

Submitted : 5 June 2024

Revised : 24 September 2024

Accepted : 4 November 2024

## PENGARUH SUHU DAN PERBANDINGAN PEREAKSI PADA SINTESIS TRIASETIN DARI GLISEROL DAN ASAM ASETAT

Soni Candra, Nuryoto\*, Widya Ernayati Kosimaningrum

Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, 42435, Indonesia

\*Email: [nuryoto@untirta.ac.id](mailto:nuryoto@untirta.ac.id)

### Abstrak

Cadangan energi fosil terus mengalami penurunan dan konsumsi terus mengalami peningkatan, sehingga menciptakan energi alternatif dapat menjadi pilihan untuk mengatasi kondisi tersebut. Salah satu energi alternatif yang sekarang masif dikembangkan adalah biodiesel. Sintesis biodiesel menghasilkan gliserol sebagai produk samping. Ketika produksi biodiesel mengalami peningkatan, akan diikuti dengan semakin meningkatnya gliserol. Pengolahan gliserol harus dilakukan untuk menghindari dampak negatif yang ditimbulkan, salah satunya dengan mengubahnya menjadi produk triasetin. Triasetin sendiri dapat dimanfaatkan sebagai bahan aroma makanan, pelarut pada parfum, *plasticizer* untuk resin, dan dapat juga digunakan sebagai zat aditif dalam bahan bakar cair sebagai *anti knocking* pada mesin. Tujuan dari kajian ini adalah melakukan review dan menganalisis dampak suhu reaksi dan perbandingan pereaksi pada sintesis triasetin berdasarkan referensi. Hasil kajian menunjukkan bahwa semakin meningkat perbandingan pereaksi dan suhu reaksi akan diikuti dengan kenaikan konversi produk triasetin.

**Kata Kunci:** Gliserol; Konversi; Perbandingan pereaksi; Suhu; Triasetin

### Abstract

*The depletion of fossil energy reserves, coupled with rising consumption, highlights the need for developing alternative energy sources as a potential solution to this challenge. One of the alternative energies that is currently being developed massively is biodiesel. Biodiesel synthesis produces glycerol as a by-product, so when biodiesel production increases, it will be followed by an increase in glycerol. Glycerol processing must be carried out to avoid the negative impacts caused, one of which is by converting it into triacetin. Triacetin can be used as a food aroma, a solvent in perfume, a plasticizer for resin, and an additive in liquid fuels as an anti-knock in engines. This study aimed to examine and analyze the effect of reaction temperature and reactant ratio on triacetin synthesis based on existing references. The results showed that the increasing reactant ratio and reaction temperature will be followed by converting reactants into triacetin.*

**Keywords:** Conversion; Glycerol; Reactant ratio; Temperature; Triacetin

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif setiap tahun mengalami peningkatan dan memiliki kontribusi yang cukup tinggi terhadap perekonomian nasional. Data Kementerian Perindustrian tahun 2020, nilai investasi sebesar Rp. 99,16 triliun disumbangkan oleh industri otomotif dengan total keseluruhan kapasitas produksi sebesar 2,35 juta unit/tahun. Seiring meningkatnya

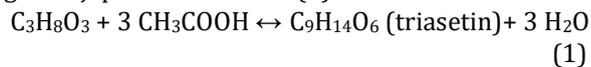
industri otomotif, akan diikuti dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor yang memerlukan bahan bakar sebagai penggerakannya. Sementara itu, persediaan bahan bakar minyak berbasis fosil semakin mengalami penurunan. Oleh karena itu diperlukan bahan bakar alternatif sebagai pengganti yang dapat diperbarui, seperti biodiesel. Biodiesel sendiri dapat dihasilkan dari minyak nyamplung, minyak jarak, *palm*

*fatty acid distillate* (PFAD), minyak sawit mentah (*crude palm oil*), minyak ikan, dan minyak kelapa (Shell Indonesia, 2023). Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pemerintah melalui Kementerian Energi dan sumber Daya Mineral (ESDM) mengeluarkan peraturan berupa Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 tahun 2015 yang menyatakan bahwa diwajibkan penggunaan biodiesel sebesar 30% dari total kebutuhan minyak solar pada tahun 2025 sebagai bauran energi. Kebijakan ini dilakukan sebagai langkah untuk keamanan energi pada masa yang akan datang.

Tindak lanjut dari peraturan kementerian ESDM tersebut, maka pemerintah telah membuat *road map* pengembangan penggunaan biodiesel ke dalam suatu *milestone* biodiesel dengan beberapa acuan sebagai pijakannya. Acuan awal, investasi dengan kapasitas tambahan 1,16 juta KL per tahun 2010 yaitu sebesar \$ 244 juta, dan menargetkan mendapat kapasitas tambahan sebesar 3 juta KL per tahun pada tahun 2015. Selanjutnya menjadi \$ 632 juta pada tahun 2016 dan target selanjutnya adalah kapasitas biodiesel sebesar 4,16 juta KL per tahunnya pada tahun 2025 (Blue Print Pengolahan Energi Nasional, 2010).

