

**PEMBUATAN TRIASETIN DARI GLISEROL MENGGUNAKAN KATALIS  
 $TiO_2/SO_4^{2-}$  DENGAN METODE REAKSI ESTERIFIKASI**

Mochammad Dafa Irawan<sup>1</sup>, Luchis Rubianto<sup>2</sup>, Khalimatus Sa'diyah<sup>3</sup>  
 Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri  
 Malang  
[dafaairawann@gmail.com](mailto:dafaairawann@gmail.com)

**Abstract (English)**

Indonesia is one of the countries that is very dependent on fuel oil (BBM). This is not comparable to the supply of petroleum. In 2010, biodiesel production in Indonesia was around 1.24 million tons per year and continues from year to year, so that the amount of glycerol obtained from biodiesel production has increased until now. The by-product of biodiesel in the form of glycerol can be used in the manufacture of triacetin which has various applications in the food industry, pharmaceuticals, and as a fuel additive, in automotive such as lubricants, Triacetin is made by the esterification method using a catalyst. The purpose of this study was to analyze the effect of variations in the concentration of  $TiO_2 / SO_4^{2-}$  catalyst and temperature, to determine the characteristics of triacetin after glycerol esterification with FTIR, to determine the characteristics of the  $TiO_2$  catalyst in the activation process with XRD. The method used in this study is esterification which is a slow reaction that requires a catalyst to support the reaction rate. The independent variables used in this study were the concentration of  $TiO_2 / SO_4^{2-}$  catalyst of 2, 4, 6 %, the ratio of moral (glycerol:acetic acid) of 1:8; 1:10; 1:11 and the temperature variable of 60, 80, and 100°C. Based on the results of the study, the more the addition of  $TiO_2$  catalyst concentration, the higher the temperature, and the greater the molar ratio of acetic acid will decrease the%FFA and increase the conversion of acetic acid which shows the quality of triacetin with the best results at a catalyst percentage of 6%, a temperature of 100°C, and a molar ratio of glycerol:acetic acid (1:8). FTIR characterization contains the C=O Stretching Esters functional group which appears at a wavelength of  $1704.76\text{ cm}^{-1}$  which indicates the presence of an ester group, which is the core of triacetin. The strong peak at this wavelength indicates the presence of a C=O bond in the ester group. The XRD characteristics of the catalyst before  $SO_4^{2-}$  activation show a peak at a diffraction angle of  $33^\circ$  and the catalyst after  $SO_4^{2-}$  activation shows a peak at a diffraction angle of  $26^\circ$  as a very high intensity where this peak indicates the presence of titanium oxide crystals.

**Article History**

Submitted: 15 October 2025

Accepted: 24 October 2025

Published: 25 October 2025

**Key Words**esterification,  $TiO_2 / SO_4^{2-}$ , Glycerol, Triacetin**Abstrak (Indonesia)**

Indonesia menjadi salah satu negara yang sangat bergantung pada bahan bakar minyak (BBM). Hal ini tidak sebanding dengan persediaan minyak bumi. Pada tahun 2010 produksi biodiesel di Indonesia sekitar 1,24 juta ton/tahun dan terus menerus dari tahun ke tahun, sehingga jumlah gliserol yang diperoleh dari pembuatan biodiesel semakin meningkat hingga sekarang. Produk samping dari biodiesel berupa gliserol dapat dimanfaatkan dalam pembuatan triasetin memiliki berbagai aplikasi industri makanan, farmasi, dan sebagai aditif bahan bakar, pada otomotif seperti pelumas. Pembuatan triasetin dilakukan dengan metode esterifikasi menggunakan katalis. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa pengaruh variasi konsentrasi katalis  $TiO_2 / SO_4^{2-}$  dan temperature, mengetahui karakteristik triasetin setelah esterifikasi gliserol dengan FTIR, mengetahui karakteristik katalis  $TiO_2$  pada proses aktivasi dengan XRD. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah esterifikasi yang merupakan reaksi yang berjalan lambat sehingga membutuhkan katalis untuk menunjang kecepatan

