

# Jurnal Review : Perbandingan Penggunaan Katalis $K_2O$ dan $Li_2O$ pada Pembuatan Biodiesel Berbasis Minyak Rapeseed

Adiniar L. Melinda<sup>1</sup>, Erika D. Karisma<sup>2</sup>, Lia Kusnawati<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 17 Mei 2022  
Direvisi : -  
Disetujui : 16 Oktober 2022  
Terbit : 19 Oktober 2022

Email korespondensi:  
[adiniar18@gmail.com](mailto:adiniar18@gmail.com)

Laman daring:  
[https://doi.org/10.37525/  
sp/2022-01/350](https://doi.org/10.37525/sp/2022-01/350)

## ABSTRAK

Telah dilakukan studi penelitian yang bertujuan untuk membandingkan kondisi paling optimum penggunaan katalis  $K_2O$  dan  $Li_2O$  dalam pembuatan biodiesel berbasis minyak rapeseed. Penelitian yang dilakukan meliputi sintesis katalis, karakterisasi katalis, proses reaksi transesterifikasi dengan pelarut methanol dan juga pengujian potensi penggunaan kembali katalis. Beberapa parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah waktu reaksi, temperatur, rasio minyak dengan methanol, dan % berat katalis terhadap hasil yield biodiesel yang dihasilkan. Katalis  $Li_2O$  memiliki kondisi optimum penggunaan katalis pada suhu  $60^\circ C$ , rasio methanol:minyak 6:1, waktu 2 jam, dan konsentrasi (wt%) katalis 10% dengan hasil yield 98%. Sedangkan pada katalis  $K_2O$  memiliki kondisi optimum penggunaan katalis pada suhu  $50^\circ C$ , rasio methanol:minyak 15:1, waktu 3 jam, dan konsentrasi (wt%) katalis 4% dengan hasil yield 98,62%.

*Kata kunci: Biodiesel, Minyak Rapeseed, Reaksi Transesterifikasi, Katalis  $Li_2O$ , Katalis  $K_2O$*



## PENDAHULUAN

Konsumsi energi meningkat secara signifikan karena kemajuan pesat dalam standar hidup umat manusia. Saat ini, bahan bakar fosil memainkan peran utama dalam mobilitas, sektor industri, dan pertanian. Sementara itu, ketersediaan sumber daya minyak bumi sifatnya terbatas dan semakin hari semakin menipis (Hosseini, 2012). Selain itu, masalah yang berkaitan dengan lingkungan adalah konsekuensi paling penting dari konsumsi bahan bakar fosil yang terlampaui banyak. Isu keamanan energi dan lingkungan membuat negara dan peneliti mencari alternatif bahan bakar yang terbarukan dan ramah lingkungan. Alternatif yang paling menjanjikan dan layak secara ekonomi adalah penggunaan biofuel. Di antara berbagai alternatif bahan bakar, minyak nabati dan turunannya lebih banyak disukai oleh pelaku industri. Para peneliti dari seluruh dunia mulai mengusulkan berbagai metode untuk menggunakan minyak nabati dalam mesin pembakaran (Mallikappa, 2012) Beberapa metode untuk produksi dan aplikasi biodiesel adalah penggunaan langsung minyak nabati, mikroemulsi, perengkahan termal (pirolisis) dan transesterifikasi (Borges, 2012). Penggunaan langsung minyak nabati tidak berlaku untuk sebagian besar mesin diesel karena viskositas yang tinggi akan merusak mesin. Biodiesel yang diperoleh dari mikroemulsi dan metode perengkahan termal akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna karena angka setana yang rendah (Juan, 2011). Transesterifikasi adalah metode yang paling umum untuk produksi biodiesel karena keterbaruan, angka setana tinggi, emisi lebih rendah, dan efisiensi pembakaran yang lebih dibandingkan metode produksi biodiesel lainnya (Leung, 2010).