Pada saat produksi biodiesel mengalami peningkatan akibat kebijakan pemerintah tersebut, maka akan diikuti dengan semakin meningkatnya produksi gliserol yang merupakan produk samping dari produksi biodiesel. Oleh karena itu perlu dipikirkan teknologi alternatif guna mengolah gliserol menjadi produk turunannya untuk meningkatkan nilai ekonomisnya. Langkah yang dapat diambil salah satunya adalah dengan merubahnya menjadi triasetin. Triasetin sendiri memiliki banyak manfaat diantaranya sebagai pelarut pada parfum, bahan aroma makanan, digunakan sebagai zat aditif dalam bahan bakar cair sebagai *anti knocking* pada mesin, serta *plasticizer* untuk resin (Nuryoto et al., 2010).

Secara teoritis triasetin dapat dihasilkan dengan mereaksikan antara asam asetat dan gliserol seperti yang tersaji pada Persamaan (1).



Penelitian terkait triasetin telah banyak dilakukan oleh peneliti, diantaranya oleh Leonardo et al. (2010)

yang melakukan penelitian pada suhu 120°C dengan waktu reaksi 120 menit, dan variasi konsentrasi katalis. Hasil penelitian menunjukkan bawa katalis amberlyst-15 menghasilkan konversi sebesar 100 % dan selektivitas sebesar 24 %, dan katalis *niobium phosphate* menghasilkan konversi sebesar 100 % dan selektivitas sebesar 7 %, serta katalis K-10 menghasilkan konversi sebesar 100 % dan selektivitas sebesar 6%. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh Balaraju et al. (2010), penggunaan katalis *niobic acid* (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) serta *tungstophosphoric acid* (TPA). Konversi tertinggi dihasilkan sebesar 98% dengan selektivitas 98% yang diperoleh pada sistem reaksi yang menggunakan katalis TPA/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (25%) dengan massa katalis sebesar 200 mg, suhu reaksi 120°C, dan perbandingan reaksi sebesar 1:5 molar. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Jagadeeswarai et al. (2010) menghasilkan konversi tertinggi sebesar 93%, dengan selektivitas sebesar 17%, yang dicapai pada waktu reaksi selama 4 jam, suhu 120°C, dan massa katalis 0,2 gram TPA/Cs<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>. Hasil berbeda dilakukan oleh Nuryoto et al. (2022) yang menggunakan katalis zeolit alam Lampung termodifikasi menggunakan HCl 1N. Penelitian dilakukan pada perbandingan pereaksi 1:3 mol, tetapi hanya mampu menghasilkan konversi asam asetat sebesar 27%, dan selektivitas produk utama (triasetin) sebesar 2,03%, sedangkan sisanya 97,97% masih berbentuk monoasetin.

Pada dasarnya banyak faktor yang mempengaruhi agar konversi reaktan dan selektivitas dari reaksi kimia menjadi lebih tinggi, diantaranya adalah suhu reaksi, perbandingan reaktan, konsentrasi katalis, dan kecepatan pengadukan. Pada kajian dilakukan revidu dan analisis dampak suhu reaksi dan perbandingan pereaksi pada sintesis triasetin berdasarkan referensi. Harapannya kajian ini dapat memberikan informasi kepada peneliti lain yang ingin mengembangkan triasetin lebih lanjut terutama yang berkaitan dengan faktor suhu reaksi dan perbandingan pereaksi.

## 2. BAHAN KAJIAN

Kajian literatur ini difokuskan pada pengaruh suhu dan perbandingan pereaksi terhadap konversi reaktan

**Tabel 1.** Pengaruh suhu reaksi pada sintesis triasetin

No	Rentang suhu reaksi	Jenis katalis dan kondisi operasi	Jenis reaktor	Referensi
1.	90 dan 100°C	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , perbandingan 1:3	Batch	Mufrodi, Z dan Shinta, A. (2020)
2.	80-110°C	Katalis homogen dan heterogen perbandingan 1:3	Batch	Mufrodi,Z et al. (2020)
3.	60, 75, 90, 105, dan 120°C	Karbon perbandingan 1:6	Batch	Aprilia, A.C et al. (2020)
4.	90-110°C	Zeolit alam klinoptilolit perbandingan 1:3	Batch	Nuryoto et al. (2022)
5.	73,79; 95; dan 116,21°C	Pd-AC, perbandingan 1:7,5	Irradiasi <i>microwave</i>	Azmi, N et al. (2023)