**Sejarah Artikel**

Submitted: 15 October 2025

Accepted: 24 October 2025

Published: 25 October 2025

**Kata Kunci**esterifikasi,  $TiO_2 / SO_4^{2-}$ , gliserol, triasetin

reaksi. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah konsentrasi katalis TiO<sub>2</sub> / SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> sebesar 2, 4, 6 %, perbandingan moral (gliserol:asam asetat) yaitu 1:8 ; 1:10 ; 1:11 dan variabel temperature 60, 80, dan 100°C. Berdasarkan hasil penelitian Semakin banyak penambahan konsentrasi katalis TiO<sub>2</sub>, semakin tinggi temperatur, dan semakin besar perbandingan molar asam asetat akan menurunkan %FFA dan meningkatkan konversi asam asetat yang menunjukkan kualitas triasetin dengan hasil terbaik pada persentase katalis 6%, suhu 100°C, dan perbandingan molar gliserol:asam asetat (1:8). Karakterisasi FTIR terdapat gugus fungsi C=O Stretching Esters yang muncul pada panjang gelombang 1704,76 cm<sup>-1</sup> yang diindikasikan adanya gugus ester, yang merupakan inti dari triasetin. Puncak kuat pada panjang gelombang ini menunjukkan keberadaan ikatan C=O dalam gugus ester. Karakteristik XRD pada katalis sebelum aktivasi SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> terlihat adanya puncak pada sudut difraksi 33° dan katalis sesudah aktivasi dengan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> terlihat adanya puncak pada sudut difraksi 26° sebagai intensitas yang sangat tinggi dimana puncak ini menunjukkan adanya kristal titanium oxide.

## Pendahuluan

Indonesia menjadi salah satu negara yang sangat bergantung pada bahan bakar minyak (BBM). Hal ini tidak sebanding dengan persediaan minyak bumi. Kebutuhan akan energi terbarukan dapat menjadi solusi permasalahan krisis energi tersebut. Energi terbarukan dapat berasal dari energi surya, energi angin, dan energi biomassa. Energi biomassa adalah energi yang didapatkan dari hasil pengolahan tumbuh-tumbuhan seperti minyak nabati. Minyak nabati yang diolah menjadi biodiesel dapat menjadi salah satu energi alternatif pengganti BBM. Pembuatan biodiesel yang dilakukan melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi menghasilkan gliserol sebagai produk samping. Produksi pada biodiesel semakin hari semakin meningkat. Tahun 2010 produksi biodiesel di Indonesia sekitar 1.24 juta ton/tahun sehingga jumlah gliserol yang diperoleh dari pembuatan biodiesel semakin meningkat hingga sekarang. (Aziz dkk., 2014).

Gliserol adalah senyawa poliol yang memiliki tiga kelompok hidroksil (-OH) dan bersifat higroskopis. Senyawa ini memiliki rasa manis, tidak beracun, dan merupakan komponen penting dalam berbagai lipid, termasuk trigliserida. Gliserol merupakan hasil samping dari pembuatan biodiesel merupakan bahan baku pembentuk trigliserida yang dapat membentuk ikatan ester dengan asam lemak yang berasal dari lemak hewan maupun minyak nabati. (Novitasari dkk., 2012). Gliserol dapat digunakan pada bidang kesehatan seperti sebagai laksatif untuk mengatasi sembelit dengan cara menarik air ke dalam usus besar, sehingga memudahkan buang air besar. Pada bidang farmasi dan kosmetik seperti sebagai humektan, pelumas, dan agen penghalus dalam produk perawatan kulit, pasta gigi, dan obat-obatan bahan obat-obatan. Pada bidang industri seperti dalam produksi nitroglycerin yang merupakan bahan peledak, serta dalam pembuatan berbagai senyawa kimia lainnya Selain itu, gliserol dapat dimanfaatkan menjadi triasetin sebagai bahan aditif pembuatan biodiesel. Triasetin adalah sebuah ester yang terbentuk dari reaksi antara gliserol dan asam asetat melalui reaksi esterifikasi. Senyawa ini memiliki berbagai kegunaan, terutama dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik (Tesser et al., 2020)

Esterifikasi adalah reaksi kimia yang terjadi pembentukan senyawa ester melalui precursor dan mekanisme tertentu. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi umum yang banyak digunakan pada industri parfum, tekstil, dan lain lain. Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan reversibel, di mana ester dan air dapat kembali bereaksi untuk menghasilkan asam dan alkohol.

Triasetin dapat diproduksi dari reaksi gliserol dan asam asetat menggunakan katalisator, karena reaksinya yang cenderung lambat. Pembuatan triasetin dengan mereaksikan gliserol