Pada produksi biodiesel dengan metode transesterifikasi antara minyak nabati atau lemak hewani dengan metanol dapat diberi tambahan basa homogen atau katalis asam untuk mempercepat proses reaksi. Katalis basa yang banyak digunakan dalam pembuatan biodiesel adalah kalium hidroksida, natrium hidroksida, dan natrium alkoksida. Sedangkan katalis asam biasanya menggunakan asam sulfonat dan asam klorida (Vicente, 2004). Secara umum, aktivitas katalitik katalis basa dalam transesterifikasi lebih tinggi daripada katalis asam. Namun, penghilangan katalis basa dari sistem reaksi seringkali secara teknis sulit dilakukan karena pembentukan emulsi yang stabil serta saponifikasi sebagai akibat dari pendinginan berair. Untuk mengatasi kesulitan ini, berbagai macam katalis basa heterogen telah dikembangkan untuk tidak hanya secara efektif mengkatalisis transesterifikasi minyak nabati dengan metanol tetapi juga memberikan keuntungan bahwa mereka dapat dengan mudah dipisahkan dari campuran reaksi (Kim, 2004). Katalis dan bahan baku yang berbeda digunakan untuk mengatasi hambatan produksi biodiesel, bersama dengan kondisi reaksi seperti suhu, pemuatan katalis, dan rasio molar alkohol terhadap minyak (Borges, 2012). Pada penelitian ini akan dibahas mengenai perbandingan penggunaan katalis  $K_2O$  dan  $Li_2O$  dalam pembuatan biodiesel berbasis rapeseed oil.

## METODE PENELITIAN

### A. *Produksi Biodiesel menggunakan Katalis $Li_2O$*

Transesterifikasi minyak rapeseed dilakukan dalam reaktor labu alas bulat yang dilengkapi termometer, pengaduk magnet, dan kondensor. Metanol dan minyak rapeseed (rasio molar 6:1) dicampur dalam reaktor dengan beban katalis  $Li_2O$  5% berat (relatif terhadap massa minyak) pada 180 rpm, 60°C, dan tekanan atmosfer selama 2 jam. Setelah akhir reaksi, campuran dipindahkan ke dalam gelas ukur dan dibiarkan mengendap untuk pemisahan fase cair. Pada percobaan ini digunakan variasi konsentrasi katalis yang meliputi 2,5, 5, dan 10% dari berat katalis relatif terhadap massa minyak. Studi kinetika dilakukan pada reaksi transesterifikasi menggunakan katalis dengan yield biodiesel tertinggi. Pada percobaan ini diambil 1 mL sampel dengan pipet kaca Pasteur setiap 20 menit dari inti reaktor selama 2 jam waktu reaksi. Sampel dibiarkan mengendap dan diambil untuk analisis GC untuk menentukan konten FAME-nya. B.



## B. *Produksi Biodiesel menggunakan Katalis K<sub>2</sub>O*

Minyak rapeseed yang mengandung asam palmitat, asam stearat, asam oleat, asam linoleat, asam linolenat, asam arakidik dan asam erucidat dikeringkan sebelum digunakan untuk menghilangkan kelembapannya. Nilai asam dan nilai penyabunan minyak rapeseed masing-masing adalah 0,15 mg KOH/g dan 183,37 mg KOH/g, sedangkan berat molekul rata-ratanya adalah 918,57 g/mol yang dihitung dari nilai asam dan nilai penyabunan. Sebuah labu berbentuk kerucut 100 mL diisi dengan 2 g minyak rapeseed dan metanol anhidrat dalam jumlah yang sesuai, katalis dan pelarut n-heksana ditempatkan ke dalam sistem pengocok yang dilengkapi dengan penangas air suhu konstan. Campuran reaksi kemudian dikocok pada suhu yang diinginkan selama reaksi. Setelah reaksi transesterifikasi, katalis basa padat dikeluarkan dari campuran reaksi melalui filtrasi, gliserin dipisahkan menggunakan corong pisah dan residu metanol dan n-heksana dipisahkan dari fase cair melalui penguapan.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. *Hasil Transesterifikasi Katalis Li<sub>2</sub>O*

Tabel 4.1 Sifat permukaan dari katalis yang disintesis (Solis, 2016)