**Tabel 2.** Pengaruh perbandingan reaktan pada sintesis triasetin

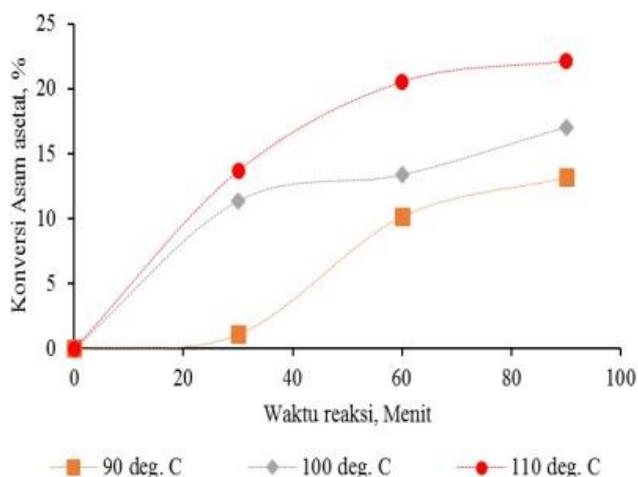
No	Rentang Perbandingan Perekasi	Jenis katalis dan kondisi operasi	Jenis reaktor	Referensi
1.	1:3, 1:6, 1:9 mol gliserol:asam asetat	Zeolit alam, suhu 100°C	Iradiasi <i>microwave</i>	Hamzah, D et al. (2019)
2.	1:6,6; 1:8,9; 1:11,5 mol gliserol:asam asetat	Silika, suhu 90°C	Batch	Yanti, N.R et al. (2019)
3.	1:4, 1:6, 1:8 mol gliserol : mol asam asetat	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , suhu 100°C	Ultrasonik	Raemas, A. F. A et al. (2021)
4.	1:3 – 1:9 mol gliserol : asam asetat	Resin penukar ion komersial Dowex Monospher E650C (DowChemi calCo), suhu 100°C	Batch	Reinoso, D.M & D.E, Boldrini. (2020)
5.	1:4, 1:8, 1:9, 1:12. 1:15 mol gliserol : mol asam asetat	<i>Yttrium oxide</i> , suhu 140°C	Batch	Uchenna, A.F et al. (2023)

yang dihasilkan. Kajian dilakukan pada rentang 5 tahun terakhir (2019-2024) dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

### 3. SINTESIS TRIASETIN

#### 3.1 Pengaruh Suhu

Pada dasarnya suhu reaksi berpengaruh pada pergerakan molekul-molekul zat pada suatu reaksi kimia, selain itu juga berpengaruh pada viskositas fluida yang terlibat sistem reaksi. Peningkatan suhu reaksi akan berdampak pada peningkatan tumbukan pada molekul zat yang bereaksi dengan meningkatkan intensitas tumbukan antar pereaksi (asam asetat dan etanol) (Nuryoto et al., 2021). Tabel 3 menunjukkan bahwa konversi reaktan mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya suhu reaksi. Hal ini disebabkan karena partikel molekular reaktan akan semakin aktif untuk bertumbukan, dan dampaknya terjadi peningkatan laju reaksi. Pada penelitian Satriadi (2015) dan Silaban et al. (2015) juga menghasilkan fenomena serupa. Penelitian dilakukan pada rentang suhu 80-120°C dan 90-110°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan konversi seiring dengan semakin tingginya suhu reaksi. Jika dikaitkan dengan persamaan Arrhenius, pada saat suhu dinaikan, maka akan diikuti dengan peningkatan konstanta kecepatan reaksi dan laju reaksi kimia. Peningkatan konstanta kecepatan reaksi tersebut berimbas pada konversi reaktan yang diperoleh, yaitu akan semakin besar (dapat dilihat pada Gambar 1). Pada penelitian Silaban et al. (2015), konversi tertinggi dihasilkan yaitu sebesar 85,304% yang diperoleh pada suhu 110°C. Hasil yang cenderung serupa juga dihasilkan pada penelitian Nuryoto et al. (2011). Nuryoto et al. (2011) melakukan pada rentang 60-100°C dengan katalis indion 225 Na (3% berat asetat). Nilai konversi tertinggi yang dihasilkan adalah 41,7% yang diperoleh pada suhu 100°C dan perbandingan pereaksi 7 gmol asam setat:gliserol.



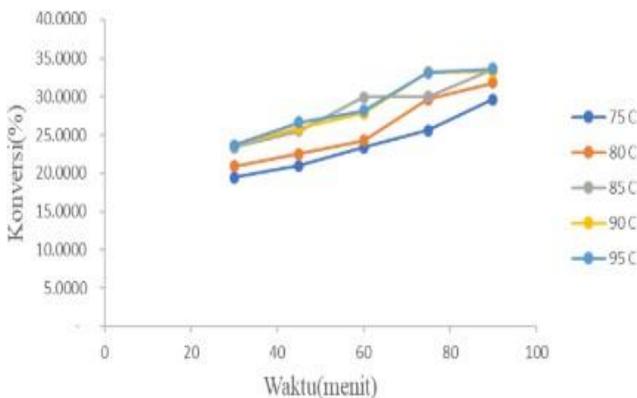
**Gambar 1.** Pengaruh suhu terhadap konversi asam asetat (Nuryoto et al., 2022)