dengan asam asetat telah dilakukan oleh Leonardo, dkk. (2010) mempelajari mengenai reaksi pada gliserol dengan asam asetat pada suhu 120° selama 120 menit dengan memvariasikan katalis menggunakan perbandingan molar asam asetat dan gliserol 4 : 1 dengan berat katalis 2 mmol berat asam asetat menggunakan katalis berupa zeolit beta. Didapatkan dari reaksi tersebut yaitu koversi 94% dengan selektivitas 4% dengan katalis berupa K – 10 diperoleh konversi sebesar 100% dengan selektivitas 6% dengan katalis berupa niobium phosphate diperoleh konversi sebesar 100% dengan selektivitas 7% dengan katalis berupa amberlyst – 15 diperoleh konversi sebesar 100% dengan selektivitas 24%. Balaraju, dkk. (2010) melakukan esterifikasi gliserol dan asam asetat menggunakan katalis tungstophosphoric acid (TPA) dan niobic acid ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ), konversi tertinggi diperoleh pada katalis 25% dengan berat 200 mg menggunakan temperature 120°C selama 4 jam dengan perbandingan mol gliserol dan asam asetat 1:5 diperoleh konversi sebesar 98% dan selektivitas 98%. Xiaoyun, dkk. (2010) mereaksikan gliserol dengan asam asetat dengan perbandingan mol 1:6 selama 4 jam dengan temperature 115°C menggunakan katalis amberlyst – 35 sebesar 0,5 gram diperoleh konversi sebesar 100% dengan selektivitas 25%. Padipagati, dkk. (2010) telah melakukan esterifikasi gliserol dan asam asetat dengan perbandingan molar 1:6 selama 3 jam pada temperature 393 K serta memvariasikan katalis dengan jumlah 5% berat gliserol diperoleh konversi pada katalis  $\text{ZrO}_2$  sebesar 86%,  $\text{TiO}_2$  –  $\text{ZrO}_2$  sebesar 100%. Ferreira, dkk (2009) mereaksikan 2 gram gliserol dengan 20 ml asam asetat menggunakan katalis 0,2 gram dodecamolybdophosphoric – NaUSY selama 3 jam pada temperature 120°C diperoleh konversi sebesar 68% dengan selektivitas 2%.

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa gliserol pada produk samping biodiesel dapat dimanfaatkan menjadi triasetin. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan gliserol dari produk samping pada biodiesel menggunakan proses esterifikasi dapat mencegah pencemaran lingkungan dari produk samping biodiesel yang berlebih menggunakan katalis  $\text{TiO}_2/\text{SO}_4^{2-}$  menjadikan triasetin. Kemudian, gliserol akan dimurnikan dan dilakukan analisis kadar air, kadar abu, kadar gliserol, viskositas, dan densitas. Katalis  $\text{TiO}_2$  dilakukan aktivasi menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , gliserol yang telah dimurnikan akan direaksikan dengan asam asetat menjadi triasetin menggunakan metode reaksi esterifikasi. Lalu akan dilakukan analisis XRD pada katalis sebelum dan sesudah aktivasi. Triasetin akan dikarakterisasi menggunakan analisis FTIR dan Free Fatty Acid (FFA).

## Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif eksperimental dengan melakukan serangkaian percobaan di laboratorium untuk memperoleh data yang relevan. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar dan Laboratorium Riset 3 Politeknik Negeri Malang. Tahapan penelitian yang dilakukan dalam proses pembuatan triasetin dari gliserol dengan katalis  $\text{TiO}_2/\text{SO}_4^{2-}$  meliputi beberapa langkah, yaitu: (1) proses persiapan bahan baku gliserol dengan katalis  $\text{TiO}_2/\text{SO}_4^{2-}$ , (2) proses pemurnian gliserol, (3) proses aktivasi katalis  $\text{TiO}_2/\text{SO}_4^{2-}$ , (4) proses esterifikasi, dan (5) proses analisis hasil.

Teknik pengumpulan data primer didapat dari pengamatan langsung pada objek yang diteliti, berdasar eksperimen di laboratorium untuk mendapatkan data yang relevan. Untuk data sekunder didapatkan dari studi literatur dari berbagai jurnal penelitian, artikel ilmiah, dan referensi lainnya yang relevan dan terverifikasi.

## Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Proses Pemurnian Gliserol

Proses pemurnian gliserol bertujuan untuk menghilangkan zat pengotor dan menghasilkan kadar yang sangat rendah menjadi gliserol murni. Maka dari itu dilakukan pemurnian kadar gliserol yang tinggi, untuk meningkatkan konsistensi dan kualitas produk akhir. Setelah memurnikan gliserol, dilakukan karakterisasi gliserol murni. Berikut merupakan data analisis gliserol murni dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1 Karakteristik Gliserol Murni**

Analisis Fisika-Kimia	Hasil Analisis	Satuan
Kadar Gliserol	87	%
Kadar Air	0,5	%
Warna	Bening	
Kadar Abu	1,05	%
Densitas	1,255	g/ml
Viskositas	302	cSt

Dari data yang diperoleh dihasilkan gliserol dengan kadar 87%, hasil ini menunjukkan bahwa gliserol memiliki kemurnian yang cukup tinggi. Semakin tinggi kadar gliserol, semakin murni sampel tersebut dan semakin baik kualitasnya untuk berbagai aplikasi. Kadar air pada karakteristik menunjukkan persentase kandungan air dihasilkan sebesar 0,5% dimana nilai ini termasuk rendah, kadar air yang rendah menunjukkan bahwa sampel telah dikeringkan dengan baik dan memiliki stabilitas yang lebih baik. Warna merupakan indikasi visual mengenai kemurnian sampel dengan hasil warna bening menunjukkan bahwa sampel tidak terkontaminasi oleh zat warna atau partikel lain. Kadar abu merupakan persentase residu anorganik yang tersisa setelah sampel dibakar pada suhu tinggi. Hasil kadar abu sebesar 1,05%, kadar abu yang relatif rendah menunjukkan bahwa sampel mengandung sedikit sekali kontaminan anorganik. Nilai densitas gliserol dihasilkan sebesar 1,255 g/mL, adalah nilai yang cukup dekat dengan nilai densitas gliserol murni yang umumnya diterima, yaitu sekitar 1,26 g/mL. Ini mengindikasikan bahwa gliserol memiliki kemurnian yang cukup baik. Viskositas merupakan ketahanan fluida terhadap aliran. Hasil viskositas sebesar 302 cSt, dimana tinggi rendahnya viskositas disebabkan oleh adanya kontaminan atau suhu pengukuran yang berbeda dari suhu standar.