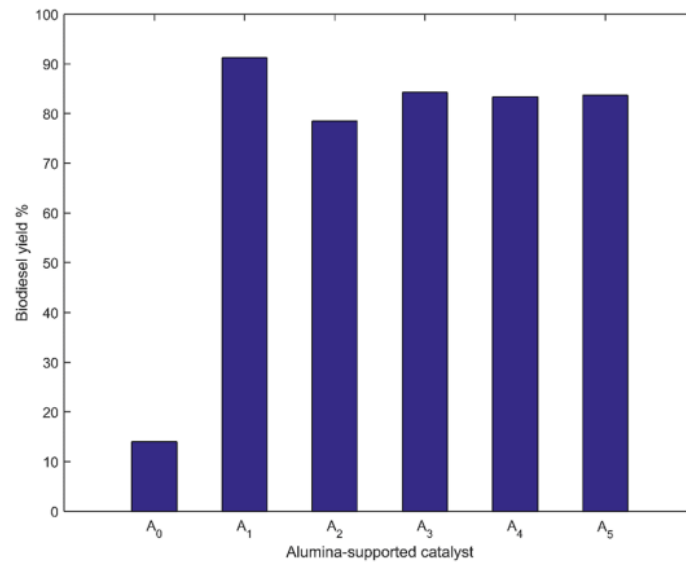
Tipe Katalis	Katalis Pendukung	Tambahan Katalis	BET m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	Jari-jari D <sup>b</sup> A	Jari-jari V <sup>c</sup> cm <sup>3</sup> g <sup>-1</sup>
A <sub>0</sub>	Alumina	-	102	181	0.464
A <sub>1</sub>	Alumina	5% Li <sub>2</sub> O	79.2	183	0.363
A <sub>2</sub>	Alumina	10% Li <sub>2</sub> O	68.4	176	0.300
A <sub>3</sub>	Alumina	5% MgO	86.9	175	0.381
A <sub>4</sub>	Alumina	30% MgO	77.3	165	0.320
A <sub>5</sub>	Alumina	30% MgO and lumps	76.0	178	0.340
M <sub>0</sub>	Mayenite	-	1.85	267	0.012
M <sub>1</sub>	Mayenite	5% Li <sub>2</sub> O	9.46	297	0.078
M <sub>2</sub>	Mayenite	10% Li <sub>2</sub> O	15.2	401	0.170
M <sub>3</sub>	Mayenite	5% MgO	7.61	181	0.038
M <sub>4</sub>	Mayenite	30% MgO	21.2	119	0.072

Impregnasi Li<sub>2</sub>O dan MgO menunjukkan peningkatan luas permukaan lebih dari sepuluh kali lipat pada tipe katalis terbaik (M<sub>4</sub>). Selain luas permukaan yang lebih besar, impregnasi Li<sub>2</sub>O meningkatkan diameter pori dan volume pori dari katalis turunan mayenite dibandingkan dengan mayenite biasa. Sifat menguntungkan tersebut meningkatkan aktivitas katalitik dalam dua hal. Pertama, volume pori yang besar memberikan lebih banyak ruang bagi molekul trigliserida besar untuk mencapai situs aktif dan melanjutkan ke adsorpsi (peningkatan pori difusi). Kedua adalah katalis memiliki lebih banyak area adsorpsi kompleks metoksi dan kompleks katalis trigliserida untuk bereaksi melalui mekanisme transesterifikasi. Sifat yang diinginkan tersebut terlihat dari hasil biodiesel yang lebih besar ketika reaksi dilakukan dengan katalis M<sub>2</sub>. Impregnasi MgO pada mayenite meningkatkan luas permukaan dan volume pori (M<sub>3</sub> dan M<sub>4</sub>) tetapi peningkatan diameter pori lebih kecil dibandingkan dengan impregnasi Li<sub>2</sub>O, yang dapat mengubah aksesibilitas ke situs aktif. Di sisi lain, sifat permukaan alumina, seperti luas permukaan dan volume porinya lebih besar dari mayenite. Luas permukaan yang tinggi sebesar 102 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> dan suhu kalsinasi 650°C menunjukkan bahwa alumina mungkin berada dalam fase gamma. Meskipun katalis yang didukung alumina menunjukkan pengurangan luas



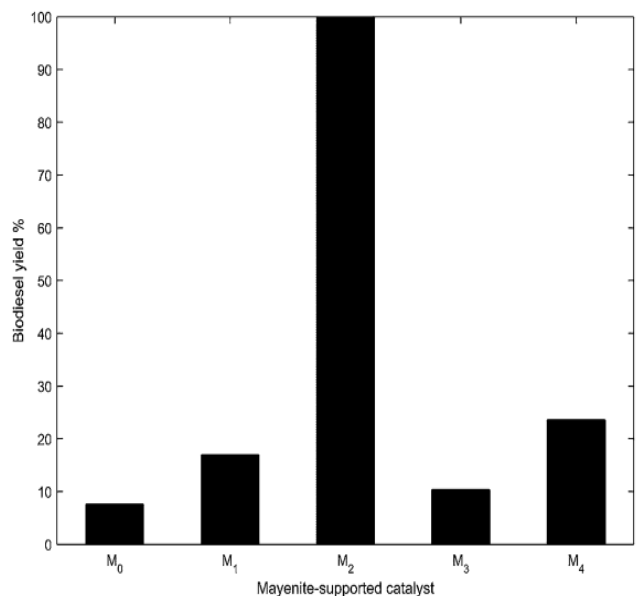
permukaan dibandingkan dengan alumina biasa, volume pori masih lebih besar daripada katalis yang didukung mayenite yang menawarkan lebih banyak ruang bagi reaktan untuk mengakses situs aktif.