Menurut Hidayati et al., (2021), interaksi antara reaktan dan katalis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu reaksi. Selain itu, peningkatan suhu mengurangi viskositas gliserol dan meningkatkan kelarutannya. Namun, peningkatan suhu lebih lanjut di atas 110°C menyebabkan penurunan selektivitas karena berkurangnya aksesibilitas asam asetat, yang menyebabkan asam asetat menguap (Kulkarni et al., 2020). Pada kondisi reaksi eksotermis dan kondisi operasi reaksi telah melebihi titik optimum suhunya, justru dapat menurunkan kesetimbangan, dan dapat berakibat konversi asam asetat mengalami penurunan (Fahri & Suprihastuti, 2016). Hasil pada Gambar 2 juga dapat menjadi informasi lebih lanjut jika suhu sangat berpengaruh pada reaksi kimia. Kasus pada penelitian Setyaningsih et al., (2018) dapat menjadi informasi tambahan bahwa ketika suhu operasi dilakukan pada suhu maksimum katalis yang digunakan yaitu Lewatit dengan suhu maksimal 120°C. Akibatnya terjadi penurunan aktivitas katalis. Walaupun memang banyak faktor yang menyebabkan penurunan katalis seperti terhambatnya difusi internal di dalam pori-pori katalis, keasaman dan karakteristik tekstur katalis,

**Tabel 3.** Nilai Konversi pada beberapa rentang Suhu

No	Jenis Katalis	Kondisi operasi	Nilai Konversi	Referensi
1.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Perbandingan pereaksi sebesar 1:3 mol gliserol:asam asetat pada suhu 90 dan 100°C	Konversi tertinggi 58% pada suhu 100°C dengan waktu reaksi 180 menit sedangkan untuk suhu 90°C sebesar 49%	Mufro di, Z dan Shinta, A. (2019)
2.	Katalis homogen dan heterogen	Perbandingan pereaksi 1:3 dengan rentang suhu 80- 110°C	Konversi gliserol tertinggi adalah 98,85% pada suhu 90°C menggunakan katalis Amberlyst-15 dan konversi terendah 84,56% pada suhu 80°C dengan menggunakan katalis <i>silica alumina</i>	Mufrodi, Z (2020)
3.	Karbon	Perbandingan pereaksi yang digunakan adalah 1:6 volume gliserol:asam asetat dengan suhu 60, 75, 90, 105, dan 120°C	Konversi gliserol tertinggi adalah 78,73% pada suhu 120oC dan terendah sebesar 36,55% pada suhu 60oC	Aprilia, A.C Et al. (2020)
4.	Zeolit alam Lampung	Perbandingan pereaksi sebesar 1:3 mol gliserol/asam asetat dengan suhu reaksi 90- 110°C	Konversi tertinggi adalah 22,11% pada suhu 110°C sedangkan untuk suhu 90°C adalah 13,21% dan suhu 100°C adalah 17,03%.	Nuryoto et al. (2022)
5.	Pd- AC	Perbandingan 1:7,5 mol gliserol:asam asetat dengan suhu 73,79; 95; dan 116,21°C	Konversi gliserol tertinggi adalah 96,54% pada suhu 116,21°C dan terendah sebesar 96,50% pada suhu 73,79°C	Azmi, N et al. (2023)

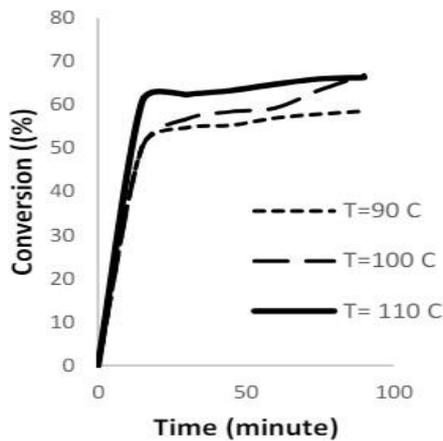
pengotor yang terkandung di dalam katalis, serta sintering dari katalis itu sendiri (Kiakalaieh, A.T dan Amin N.A.S., 2017).



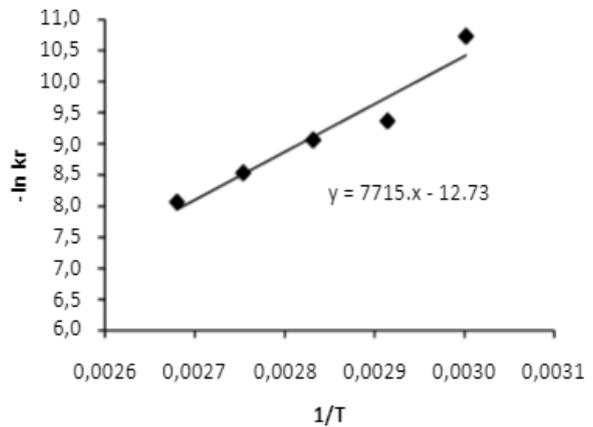
**Gambar 2.** Pengaruh waktu terhadap konversi pada berbagai Suhu (Zulnazri et al., 2023)

Konversi reaktan selain suhu juga terkadang dipengaruhi dengan lamanya waktu reaksi. Hasil penelitian Setyaningsih et al. (2018), nilai konversi cenderung meningkat seiring dengan lamanya waktu reaksi dan suhu yang semakin tinggi. Hal tersebut mengakibatkan energi molekul reaktan meningkat dengan meningkatnya suhu reaksi (konstanta laju reaksi juga akan mengalami peningkatan) didukung dengan waktu reaksi yang cukup. Kondisi ini berdampak pada peningkatan laju reaksi dan konversi yang dihasilkan akan semakin tinggi (lihat Gambar 3). Fenomena peningkatan suhu reaksi tidak selalu