### 4.2 Proses Aktivasi Katalis

Aktivasi katalis adalah proses yang dilakukan untuk meningkatkan atau memulihkan aktivitas katalitik suatu bahan. Katalis yang akan diaktifasi berupa katalis titanium dioksida ( $TiO_2$ ) menggunakan  $SO_4^{2-}$ . Katalis  $TiO_2$  termasuk katalis heterogen, katalis heterogen merupakan jenis katalis yang berada dalam fase berbeda dari reaktan yang dikatalisis. Dalam reaksi ini, katalis biasanya berbentuk padat, sedangkan reaktan bisa berupa cairan atau gas.



Gambar 4. 1 Proses Aktivasi Katalis TiO<sub>2</sub> dengan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

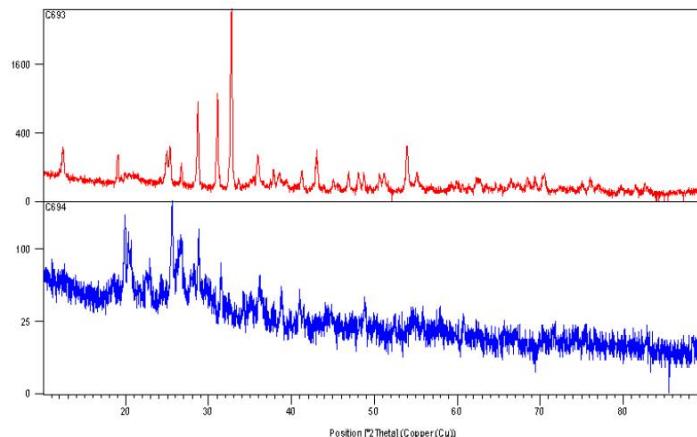
Aktivasi katalis TiO<sub>2</sub> dengan ion sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) merupakan langkah krusial untuk meningkatkan kinerja katalis TiO<sub>2</sub> dalam berbagai reaksi kimia. Penambahan ion sulfat pada permukaan TiO<sub>2</sub> akan mengubah sifat asam-basa permukaan dan menciptakan situs aktif baru, sehingga meningkatkan aktivitas katalistiknya (Yunita A. Benggu, 2022)

#### 4.3 Karakterisasi Katalis Menggunakan X-ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan instrumen yang digunakan pada pembacaan kristal yang terbentuk dari suatu padatan organik maupun polimer, materi geologi, logam, keramik dan materi elektronik. Ukuran kristal dapat juga diukur dengan menggunakan XRD (Smallman & Bishop, 1999).

Prinsip kerja dari XRD adalah ketika sinar-X dipancarkan oleh sumber berasal dari tabung berfilamen dan berkatoda sehingga menghasilkan berkas elektron. Kecepatan elektron dalam menembaki objek dipengaruhi oleh perbedaan tegangan yang dihasilkan. Pancaran sinar-X dihasilkan ketika elektron berenergi tinggi menembaki suatu objek. Ketika refleksi dari sinar-X dihasilkan, objek dan detektor menghasilkan putaran dalam pembacaan intensitas sinar-X. Detektor membaca dan mengolah pancaran sinar-X kedalam bentuk grafik dan dihasilkannya sebuah spektrum difraksi (Gunawarman, 2013).

Analisis X-Ray Diffraction (XRD) dilakukan untuk mengidentifikasi struktur kristal dan kristalinitas dari katalis TiO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah aktivasi dengan ion sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) yang dihasilkan. Hal ini penting untuk memastikan keberhasilan aktivasi TiO<sub>2</sub> dengan ion sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Difaktogram hasil XRD tersebut disajikan pada Gambar 4. 2 berikut.