Katalis yang disiapkan digunakan untuk uji produksi biodiesel, dimana pendukung tanpa impregnasi fase aktif digunakan sebagai sampel kontrol ( $M_0$  dan  $A_0$ ). Penilaian efek katalis per massa minyak pada hasil FAME dilakukan pada beberapa batch menggunakan setiap batch katalis yang berbeda. Alumina bersifat sedikit katalitik untuk transesterifikasi (Gambar 4.1) yakni mencapai 14% dari hasil biodiesel. Dalam kasus impregnasi litium oksida, peningkatan komposisi dari 5 menjadi 10% berat  $Li_2O$  pada penyangga alumina diikuti dengan penurunan hasil biodiesel 13% (secara relatif membandingkan hasil biodiesel  $A_1$  dan  $A_2$  pada Gambar 4.1). Keberadaan  $Li_2O$  dan  $Al_2O_3$  di permukaan katalis  $A_1$  memiliki aktivitas katalitik yang lebih tinggi daripada spesies  $LiAlO_2$  yang ditemukan di katalis  $A_2$ , seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1. Hal ini menunjukkan bahwa sifat dasar dari katalis  $A_1$   $Li_2O$  dan sifat asam dari interaksi  $Al_2O_3$  meningkatkan aktivitas katalis lebih dari pembentukan struktur stabil  $LiAlO_2$ , serta pengurangan luas permukaan dan volume pori yang tersedia, yang meningkatkan keterbatasan perpindahan massa menuju pembentukan transesterifikasi.



**Gambar 4.1** Hasil yield biodiesel menggunakan berbagai katalis yang didukung alumina (Solis, 2016)

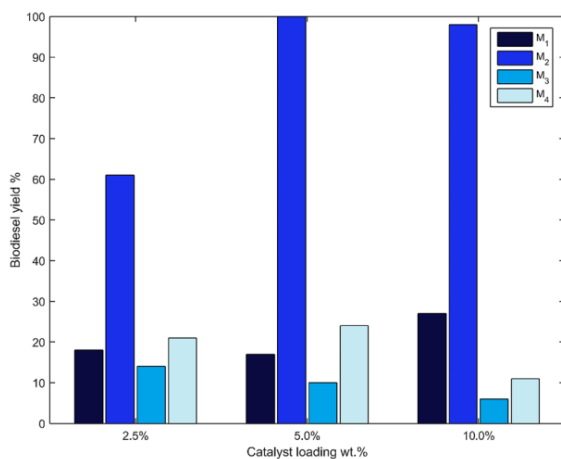
Katalis berbasis alumina sekitar 10% dari perbedaan hasil produksi biodiesel menunjukkan bahwa  $Li_2O$ -alumina ( $A_1$ ) adalah katalis berbasis alumina terbaik. Rasio impregnasi yang tinggi dari  $MgO$  atau  $Li_2O$  mempengaruhi aktivitas katalitik secara negatif, sementara rasio impregnasi yang rendah meningkatkan potensi katalitik yang lebih dari enam kali lipat dari apa yang dapat disediakan oleh alumina biasa dengan sendirinya.



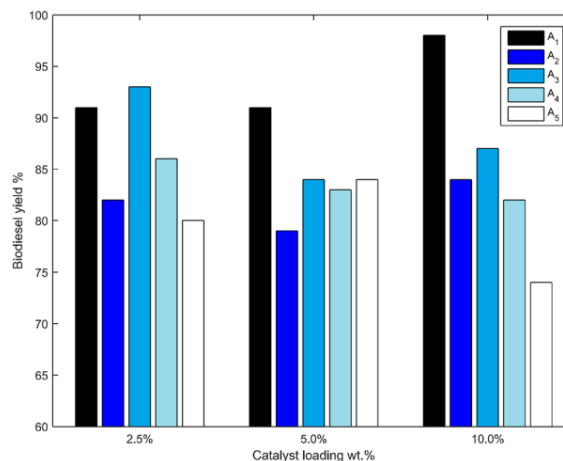
**Gambar 4.2** Hasil yield biodiesel menggunakan berbagai katalis yang didukung mayenit (Solis, 2016)