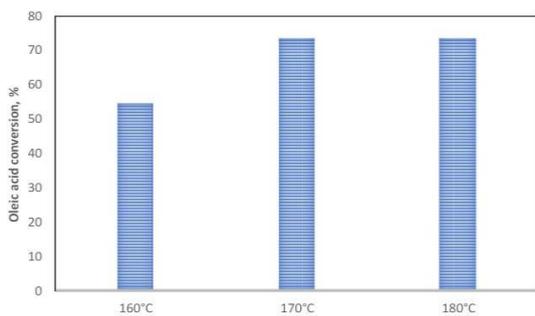
berdampak baik seperti pada penelitian Ramadhan et al., (2019). Pada saat suhu reaksi ditingkatkan dari suhu 160-170°C, konversi asam oleat meningkat dari 54,55 menjadi 73,52%. Namun semakin tinggi suhu, konversi asam oleat hanya sebesar 73,65% (meningkat 0,14% dari konversi pada suhu 170°C (dapat dilihat pada Gambar 4). Kenaikan suhu reaksi dapat mempercepat laju perpindahan massa, karena peningkatan suhu akan berimbang pada peningkatan koefisien difusivitas, sehingga memungkinkan semakin banyaknya tumbukan efektif yang dihasilkan. Peningkatan suhu reaksi yang telah mencapai batas maksimumnya dan reaksi telah mencapai kesetimbangannya, maka peningkatan suhu reaksi tidak akan berdampak signifikan dan justru menurunkan konversi. Gambar 5 menunjukkan bahwa suhu berbanding lurus dengan konstanta laju reaksi. Peningkatan suhu reaksi berdampak pada peningkatan konstanta laju reaksi, imbasnya laju reaksi juga akan semakin cepat, serta konversi akan semakin besar. Fenomena yang sama juga dihasilkan pada penelitian yang dilakukan oleh Nuryoto et al. (2010), dengan katalis Indion 225 Na dan Sari et al. (2015) dengan katalis Zeolit yang diaktifkan secara alami dan fisik, serta Amberlyst-15 (Gelosa et al., 2003).



**Gambar 3.** Hubungan antara konversi gliserol terhadap waktu pada berbagai suhu (Setyaningsih, L et al., 2018)



**Gambar 5.** Hubungan  $-\ln k_r$  data dan  $1/T$  (Nuryoto et al. 2011)



**Gambar 4.** Pengaruh reaksi terhadap konversi asam oleat (Ramadhan, A.D et al., 2019)

### 3.2 Pengaruh Perbandingan Reaktan

Pada Tabel 4 terlihat bahwa semakin besar perbandingan pereaksi, semakin besar konversi asam asetat atau gliserol yang dihasilkan. Menurut asas Le Chatelier, saat ditambahkan mol reaktan, maka reaksi akan bergeser ke arah produk sehingga asam asetat yang ditambahkan akan semakin besar dan triasetin yang dihasilkan pun akan semakin besar. Konsep tersebut mengindikasikan bahwa nilai konversi akan semakin besar seiring dengan rasio mol reaktan yang dinaikan (Yulvianti et al., 2016). Pada penelitian Hamzah et al. (2019) yang dilakukan pada perbandingan pereaksi 1:3, 1:5, dan 1:9 mol gliserol/asam asetat diperoleh konversi tertinggi pada 93,03 %. Hasil ini membuktikan bahwa peningkatan rasio mol meningkatkan konversi. Tetapi perbandingan pereaksi yang terlalu tinggi, akan menjadi masalah berkaitan dengan proses pemisahan antara reaktan

**Tabel 4.** Nilai Konversi pada beberapa rentang perbandingan pereaksi

No	Jenis katalis	Kondisi operasi	Nilai konversi	Referensi
1.	Zeolit alam	Perbandingan pereaksi 1:3, 1:6, 1:9 mol gliserol:asam asetat dengan suhu reaksi 100°C	Konversi gliserol tertinggi sebesar 93,03% diperoleh dari perbandingan 1:9 mol gliserol: asam asetat.	Hamzah, D et al., 2019
2.	Silika	Perbandingan pereaksi 1:6,6, 1:8,9, 1:11,5 mol gliserol:asam asetat dengan suhu reaksi 90°C	Konversi gliserol tertinggi sebesar 91% diperoleh dari perbandingan 1:8,9 mol gliserol:asam asetat	Yanti, N.R Et al., 2019
3.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Perbandingan pereaksi 1:4, 1:6, 1:8 mol gliserol:asam asetat dengan suhu reaksi 100°C	Konversi (X <sub>a</sub> ) tertinggi sebesar 0,040 diperoleh dari perbandingan 1:8 mol gliserol:asam asetat	Raemas, A. F. A et al., 2021
4.	Resin penukar ion komersial Dowex Monosphere650 C (DowChemical Co),	Perbandingan pereaksi 1:3, 1:6, dan 1:9 mol gliserol:asam asetat dengan suhu reaksi sebesar 100°C	Konversi gliserol tertinggi sebesar 99,6% diperoleh dari perbandingan 1:9 mol gliserol:asam asetat	Reinoso, D.M & Boldrini, 2020
5.	Yttrium oxide (Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Perbandingan pereaksi 1:4 dan 1:15 mol gliserol:asam asetat dengan suhu reaksi sebesar 140°C	Konversi gliserol tertinggi sebesar 99,49% diperoleh dari perbandingan 1 :15 mol gliserol:asam asetat	Uchenna, A.F et al., 2023