Gambar 4. 2 Difakrogram XRD: (a) Katalis Sebelum Aktivasi (b) Katalis Sesudah Aktivasi

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengukuran XRD katalis  $\text{TiO}_2$  sebelum dan sesudah aktivasi dengan  $\text{SO}_4^{2-}$ . Katalis sebelum aktivasi  $\text{SO}_4^{2-}$  terlihat adanya puncak pada sudut difraksi  $33^\circ$  sebagai intensitas yang sangat tinggi dimana puncak ini menunjukkan adanya kristal titanium oxide dan katalis sesudah aktivasi  $\text{SO}_4^{2-}$  terlihat adanya puncak pada sudut difraksi  $26^\circ$ . Namun, terjadi penurunan puncak pada katalis sesudah aktivasi, dimana proses aktivasi dengan asam sulfat dapat menciptakan defek kristal seperti kekosongan atom atau dislokasi. Defek ini mengganggu keteraturan kisi kristal sehingga mengurangi intensitas difraksi. Jika proses aktivasi menyebabkan ukuran kristal  $\text{TiO}_2$  menjadi lebih kecil, maka lebar puncak difraksi akan melebar dan intensitasnya menurun (efek pemuaian puncak). Hal ini dapat disebabkan adanya pengotor dalam pengaktivan tersebut dengan hasil katalis tidak dapat teraktivasi secara optimal. Adanya pengotor dapat disebabkan dari berlebihannya perbandingan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  terhadap  $\text{TiO}_2$ . Hasil XRD ini dapat disimpulkan proses aktivasi masih kurang optimal hal ini dikarenakan adanya impurities (kotoran) dalam  $\text{TiO}_2$  dapat menghambat proses aktivasi. Impurities bisa membentuk lapisan pasif yang menghalangi interaksi antara  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , serta disebabkan karena waktu perendaman yang terlalu singkat atau terlalu lama dapat mempengaruhi tingkat aktivasi. Waktu yang terlalu singkat mungkin tidak cukup untuk reaksi berlangsung sempurna, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan pelarutan  $\text{TiO}_2$  yang berlebihan. Penelitian Manga dkk. (2018) hasil karakterisasi katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  menggunakan XRD menunjukkan bahwa puncak berada di  $2 = 27^\circ$ . Hal ini menunjukkan karakteristik katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  bersifat anatase dimana fase anatase memiliki luas permukaan yang besar. Ini juga menunjukkan bahwa katalis  $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2$  berpotensi menjadi pendukung katalis atau diaplikasikan sebagai adsorben.

#### 4.4 Hasil Analisis Proses Esterifikasi

Reaksi esterifikasi adalah reaksi kimia antara alkohol (gliserol) dan asam karboksilat (asam asetat) yang menghasilkan ester (triasetin) dan air. Pada proses esterifikasi ini menggunakan variabel perbandingan molar gliserol:asam asetat yaitu 1:8 ; 1:10 ; 1:11; dan perbandingan katalis  $\text{TiO}_2$  yaitu 2, 4, dan 6%; variabel suhu yaitu 60, 80, dan 100°C. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah  $\text{TiO}_2$  yang telah teraktivasi oleh  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Katalis adalah zat yang dapat mempercepat laju suatu reaksi kimia tanpa ikut bereaksi secara permanen. Pada proses esterifikasi dilakukan analisis sisa mol asam asetat, asam total, dan % konversi gliserol. Hasil analisis proses esterifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Proses Esterifikasi

Variabel			Parameter		
Rasio Molar Gliserol dengan Asam total	Suhu (°C)	Rasio Katalis (%)	Sisa Mol Asam Asetat	Asam Total	Konversi Gliserol (%)
1:8	60	2	0,0154	5,04	99,694
		4	0,0151	6,3	99,760
		6	0,0148	7,98	99,815
	80	2	0,0151	5,88	99,734
		4	0,0148	6,72	99,804
		6	0,0137	8,82	99,832
	100	2	0,0147	6,3	99,731
		4	0,0140	7,14	99,819
		6	0,0126	9,24	99,870
1:10	60	2	0,0145	5,46	99,743
		4	0,0140	7,14	99,780
		6	0,0141	8,4	99,845
	80	2	0,0142	5,88	99,759
		4	0,0137	7,98	99,828
		6	0,0133	9,24	99,853
	100	2	0,0141	6,72	99,792
		4	0,0137	8,4	99,833
		6	0,0133	10,08	99,880
1:11	60	2	0,0158	5,88	99,767
		4	0,0129	7,14	99,804
		6	0,0126	9,66	99,864
	80	2	0,0131	6,3	99,790
		4	0,0126	7,56	99,854
		6	0,0116	9,66	99,868