Studi dengan katalis yang didukung mayenite menunjukkan hasil yang lebih baik mencapai konversi maksimum dengan salah satu katalis (M<sub>2</sub>). Hasil untuk katalis Li<sub>2</sub>O-mayenit yang berbeda (M<sub>1</sub> dan M<sub>2</sub>) ditunjukkan pada Gambar 4.2, dimana dapat disimpulkan bahwa peningkatan aktivitas adalah eksponensial dengan meningkatnya jumlah Li<sub>2</sub>O dan dengan demikian sangat aktif mengkatalisis konversi trigliserida menjadi biodiesel.

Pengaruh penambahan katalis dievaluasi berdasarkan hasil yield biodiesel. Batch dengan jumlah katalis yang bervariasi dijalankan menggunakan kondisi reaksi yang sama. Hasil dari variasi ini disajikan pada Gambar 4.3 dan 4.4.



**Gambar 4.3** Penambahan katalis (M<sub>1</sub> - M<sub>4</sub>) untuk produksi biodiesel (Solis, 2016)



**Gambar 4.4** Penambahan katalis (A<sub>1</sub> - A<sub>5</sub>) untuk produksi biodiesel (Solis, 2016)



Katalis yang didukung mayenite digunakan dalam tiga beban katalis yang berbeda dalam kaitannya dengan massa minyak. Kecenderungan katalis yang diresapi litium (mayenit dengan impregnasi litium oksida 5 dan 10%,  $M_1$  dan  $M_2$ ) dalam tiga pemuatan katalis ke dalam reaktor (2,5, 5, dan 10 wt%) cukup berbeda (Gambar 4.4). Katalis pertama, yang memiliki impregnasi  $Li_2O$  ( $M_1$ ) yang lebih rendah, memiliki konversi yang hampir konstan untuk batch dengan 2,5 dan 5% berat katalis dimuat ke dalam reaktor. Pada penambahan jumlah katalis  $M_1$  hingga 10 wt% ke dalam reaktor, rendemen tidak mengalami peningkatan yang signifikan (27% biodiesel).

Hasil yang tampaknya konstan antara pemuatan katalis 2,5 dan 5% berat dapat dijelaskan oleh kurangnya situs yang lebih aktif, berada di batas bawah aktivitas katalitik. Reaksi transesterifikasi terjadi karena pengurangan energi aktivasi dari tiga reaksi reversibel berturut-turut. Telah ditentukan oleh penulis lain bahwa pengurangan energi aktivasi tersebut dapat dicapai dengan kondisi reaksi yang tinggi (suhu dan tekanan) serta oleh aktivitas katalis. Reaksi untuk menghasilkan digliserida dan monogliserida dari trigliserida dapat dicapai dengan kondisi yang disebutkan di atas, tetapi produksi gliserol akhir cenderung lebih lambat secara kinetik tanpa adanya katalis. Karena bahan katalitik relatif rendah, dalam reaksi dengan pembebanan 2,5 dan 5% berat ke dalam reaktor, hasilnya juga akan rendah. Fakta bahwa hasil reaksi sedikit meningkat dengan beban katalis tertinggi ( $M_1$  pada beban 10% berat ke dalam reaktor) menunjukkan bahwa lebih banyak bahan katalitik diperlukan untuk meningkatkan situs katalitik agar reaksi dapat berlangsung pada laju yang lebih tinggi.