dengan produk. Perbandingan pereaksi yang semakin besar berpengaruh pada biaya proses separasi yang besar pula. Pada penelitian Yulvianti, M et al. (2016), yang mana konversi tertinggi yang diperoleh sebesar 91,76% (pada rasio reaktan 1:3 mol gliserol/mol asam asetat), sedangkan untuk perbandingan 1:5 diperoleh nilai konversi sebesar 86,73%, dan perbandingan 1:7 menghasilkan nilai konversi sebesar 77,47%. Hal tersebut dapat disebabkan karena semakin besar kadar asam asetat maka semakin besar juga kadar airnya. Air dapat menurunkan kinerja dari katalis karena akan menjadi hambatan bagi reaktan untuk mendifusi ke dalam sisi aktif dari katalisator. Penurunan nilai konversi seiring dengan meningkatnya jumlah mol pereaksi juga dialami oleh Yanti N.R et al. (2019) dimana terjadi penurunan konversi yang diperoleh ketika rasio ditingkatkan dari 1:8,9 menjadi 1:11,5 yaitu dari 91% menjadi 87%. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi saturasi pada tingginya rasio mol, sehingga perubahan yang terjadi tidak signifikan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gao, X et al., (2015) menghasilkan konversi sesuai teoritis yaitu peningkatan perbandingan mol gliserol/asam asetat dari 1:2 menjadi 1:6 menyebabkan peningkatan konversi reaktan. Hal ini dikarenakan kelebihan asam asetat akan menggeser kesetimbangan ke arah produk sehingga meningkatkan pembentukan monoasetin dan diasetin.

Pada penelitian Setyaningsih, L et al. (2018), nilai konversi tertinggi sebesar 73,36% dengan perbandingan mol pereaksi sebesar 1:7 pada suhu 100°C sedangkan konversi terendah sebesar 66,91% diperoleh pada perbandingan mol reagen 1:6. Jadi secara umum dari referensi yang ada menunjukkan bahwa semakin tinggi perbandingan pereaksi, maka jumlah partikel molekul yang berada pada sistem reaksi semakin banyak, akibatnya partikel-partikel tersebut tersusun lebih rapat dibandingkan dengan senyawa dengan konsentrasi rendah. Efeknya, molekul reaktan akan semakin sering bertumbukan, sehingga reaksi yang terjadi akan semakin besar. Analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

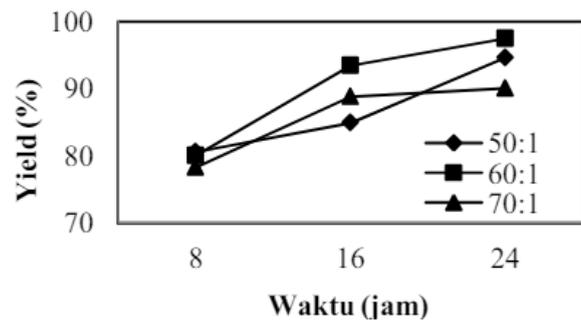
**Tabel 5.** Konversi gliserol pada berbagai perbandingan molar reaktan

Waktu (menit)	Konversi gliserol (%)		
	1:6	1:7	1:8
0	0	0	0
15	50,55	56,62	60,12
30	56,80	60,79	65,60
45	58,46	66,44	67,79
60	59,33	66,70	68,73
75	63,45	70,01	73,42
90	66,91	73,36	73,16

Telah dijelaskan pada deskripsi sebelumnya bahwa peningkatan perbandingan pereaksi tidak selalu berdampak positif, terbukti dari penelitian mengenai pembuatan biodiesel yang dilakukan oleh Azhari A. et al., (2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika perbandingan reaktan diperbesar, yield yang

dihasilkan mengalami penurunan. rasio mol minyak dan metanol sebesar 1:15 dengan katalis sebesar 3% menghasilkan nilai yield yang tertinggi yaitu 69,94%, tetapi ketika dinaikan lagi perbandingan reaktannya menjadi mol 1:18 justru nilai yield yang dihasilkan menurun. Hal ini terjadi karena meningkatnya jumlah metanol ke dalam sistem reaksi, akan melarutkan gliserol dan akan terjadi reaksi balik lebih besar sehingga terjadi penurunan nilai konversi.