100	2	0,0126	7,14	99,824
	4	0,0112	8,82	99,873
	6	0,0101	10,5	99,904

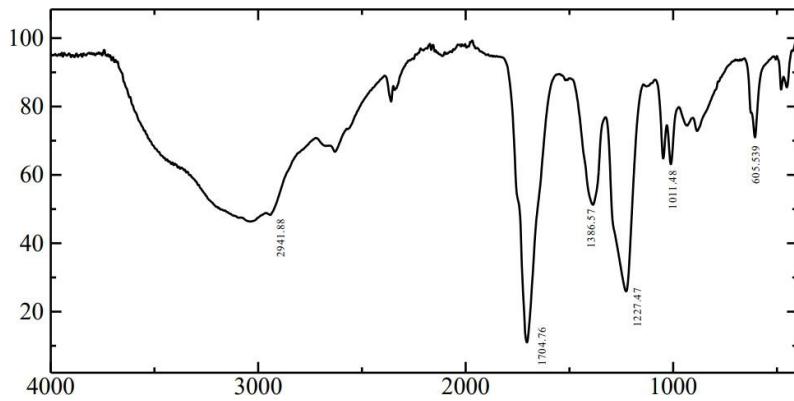
Pada hasil tabel di atas menunjukkan reaksi pada esterifikasi tidak memenuhi perhitungan teori, karena asam asetat yang digunakan berlebih yang menyebabkan penyimpangan dalam stoikiometri pada reaksi pembuatan triasetin. Reaksi esterifikasi pembuatan triasetin merupakan reaksi excess. Reaksi excess adalah reaksi berlebih yang terjadi ketika salah satu reaktan dalam reaksi kimia digunakan dalam jumlah yang lebih besar daripada yang dipersyaratkan oleh stoikiometri reaksi. Pada reaksi ini terjadi sisa dari asam asetat yang berlebih yang memungkinkan terjadinya produk samping yang tidak diinginkan seperti mono-acetin atau di-acetin. Terjadinya produk samping ini dapat dihasilkan dari reaktan yang berlebih dan katalis yang tidak sepenuhnya teraktivasi, hal itu menyebabkan terbentuknya mono – acetin dan di – acetin yang tidak di inginkan.

Katalis yang digunakan pada proses ini belum dapat dikatakan menjadi katalis, diperkuat dengan hasil analisis XRD yang telah dilakukan. Hasil dari analisis XRD menunjukkan bahwa banyaknya impurities yang menjadikan katalis tersebut tidak dapat teraktivasi sempurna,

Tabel 4.2 menunjukkan adanya sisa asam asetat setelah reaksi berlangsung. Hal ini juga di dukung dengan adanya pita serapan (C-O) ester pada gelombang 1227.47 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan karakteristik dari gugus C-O dalam ester. Berdasarkan penelitian Hartoro (2015), mono – acetin dan di – acetin biasanya muncul pada gelombang 1200 – 1300 cm<sup>-1</sup>

#### 4.5Karakteristik Triasetin dengan Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan salah satu alat atau instrument yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Analisis Fourier Transform Infra Red (FTIR) pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi dalam produk triasetin terlihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Hasil Analisis FTIR Triasetin

Hasil Karakteristik FTIR pada Triasetin dapat dilihat pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 3 Hasil Karakteristik FTIR Pada Triasetin

Gugus Fungsi	Panjang Gelombang (cm <sup>-1</sup> )
C-H bending	605,539
O streching	1011,48
C-O streching ester	1227,47
H bending aldehyde C=O	1386,57
streching esters	1704,76
C-H streching alkane	2941,88

Hasil FTIR ditunjukkan Tabel 4.3 pada triasetin terdapat gugus fungsi C-H bending yang muncul pada panjang gelombang 605,539 cm<sup>-1</sup>. C-H bending umumnya berasal dari ikatan C-H dalam alkana atau sikloalkana. Ikatan C-H bending pada triasetin disebabkan oleh getaran (vibrasi) ikatan C-H dalam molekul triasetin. Dalam triasetin, gugus-gugus alkil (seperti metil atau metilen) memiliki ikatan C-H yang dapat mengalami bending (pembengkokan) ketika terpapar oleh radiasi inframerah. Terdapat gugus fungsi C-O streching yang muncul pada panjang gelombang 1011,48 cm<sup>-1</sup>. Adanya gugus fungsi C-O stretching pada daerah ini menunjukkan adanya ikatan ester dalam triasetin. Ini penting karena ester adalah komponen utama dalam struktur kimia triasetin. Terdapat gugus fungsi C-O streching ester yang muncul pada panjang gelombang 1227,47 cm<sup>-1</sup>. Panjang gelombang ini juga berhubungan dengan gugus ester, mengkonfirmasi keberadaan ikatan ester. Terdapat gugus fungsi C-H bending aldehida yang muncul pada panjang gelombang 1386,57 cm<sup>-1</sup>. Meskipun aldehida biasanya memiliki sinyal pada rentang ini, kehadiran sinyal ini dalam sampel triasetin mungkin menunjukkan adanya sedikit kontaminasi atau produk sampingan yang mengandung gugus aldehida. Terdapat gugus fungsi C=O Stretching Esters yang muncul pada panjang gelombang 1704,76 cm<sup>-1</sup> yang diindikasikan adanya gugus ester, yang merupakan inti dari triasetin. Puncak kuat pada panjang gelombang ini menunjukkan keberadaan ikatan C=O dalam gugus ester. Terdapat gugus fungsi C-H Stretching Alkane yang muncul pada panjang gelombang 2941,88 cm<sup>-1</sup>. Gugus alkana dalam struktur triasetin berkontribusi terhadap sinyal ini. C-H stretching dalam alkana merupakan karakteristik penting yang mengindikasikan struktur dasar hidrokarbon dari molekul. Berdasarkan penelitian yang mengindikasikan struktur dasar hidrokarbon dari molekul. Berdasarkan penelitian Hartoro (2015), triasetin tergolong dalam grup ester dengan panjang gelombang 1700-1750 cm<sup>-1</sup>. Dibuktikan pada sampel terdapat panjang gelombang 1743,65 cm<sup>-1</sup> yang tergolong dalam grup ester. Hal ini membuktikan bahwa didalam sampel terdapat triasetin.

