



## Sintesis keton dari asam lemak stearat dengan katalis *layered double hydroxide* (LDH) Mg-Al-Cu

Firman Arief Soejana<sup>1</sup>, Erliza Hambali<sup>2\*</sup>, Obie Farobie<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Sekolah Pascasarjana Teknik Industri Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia*

<sup>2</sup>*Teknologi Industri Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia*

<sup>3</sup>*Teknik Mesin dan Biosistem, IPB University, Bogor, Indonesia*

### Article history

*Diterima:*

10 Oktober 2022

*Diperbaiki:*

15 November 2022

*Disetujui:*

18 November 2022

### Keyword

*Decarboxylation;*

*Fatty Acid;*

*FTIR;*

*Ketone Synthesis;*

*LDH;*

### ABSTRACT

*The synthesis of ketones from stearic fatty acids using the fatty acid decarboxylation method to ketones has been carried out to increase the added value of palm oil derivative products. One of the derivative products of palm oil is Crude Palm Oil which can be converted into fatty acids through the triglyceride hydrolysis process. Palm fatty acids are Indonesia's most potentially environmentally friendly raw material. This research aims to synthesize ketones from palm fatty acids using a catalyst. Ketone compounds were synthesized using a solid base catalyst as a double hydroxide layer based on Mg-Al-Cu. Identification of the presence of a C=O ketone group was carried out by testing the Fehling test, Tollens, spectrophotometer (FTIR), and computing the yield. The results showed the success of ketone synthesis using the fatty acid decarboxylation method into ketones through a test of Fehling's on stearic fatty acid ketone products. Meanwhile, in the Tollens test, there wasn't a change in the silver mirror. Furthermore, the spectrophotometer test (FTIR) showed the presence of a C=O bond or a carbonyl group at the peak wave 1707 cm<sup>-1</sup>. Ketone's synthesis produced was 95.09%.*



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

\* Penulis korespondensi

Email : erlizahambali@apps.ipb.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v18i2.17108

## PENDAHULUAN

Produksi CPO di Indonesia Menurut data Statistik Perkebunan Unggulan Nasional (2021) memiliki luas areal perkebunan kelapa sawit yang masih didominasi oleh perkebunan besar swasta sebesar 7,942 juta hektar atau 54,95% dan diikuti perkebunan rakyat yang menguasai 5,89 juta hektar atau 40,79%. Dan sisanya 617 juta hektar atau 4,27% dikuasai oleh perkebunan besar negara. Sedangkan produksi CPO di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 50 juta ton (Kementerian Pertanian 2021). Produk CPO memiliki prospek pasar yang tinggi, hal ini dapat dilihat dari banyaknya permintaan akan produk minyak dan berbagai produk turunannya (Luthfian *et al.* 2017). Beberapa produk turunan dari CPO yaitu *fatty acid*, *gliserol*, *fatty acid metil ester*, dan *fatty alcohol* (Williams 1945).

Proses hidrolisis trigliserida dari CPO menghasilkan asam lemak minyak sawit yang saat ini menjadi bahan baku paling potensial di Indonesia (Maulinda *et al.* 2017). Asam lemak kelapa sawit yang dihasilkan dapat disintesis dalam beberapa cara untuk dijadikan olahan produk kimia (Shylesh *et al.* 2017), salah satunya ialah produk keton. Keton adalah senyawa yang memiliki gugus karbonil (C=O) yang terikat pada dua gugus alkil, pada gugus alkil tidak mengandung hydrogen. Keton mempunyai rumus umum: R1-CO-R2 (dimana R1 dan R2 bisa identik ataupun berbeda) (Pattenden 2009). Keton tidak mengandung hidrogen yang terikat pada gugus C=O. Proses sintesis keton dari asam karboksilat dapat dilakukan dengan dekarboksilasi dua molekul asam karboksilat melalui pelepasan molekul air dan karbondioksida membentuk keton.