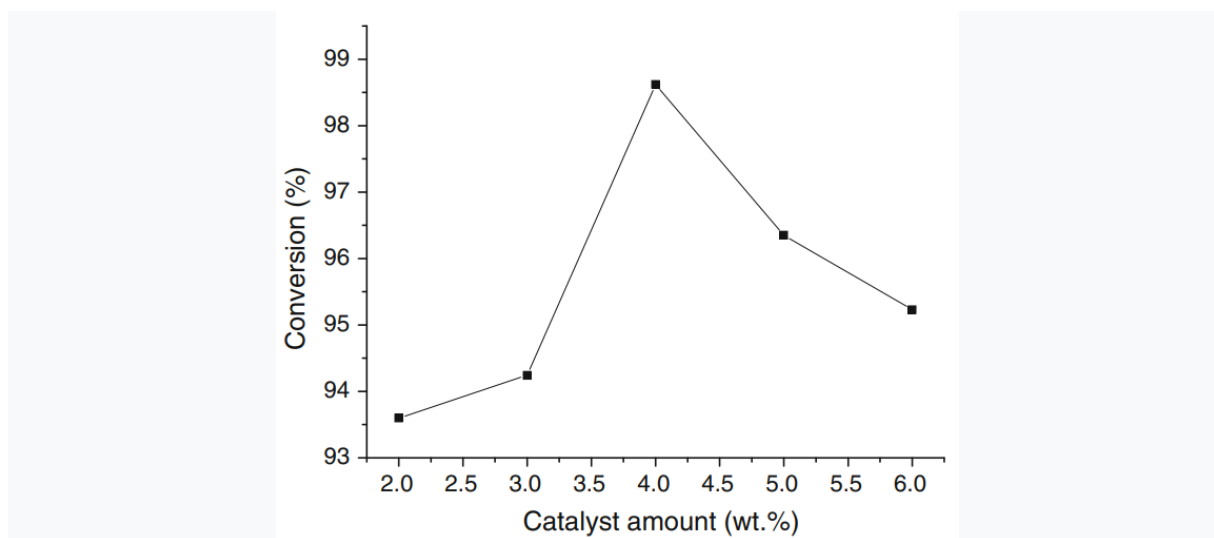
Hasil reaksi dengan katalis  $M_2$  (Gambar 4.3) meningkat antara dua beban yang lebih rendah (2,5 dan 5% berat) dan kemudian menurun dalam kasus terakhir (10% berat). Hasil pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa  $Li_2O$  adalah spesi yang sangat aktif pada mayenit. Peningkatan konsentrasi litium oksida pada mayenit (dari 5 hingga 10% berat impregnasi) dan katalis pendukung memiliki sifat permukaan yang lebih besar, menimbulkan keterbatasan perpindahan massa yang rendah dan konversi trigliserida yang tinggi. Sedikit penurunan hasil biodiesel ketika 10% berat katalis  $M_2$  dimasukkan ke dalam reaktor menunjukkan bahwa laju pengadukan yang stabil dijaga konstan pada 180 rpm untuk semua percobaan dapat mempengaruhi lingkungan reaksi yang mengurangi rezim turbulen di reaktor dan menyebabkan peningkatan pembatasan perpindahan massa.

Menganalisis hasil katalis yang didukung alumina, dapat dilihat bahwa untuk katalis  $A_1$  hasil terus meningkat dengan meningkatnya jumlah katalis (Gambar 4.4). Untuk impregnasi  $Li_2O$  ( $A_2$ ) yang lebih tinggi, hasil pertama turun dari batch pertama ke batch kedua dan akhirnya naik ke hasil yang lebih tinggi dari yang awal (dalam kisaran 2,5 hingga 10% berat beban katalis). Kecenderungan untuk  $A_1$  menunjukkan bahwa tidak ada batasan perpindahan massa dengan meningkatnya jumlah katalis dalam reaktor, pada saat yang sama menunjukkan bahwa antara 2,5 dan 5% berat beban katalis, hasil tidak meningkat secara signifikan, dan pada jumlah yang sangat tinggi. katalis (peningkatan katalis dari 2,5 menjadi 10 wt%) hasil biodiesel meningkat dari 91 menjadi 98% hasil biodiesel menunjukkan bahwa katalis  $A_1$  kekurangan situs yang lebih aktif untuk mencapai hasil biodiesel yang lebih tinggi. Kecenderungan dengan katalis  $A_2$  menunjukkan bahwa ada hambatan perpindahan massa pada jumlah katalis yang lebih rendah, tetapi ketika meningkatkan jumlah katalis menjadi 10% berat, jumlah katalis yang banyak membuat hasil naik karena situs katalitik yang lebih aktif terlibat dalam reaksi.