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Semakin banyak perbandingan molar asam asetat dibandingkan gliserol, dapat menggeser kesetimbangan menuju arah produk, variabel konsentrasi katalis berfungsi meningkatkan laju reaksi ini dapat tunjukkan dalam hasil konversi gliserol yang seiring meningkat, semakin tinggi

suhu yang digunakan dapat meningkatkan peluang tumbukan efektif yang meningkatkan konversi gliserol.

2. Karakteristik XRD pada katalis sebelum diaktivasi oleh H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memiliki intensitas lebih tinggi dibandingkan setelah diaktivasi menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, disini menunjukkan bahwa proses aktivasi belum berjalan maksimal sehingga menghasilkan katalis dengan zat pengotor yang tinggi. Semakin banyak perbandingan molar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap TiO<sub>2</sub> dapat mengakibatkan banyaknya pengotor yang menyebabkan tidak teraktivasinya katalis secara optimal.

3. Karakteristik FTIR pada triasetin terdapat gugus fungsi C=O Stretching Esters yang muncul pada panjang gelombang 1704,76 cm<sup>-1</sup> yang diindikasikan adanya gugus ester, yang merupakan inti dari triasetin. Puncak kuat pada panjang gelombang ini menunjukkan keberadaan ikatan C=O dalam gugus ester.

## Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang perlu dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Menambahkan karakteristik GC-MS digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam sampel dengan cara membandingkan luas puncak pada kromatogram dengan standar internal atau kurva kalibrasi.
2. Menambahkan karakteristik NMR digunakan untuk mengetahui pengaruh elektron dan atom – atom di sekitarnya untuk menentukan struktur serta dinamika molekul dalam triasetin.
3. Melakukan pemisahan antara produk triasetin dengan asam asetat untuk mengetahui jumlah produk yang dihasilkan.
4. Untuk menghasilkan karakterisasi XRD yang baik perlu dilakukan pengurangan jumlah molar pada H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> saat proses aktivasi TiO<sub>2</sub>

## Referensi

- Afrizal, Y., Dewi, E., Mustain, D., Teknik, J., Program, K., Teknologi, S., Industri, K., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2022). Pengolahan Crude Palm Oil (Cpo) Menjadi Minyak Sawit Merah (Msm) Menggunakan Filter Batuan Zeolit, Membran Keramik Dan Cartridge Filter Processing of Crude Palm Oil (Cpo) Into Red Palm Oil(Rpo) Using Zeolite, Ceramic Membrane and Cartridge Filter. Jurnal Kinetika, 13(03), 11–19. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Alhogbi, B. G., Arbogast, M., Labrecque, M. F., Pulcini, E., Santos, M., Gurgel, H., Laques, A., Silveira, B. D., De Siqueira, R. V., Simenel, R., Michon, G., Auclair, L., Thomas, Y. Y., Romagny, B., Guyon, M., Sante, E. T., Merle, I., Duault-Atlani, L., Anthropologie, U. N. E., ... Du, Q. (2018). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析 Title. Genderand Development, 120(1), 0–22. [http://www.uib.no/sites/w3.uib.no/files/attachments/1.\\_ahmed-affective\\_economies\\_0.pdf%0A](http://www.uib.no/sites/w3.uib.no/files/attachments/1._ahmed-affective_economies_0.pdf%0A)
- Anugrah. (2015). Pengaruh lama fermentasi dan penambahan sari kurma. 47–71.

Ballo, A., Nge, S. T., Rafael, A., & Bullu, N. I. (2022). ANALISIS KADAR AIR, KADAR PROTEIN DAN KADAR KALIUM TEPUNG BIJI NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*). BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi), 13(1), 127. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v13i1.5314>

Barka, N., Assabbane, A., Nounah, A., Dussaud, J., & Ait Ichou, Y. (2008). Photocatalytic degradation of methyl orange with immobilized TiO<sub>2</sub> nanoparticles: effect of pH and some inorganic anions PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYL ORANGE WITH IMMOBILIZED TiO<sub>2</sub> NANOPARTICLES: EFFECT OF pH AND SOME INORGANIC ANIONS.

Article in Physical and Chemical News, 41(November 2014), 85–88. <https://www.researchgate.net/publication/267790286>

Chambers, D., Huang, C., & Matthews, G. (2015). The cell membrane. In Basic Physiology for Anaesthetists (pp. 13–17). <https://doi.org/10.1017/cbo9781139226394.006>

Dan, K. B., & Jelantah, D. M. (2017). UJI PERFORMANSI MESIN DIESEL DENGAN.

