2015, Universitas Riau, 2015.
- [13] HIDAYATI, N., ARIYANTO, T.S., SEPTIAWAN, H. “Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel dengan Katalis Kalsium Oksida”. ISSN 2407-8476, *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, Vol.1, 2017.
- [14] HELWANI, Z., FATRA, W., SAPUTRA, E dan MAULANA, R. “Preparation of CaO/Fly ash as a Catalyst Inhibitor for Transesterification Process off Palm Oil in Biodiesel Production”. 3rd ICChESA 2017, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 334, 012077, 2018. doi:10.1088/1757-899X/334/1/012077, 2017.
- [15] HERALDY, E., NUGRAHANINGTYAS, K.D., HERIYANTO, H. “Kalsinasi Ca-Mg-Al *Hydrotalcite* dari *Brine Water* dan Karakterisasinya”. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, Vol. 13, No. 2, pp. 205-216, 2017. DOI : 10.20961/alchemy.v13i2.5606.

- [16] NINDIYASARI, F., ROTO DAN TAHIR, I. “Hidrotalsit Zn-Al-NO₃ Sebagai Penukar Anion dalam Pengolahan Polutan Anion Hexasianoferrat (II)”, ISSN 2407-8476, Jurnal Teknologi Bahan Alam Vol. 1 No. 1, p. 1-5, April 2017
- [17] RAHMAN, M., HELWANI, Z., SAPUTRA, E. “Transesterifikasi Minyak Sawit *Off-Grade* Menjadi Biodiesel Menggunakan Katalis CaO yang diImpregnasi dengan Limbah Serbuk Besi”. Fakultas Teknik, 2016, Universitas Riau
- [18] PERMATA, T.R., NURHAYATI dan LINGGAWATI, A. “Produksi Biodiesel dari CPO dengan Proses Esterifikasi dengan Katalis H₂SO₄ dan Transesterifikasi dengan Katalis CaO dari Cangkang Kerang Dara”, Bidang Kimia Fisika Jurusan Kimia, Universitas Riau Kampus Binawidya Pekanbaru, 2015.
- [19] SANTOSO, H., KRISTIANTO, I., SETYADI, A. “Pembuatan Biodiesel Menggunakan Katalis Basa Heterogen Berbahan Dasar Kulit Telur”. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Prahayangan, 2013.
- [20] NUGRAHA, P.Z., HELWANI, Z., SAPUTRA, E. “Penggunaan Katalis Fly Ash yang Diimpregnasi dengan CaO dari Ca(NO₃)₂ pada Tahap Transesterifikasi Minyak Sawit Off Grade Menjadi Biodiesel”. Jurnal Online Mahasiswa FTEKNIK Volume 3 No.1, 2016.
- [21] GUO,F dan Z,FANG. “Biodiesel Production with Solid Catalysts, Biodiesel – Feed Stocks and Processing Technologies”, Margareta Stoytcheva Ed, ISBN : 978-953-307-713-0, 2011.
- [22] RHOFITA, ERRY IKA. Penurunan Kadar *Free Fatty Acid* (FFA) pada Reaksi Esterifikasi dalam Proses Produksi Biodiesel: Kajian Waktu Reaksi dan Temperatur Reaksi. Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik – Sistem, Vol.11 No. 1, 2015.
- [23] FORGHANI, A.A., JAFARIAN, M., PENDLETON., P dan LEWIS, D.M. “Mathematical modelling of a hydrocracking reactor for triglyceride conversion to biofuel: model establishment and validation”. International Journal of Energy Research, 38:1624 – 1634, 2014.
- [24] HO, W.W.S., H.K. NG, S.GAN dan S.H. TAN. “Evaluation of Palm Oil Mill Fly Ash Supported Calcium Oxide as a Heterogenous Base Catalyst in Biodiesel Synthesis from Crude Palm Oil. Energy Conversion and Management”. 88: 1167-1178, 2014.