### **B. Hasil Transesterifikasi Katalis $K_2O$**

Pada Gambar 4.5, konversi minyak rapeseed diplot versus jumlah katalis dalam kisaran jumlah katalis 2-6% berat (relatif terhadap berat minyak rapeseed). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5 konversi minyak rapeseed menjadi metil ester meningkat dari 93,60 menjadi 98,62% karena jumlah katalis meningkat dari 2 menjadi 4 kali berat, kemudian menurun dengan peningkatan lebih lanjut dalam jumlah katalis, yang dapat dikaitkan terhadap kerusakan pencampuran karena jumlah katalis basa padat meningkat. Dalam penelitian ini, konversi

maksimal dicapai dengan menggunakan jumlah katalis 4% berat, campuran reaksi tetap jernih dan seperti cairan dan jumlah katalis dalam reaksi transesterifikasi berikutnya dalam pekerjaan ini semuanya selanjutnya ditetapkan pada 4% berat.



**Gambar 4.5** Pengaruh jumlah katalis pada konversi minyak rapeseed menjadi metil ester. Kondisi reaksi: suhu reaksi 323 K, rasio molar metanol/minyak 15:1, minyak rapeseed 2 g, jumlah n-heksana 98,85 wt.% (relatif terhadap minyak rapeseed), kecepatan pengocokan 150 rpm (Liu, 2010)

Pengaruh suhu kalsinasi pada aktivitas katalis diringkas dalam Tabel 4.2. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, suhu kalsinasi dapat secara signifikan mempengaruhi aktivitas katalitik. Secara khusus, konversi minyak rapeseed menjadi metil ester awalnya meningkat dengan suhu dan mencapai maksimum 98,62% pada suhu kalsinasi 823 K. Kemudian, konversi secara bertahap menurun dengan peningkatan lebih lanjut pada suhu kalsinasi. Konversi hampir dapat diabaikan pada suhu kalsinasi 1.023, 1.123 dan 1.223 K. Oleh karena itu, 823 K jelas merupakan suhu kalsinasi optimal untuk  $K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$

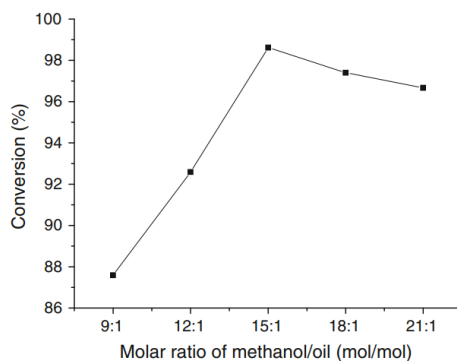
**Tabel 4.2** Pengaruh suhu kalsinasi pada konversi minyak rapeseed menjadi metil ester (Liu, 2010)

Katalis	Konversi (%)
$\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 823 K	0.00
$K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 623 K	52.70
$K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 723 K	80.09
$K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 823 K	98.62
$K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 923 K	64.05
$K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 1023 K	2.16
$K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 1123 K	1.30
$K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$ dikalsinasi pada 1223 K	0.76





Rasio stoikiometri metanol terhadap minyak rapeseed pada reaksi transesterifikasi adalah 3:1. Namun, karena transesterifikasi adalah reaksi reversibel, konversi minyak rapeseed dapat ditingkatkan hanya dengan memasukkan metanol dalam jumlah berlebih untuk menggeser kesetimbangan ke sisi produk. Pengaruh perubahan rasio molar metanol ke minyak rapeseed pada konversi minyak rapeseed dianalisa dalam rentang rasio molar 9:1 sampai 21:1.



**Gambar 4.6** Pengaruh rasio molar pada konversi minyak rapeseed ke metil ester. Kondisi reaksi: suhu reaksi 323 K, jumlah katalis 4 wt.% (relatif terhadap minyak rapeseed), waktu reaksi 3 jam, minyak lobak 2 g, jumlah n-heksana 98,85 wt.% (relatif terhadap minyak rapeseed), kecepatan pengocokan 150 rpm (Liu, 2010)

Secara khusus, konversi minyak rapeseed meningkat dari 87,59 menjadi 98,62% karena rasio molar metanol terhadap minyak rapeseed meningkat dari 9:1 menjadi 15:1. Namun, dengan peningkatan lebih lanjut dalam rasio molar, konversi minyak rapeseed mulai sedikit menurun. Konversi maksimum diperoleh pada rasio molar 15:1. Meskipun kelebihan metanol biasanya dipulihkan dan digunakan kembali dalam proses industri setelah pemurnian, jumlah metanol yang berlebihan masih dapat menyebabkan peningkatan biaya daur ulang. Oleh karena itu, pemilihan rasio molar yang optimal harus mempertimbangkan peningkatan biaya proses.