Afrizal, Y., Dewi, E., Mustain, D., Teknik, J., Program, K., Teknologi, S., Industri, K., Sriwijaya, N., Sriwijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2022). Pengolahan Crude Palm Oil (Cpo) Menjadi Minyak Sawit Merah (Msm) Menggunakan Filter Batuan Zeolit, Membran Keramik Dan Cartridge Filter Processing of Crude Palm Oil (Cpo) Into Red Palm Oil(Rpo) Using Zeolite, Ceramic Membrane and Cartridge Filter. Jurnal Kinetika, 13(03), 11–19. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

Darni, Rahmadani, & T. Alawiyah. (2020). Analisis Kadar Sulfat So<sub>4</sub> 2- Pada Air Minum yang Mengandung Tawas dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. Journal of Pharmaceutical Care and Science, 1(1), 1–9.

Daud, A., Suriati, S., & Nuzulyanti, N. (2020). Kajian Penerapan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Penentuan Kadar Air Metode Thermogravimetri. Lutjanus, 24(2), 11–16. <https://doi.org/10.51978/jlpp.v24i2.79>

Efri Mardawati, Mahdi Singgih Hidayat, Devi Maulida Rahmah, & SRosalinda. (2019). Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dihasilkan. Jurnal Industri Pertanian – , 01, 46–60. <https://doi.org/Jurnal Teknik Pertanian>

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. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.33339>

Jimmy, J., Setyawan, E. Y., & Rastini, E. K. (2022). Alkali-Catalyzed Palm Oil Transesterification at Room Temperature : Effect of Stirring Time and Reaction Time. Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia, 7(1), 63–73. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v7i1.3211>

Jaya, J. M., Hunga, A. Y. M., Nikmah, S. S., & Susanti, M. M. (2019). Sintesis Senyawa Etil Laurat Menggunakan Variasi Volume Katalis Asam Sulfat Pekat. Jurnal Labora Medika, Vol 3(1), 1–9.

Manga, J., Utomo, W. B., & Ruso, S. (2018). Sintesis Katalis Padat SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/TiO<sub>2</sub> Dengan Metode Impregnasi Dan Aplikasinya Pada Metanolisis Minyak Jelantah. Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M), 2018, 178–182.

Barka, N., Assabbane, A., Nounah, A., Dussaud, J., & Ait Ichou, Y. (2008). Photocatalytic degradation of methyl orange with immobilized TiO<sub>2</sub> nanoparticles: effect of pH and some inorganic anions PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYL ORANGE WITH IMMOBILIZED TiO<sub>2</sub> NANOPARTICLES: EFFECT OF pH AND SOME INORGANIC ANIONS.

Article in Physical and Chemical News, 41(November 2014), 85–88. <https://www.researchgate.net/publication/267790286>

Pardi, P. (2016). Pemurnian Gliserol Kasar Dari Residu Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodiesel. Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi, 4(2), 13–17. <https://doi.org/10.30811/jstr.v4i2.35>

Peng, H., Chen, Y., Mao, L., & Zhang, X. (2016). Significant changes in the photo-reactivity of TiO<sub>2</sub> in the presence of a capped natural dissolved organic matter layer. Water Research, 110. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.025>

Pranata, D., Ardiningsih, P., Rahmalia, W., Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2021). Ekstraksi Minyak Kelapa Murni Dengan Metode Pengadukan Dan Cold

Pressed. Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry, 3(2), 11. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v3i2.46349>

Pratiwi, E., & Sinaga, F. M. (2018). Konversi Gliserol dari Biodiesel Minyak Jelantah dengan Katalisator KOH. Jurnal Chemurgy, 1(1), 9. <https://doi.org/10.30872/cmg.v1i1.1133>

Silalahi, R. L. R., Sari, D. P., & Dewi, I. A. (2021). Pengujian Free Fatty Acid (FFA) dan Colour untuk Mengendalikan Mutu Minyak Goreng Produksi PT. XYZ. Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri, 6(1), 41–50.

Darni, Rahmadani, & T. Alawiyah. (2020). Analisis Kadar Sulfat So<sub>4</sub> 2- Pada Air Minum yang Mengandung Tawas dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. Journal of Pharmaceutical Care and Science, 1(1), 1–9.

Peng, H., Chen, Y., Mao, L., & Zhang, X. (2016). Significant changes in the photo-reactivity of TiO<sub>2</sub> in the presence of a capped natural dissolved organic matter layer. Water Research, 110. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.12.025>

Supriyanto, E., Holikin, A., & Suwardiyanto. (2015). Pengaruh Thermal Annealing terhadap Struktur Kristal dan Morfologi Bubuk Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) The. Jurnal ILMU DASAR, 15(1), 69–70