Perbandingan pereaksi juga berpengaruh pada sintesis metil ester, dimana rasio mol reaktan yang digunakan adalah 60:1 dan 70:1 dengan waktu reaksi selama 8-24 jam. Pada kondisi ini terjadi peningkatan yield. Sedangkan pada rasio mol sebesar 50:1 dengan waktu reaksi 16 jam, nilai yield yang dihasilkan lebih kecil. Jika dilihat dari data tersebut peran perbandingan pereaksi lebih dominan dibandingkan waktu reaksi. Penambahan waktu reaksi tidak akan mempengaruhi penambahan nilai yield ketika proses reaksi telah mencapai waktu reaksi yang optimum yaitu 7-48 jam. Perlu diketahui pula bahwa waktu reaksi yang semakin cepat, juga mengurangi biaya produksi (Novalina, P et al., 2015). Jadi yield yang tinggi dan waktu yang cepat lebih disukai dibanding waktu yang lama. Nilai pertambahan yield dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pengaruh waktu dan perbandingan mol terhadap yield (Novalina, P et al., 2015)

Konsep yang perlu diperhatikan bahwa penggunaan reaktan berlebih (misal asam asetat dalam asetilasi gliserol) akan mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan, serta akan meningkatkan konversi gliserol. Tetapi peningkatan lebih lanjut dalam rasio molar tidak menyebabkan perubahan selektivitas triasetin yang dihasilkan (Azmi, N et al., 2023).

#### 4. KESIMPULAN

Suhu reaksi sangat berpengaruh dalam sintesis triasetin dimana semakin tinggi suhu reaksi yang digunakan maka kecepatan reaksi akan semakin cepat. Namun demikian, peningkatan suhu lebih lanjut di atas titik didih reaktan dan karakteristik dari katalis akan menyebabkan penurunan selektivitas. Peningkatan suhu dan rasio molar antara asam asetat:gliserol akan meningkatkan konversi gliserol yang dihasilkan. Pereaksi yang mengandung pengotor berdampak pada pergeseran reaksi ke arah kiri, apalagi jika zat tersebut mempunyai kelarutan yang baik, maka peningkatan perbandingan pereaksi dapat menurunkan konversi

atau yield yang dihasilkan.

## 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih Penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah memberikan bantuan penulisan jurnal. Penulis juga berterima kasih atas pendanaan Hibah Magister Kemenristekdikti dengan No Kontrak : B/761/UN43.9/PT.00.03/2024 sehingga artikel ini dapat terpublish. Penulis berharap semoga artikel ini bermanfaat bagi publik, dan berkontribusi pada perkembangan keilmuan.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, A.C., Ika, R.M., & Nur.H. (2020). Pengembangan teknologi kimia untuk pengolahan sumber daya alam Indonesia. Yogyakarta, 14 – 15 Juli 2020.
- Azhari, A., Mulyawan, R., Nasrul, Z. A., Hakim, L., & Lubis, N. A. (2023). Pembuatan biodiesel dari campuran minyak jarak kepyar (ricinus communis) dengan minyak jelantah menggunakan katalis cao limbah cangkang kerang darah (Anadara granosa). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(1), 122-131.
- Azmi, N., Ameen, M., Yashni, G., Yusup, S., Mohd Yusoff, M. H., & Chai, Y. H. (2023). In situ catalytic conversion of glycerol to triacetin under microwave irradiation with commercial palladium on activated carbon catalyst. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 11(4), 1-17.
- Balaraju, M., Nikhitha, P., Jagadeeswaraiiah, K., Srilatha, K., Sai Prasad, P. S., & Lingaiah, N. (2010). Acetylation of glycerol to synthesize bioadditives over niobic acid supported tungstophosphoric acid catalysts. *Fuel Processing Technology*, 91 (2), 249–253.
- Blueprint Pengelolaan Energi Nasional. (2010). Proyeksi target produksi biodiesel sampai tahun 2025. Jakarta.
- Fakhry, M. N., & Rahayu, S. S. (2016). Pengaruh suhu pada esterifikasi amil alkohol dengan asam asetat menggunakan asam sulfat sebagai katalisator. *Jurnal Rekayasa Proses*, 10(2), 64-69.
- Gao, X., Zhu, S., & Li, Y. (2015). Graphene oxide as a facile solid acid catalyst for the production of bioadditives from glycerol esterification. *Catalysis communications*, 62, 48-51.
- Gelosa, D., Ramaioli, M., Valente, G., & Morbidelli, M. (2003). Chromatographic reactors: esterification of glycerol with acetic acid using acidic polymeric resins. *Industrial & engineering chemistry research*, 42(25), 6536-6544.
- Hamzah, D., Rinaldi, T., Marwan, M., & Rinaldi, W. (2019). Synthesis of triacetin catalyzed by activated natural zeolite under microwave irradiation. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 8(1), 01-07.
- Hidayati, N., Sari, R. P., & Purnama, H. (2020). Catalysis of glycerol acetylation on solid acid catalyst: a review. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 23(12), 414-423.
- Jagadeeswaraiiah, K., Balaraju, M., Prasad, P. S. S., & Lingaiah, N. (2010). *Applied catalysis A : General selective esterification of glycerol to bioadditives over heteropoly tungstate supported on cs-containing zirconia catalysts*. *Applied Catalysis A, General*, 386 (1-2), 166– 170.
- Kiakalaieh, A. T., & Amin, N. A. S. (2017). Kinetic study on catalytic conversion of glycerol to renewable acrolein. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 655-660.
- Kulkarni, R. M., Britto, P. J., Narula, A., Saqline, S., Anand, D., Bhagyalakshmi, C., & Herle, R. N. (2020). Kinetic studies on the synthesis of fuel additives from glycerol using CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> metal oxide catalyst. *Biofuel Research Journal*, 7(1), 1100-1108.
- Mufrodi, Z., & Amelia, S. (2020). Esterification of glycerol with acetic acid in bioadditive triacetin with Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/activated carbon catalyst. *Key Engineering Materials*, 849, 125-129.
- Mufrodi, Z., Astuti, E., Syamsiro, M., Sutiman, S., & Purwono, S. (2020). Triacetin synthesis as bio-additive from glycerol using homogeneous and heterogeneous catalysts. *Key Engineering Materials*, 849, 90-95.
- Novalina, P., & Herawan, T. (2015). Pengaruh variasi variabel reaksi pada proses ekstraksi reaktif mesokarp sawit untuk menghasilkan biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(4), 18-24.
- Nuryoto, Sulisyo, H., Rahayi S.S., & Sutjian. (2010). Uji performa katalisator resin penukar ion untuk pengolahan hasil samping pembuatan biodiesel menjadi triacetin. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010 ISSN : 1411-4216*.
- Nuryoto., Hary, S., Suprihastuti, S.R & Sutijan. (2011). Kinetika Reaksi Esterifikasi Gliserol dengan Asam Asetat Menggunakan Katalisator Indion 225 Na. *Jurnal Rekayasa Proses*, 2(2).
- Nuryoto, N., Setionegoro, W., & Mubarak, M. R. (2021). Pengaruh suhu reaksi dan konsentrasi katalisator zeolit alam bayah termodifikasi pada reaksi esterifikasi. *Jurnal Integrasi Proses*, 10(1), 21-26.
- Nuryoto, N., Jayanti, D. A., & Findilina, E. (2022). Uji coba zeolit alam klinoptilolit sebagai katalis pada pembuatan bioaditif dari gliserol dan asam asetat. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 7(1), 51-58.
- Raemas, A. F. A., Cahyonugroho, J., Wicaksono, A. D., & Dewi, R. L. (2021, February). Ultrasound-assisted esterification of glycerol for triacetin production. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1053, No. 1, p. 012062). IOP Publishing.
- Ramadhan, A. D., Carolina, N., Nuryoto, N., & Kurniawan, T. (2019). The use of natural zeolite as a catalyst for esterification reaction between glycerol and oleic acid. *Reaktor*, 19(4), 172-179.
- Reinoso, D. M., & Boldrini, D. E. (2020). Kinetic study of fuel bio-additive synthesis from glycerol esterification with acetic acid over acid polymeric resin as catalyst. *Fuel*, 264, 116879.
- Sari, N., Zuhra, H., & Hari Rionaldo. (2015). Esterifikasi gliserol dari produk samping biodiesel menjadi triasetin menggunakan katalis zeolit alam. *JOM Bidang Teknik dan Sains Universitas Riau* 2(1).
- Satriadi, H. (2015). Kinetika reaksi esterifikasi gliserol dan asam asetat menjadi triacetin menggunakan