## KESIMPULAN

Litium diimpregnasi dengan alumina dan mayenit untuk digunakan sebagai katalis reaksi transesterifikasi minyak rapeseed. Komposisi katalis yang disiapkan masing-masing adalah 5 sampai 10% berat  $\text{Li}_2\text{O}$ , menghasilkan total sembilan katalis yang berbeda. Persiapan katalis menghasilkan bahan dengan sifat fisik yang menguntungkan dari luas permukaan, diameter pori, dan volume pori (katalis mesopori). Metode yang digunakan untuk membuat katalis berbasis mayenite pada penelitian ini mampu meningkatkan sifat permukaan ketika diimpregnasikan dengan  $\text{Li}_2\text{O}$ . Sebagai hasil dari percobaan tersebut, katalis yang didukung mayenite dengan 5% berat  $\text{Li}_2\text{O}$  ( $\text{M}_2$ ) yang diresapi menunjukkan aktivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan katalis lainnya. Katalis  $\text{M}_2$  menunjukkan peningkatan dari 60 hingga 100% dari hasil biodiesel, yang juga menunjukkan kinerja yang menguntungkan dibandingkan katalis yang didukung pada alumina (hanya mencapai 96% dari hasil biodiesel dalam kasus terbaik). Hasil yield paling optimum pada penggunaan katalis  $\text{Li}_2\text{O}$  didapat pada kondisi suhu reaksi 60°C, jumlah katalis 10 wt%, rasio methanol : minyak 6:1, waktu reaksi 2 jam dengan yield sebesar 98%.

Berdasarkan penelitian di atas, kondisi transesterifikasi yang optimal untuk minyak rapeseed dengan katalis  $\text{K}_2\text{CO}_3/\text{c-Al}_2\text{O}_3$  adalah: suhu reaksi 50°C, jumlah katalis 4 wt.%, rasio molar metanol terhadap minyak lobak 15:1, jumlah pelarut n-heksana adalah 98,85 wt.% dan waktu



reaksi 3 jam. Konversi minyak bisa setinggi 98,62% di bawah kondisi reaksi yang optimal. n-Heksana sebagai pelarut dapat meningkatkan kelarutan minyak rapeseed dengan metanol dan meningkatkan pencampuran reaktan serta meningkatkan konversi minyak rapeseed menjadi metil ester. Selain itu, titik didih n-heksana mendekati titik didih metanol. Oleh karena itu dapat disuling bersama dengan metanol. Konversi minyak rapeseed menurun dengan adanya air, menunjukkan bahwa air dapat menghambat aktivitas katalitik  $K_2CO_3/c-Al_2O_3$  yang dikalsinasi. Jadi reaktan harus dikeringkan sebelum reaksi. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengintensifkan stabilitas dan meningkatkan umur katalis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borges, M.E., Di'az, L. (2012). Recent developments on heterogeneous catalysts for biodiesel production by oil esterification and transesterification reactions: a review. *Renew. Sust. Energy Rev.* 16, 2839–2849
- Hosseini SE, Wahid MA. (2021). Necessity of biodiesel utilization as a source of renewable energy in Malaysia. *Renew Sustain Energy* ;16(8):5732-40
- Juan JC, Kartika DA, Wu TY, Hin TYY. (2011). Biodiesel production from jatropha oil by catalytic and non-catalytic approaches: an overview. *Bioresource Technology* 102:452–60.
- Kim H, Kang B, Kim M, Park YM, Kim D, Lee J, Lee K. (2004). Transesterification of vegetable oil to biodiesel using heterogeneous base catalyst. *Catal Today* 93–95:315–320
- Leung, D., Leung, M., Wu, X. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl. Energy* 87, 1083–1095
- Liu, Xianghua., Xiong, Xibgyao., et al. (2010). Preparation of Biodiesel by Transesterification of Rapeseed Oil with Methanol Using Solid Base Catalyst Calcined  $K_2CO_3/c-Al_2O_3$ . China. *J Am Oil Chem Soc*
- Mallikappa DN, Reddy RP, Murthy CSN. (2012). Performance and emission characteristics of double cylinder CI engine operated with cardanol bio fuel blends. *Renew Energy* 38(01):150-4
- Solis, Jerry., Berkemar, Albin., et al. (2016). Biodiesel from Rapeseed Oil (*Brassica Napus*) by Supported  $Li_2O$  and  $MgO$ . Bolivia. *Energy Environ Eng*
- Vicente G, Mart'nez M, Aracil J. (2004). Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems. *Bioresour Technol* 92:297–305