- katalis asam sulfat. *Teknik*, 36(2), 75-80.
- Setyaningsih, L., Siddiq, F., & Pramezy, A. (2018). Esterification of glycerol with acetic acid over Lewatit catalyst. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 154, p. 01028). EDP Sciences.
- Shell Indonesia. (2023). Pengertian biodiesel: Pemahaman, jenis, dan contohnya. [https://www.shell.co.id/in\\_id/konsumen-bisnis/shell-fleet-card/pengertian-biodiesel.html](https://www.shell.co.id/in_id/konsumen-bisnis/shell-fleet-card/pengertian-biodiesel.html) (diakses pada 20 Februari 2024).
- Silaban., D.M., Zuchra, H., & Silvia., R.Y. (2015). Esterifikasi gliserol sebagai produk samping biodiesel menjadi triacetin dengan menggunakan katalis zeolit alam pada variasi suhu reaksi dan konsentrasi katalis. *JOM Bidang Teknik dan Sains*, 2 (2).
- Uchenna, A. F., Irmawati, R., Taufiq-Yap, Y. H., Izham, S. M., & Nda-Umar, U. I. (2023). Glycerol acetylation over yttrium oxide (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) catalyst supported on palm kernel shell-derived carbon and parameters optimization studies using response surface methodology (RSM). *Arabian Journal of Chemistry*, 16(8), 104865.
- Yanti, N. R., Heryani, H., Putra, M. D., & Nugroho, A. (2019). Triacetin production from glycerol using heterogeneous catalysts prepared from peat clay. *International Journal of Technology*, 10(5), 970-978.
- Yulvianti, M., Sobari, M. I., & Rijal, S. (2016). Optimaslisasi kinerja zeolit alam bayah sebagai katalis untuk pembuatan triacetin sebagai aditif premium. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 12(1), 93-103.
- Zulnazri, Z., Ramadani, F. F., & Muarif, A. (2023). Kinetic study of the hydrolysis reaction of kepok banana peel cellulose (*Musa paradisiaca* L.) into glucose using the H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> catalyst. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(2), 294-304.