Parameter penting dalam mengkonversi asam lemak menjadi keton yaitu suhu reaksi, waktu atau kontak reaksi, reaktan asam lemak yang digunakan, jenis katalis, metode pembuatan katalis, kondisi proses katalis dan sifat asam karboksilat yang digunakan (Snell dan Shanks 2013). Keton dapat disintesis melalui dekarboksilasi asam lemak, turunan asam lemak, atau campuran asam lemak (Back *et al.* 2018). Keton yang dihasilkan dari asam lemak berpotensi sebagai bahan baku yang ramah lingkungan untuk digunakan dalam bahan bakar diesel, pelumas, dan surfaktan (Smith *et al.* 2018). Saat ini kebutuhan keton di Indonesia akan terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan jumlah industri pengguna senyawa keton yang terus berkembang. Namun,

proses produksi keton masih dilakukan melalui oksidasi hidrokarbon yang bersifat tak terbarukan (Siegel *et al.* 2000).

Dekarboksilasi asam lemak menjadi keton telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan menggunakan jenis katalis oksida logam yang berbasis Cerium (Ce). Menurut Deng *et al.* (2009) beberapa jenis katalis oksida logam digunakan dalam proses dekarboksilasi katalitik asam asetat. Katalis MnO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> dan CeO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> menunjukkan hasil yang sangat baik karena dapat mengkonversi asam asetat menjadi aseton hingga 98,05% dan 99,70%. Sintesis keton juga dapat dilakukan melalui dekarboksilasi asam propionat menggunakan katalis CeO<sub>2</sub>-Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Nagashima *et al.* 2005) dan pada penelitian Shutilov *et al.* (2013) melakukan ketonisasi dari asam pentanoat menggunakan katalis CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> menghasilkan konversi sebesar 93,2% serta selektivitas 78,7%. Sedangkan Smith *et al.* (2018) melakukan proses dekarboksilasi asam stearat (C18:0) menggunakan katalis basa berbentuk padat *Layered Double Hydroxide* (LDH) Mg-Al dan *Mixed Metal Oxide* (MMO) pada suhu 250°C dengan menghasilkan rendemen 97%.

Aleem *et al.* (2021) melakukan proses sintesis keton dengan asam karboksilat menggunakan katalis logam menunjukkan ion karboksilat yang dihasilkan melalui partisipasi permukaan gugus hidroksil, berinteraksi membentuk senyawa intermediet yang kemudian diubah menjadi keton pada dekarboksilasi.

Reaksi ini dapat digunakan sebagai model untuk dekarboksilasi asam lemak turunan minyak kelapa sawit menjadi keton. Dalam penelitian bahan baku yang digunakan untuk dekarboksilasi asam lemak menjadi keton adalah asam stearat dengan menggunakan katalis basa heterogen Mg-Al-Cu. Jenis bahan baku, katalis dan proses dekarboksilasi dipilih berdasarkan modifikasi dari Smith *et al.* (2018), Aleem *et al.* (2021) dan Pham *et al.* (2012) yang telah melakukan dekarboksilasi asam lemak menjadi keton. Tujuan utama penelitian ini adalah mensintesis keton dari asam lemak minyak sawit dengan proses reaksi dekarboksilasi dengan katalis berbasis Mg-Al-Cu bersifat ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan hasil samping yang dapat menjadi polutan pencemar.

## METODE

### Bahan dan Alat

#### *Sintesis Katalis LDH (Layered Double Hydroxide)*

Bahan yang digunakan yaitu NaOH, NaHCO<sub>3</sub>, magnesium nitrat heksa hidrat (Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O), aluminium nitrat deka hidrat (Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O), copper nitrat (Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>O), aquades. Alat yang digunakan yaitu peralatan gelas, indikator pH universal, teko listrik, *plastic wrap*, saringan, neraca analitik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) Shimadzu IR Prestige-21, *X-ray Diffractometer* (XRD) Empyrean PANalytical, dan *Scanning Electrone Microscope* (SEM) FEI Quanta 450.

#### *Sintesis Keton*

Bahan yang digunakan yaitu C18:0, katalis basa padat berbasis Mg-Al-Cu, heksana, nitrogen, aquades, etanol, tollens, fehling A, dan fehling B. Alat yang digunakan yaitu Labu leher 3, hotplate stirrer, peralatan gelas, timbangan, oven, viskometer, dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

#### *Sintesis LDH Metode Kopresipitasi*

Sintesis LDH dengan metode kopresipitasi memodifikasi prosedur kerja pada literatur Smith *et al.* (2018). Larutan Mg-Al-Cu dengan mol 9:4,5 disiapkan dengan mencampurkan magnesium nitrat heksa hidrat, aluminium nitrat deka hidrat serta FeCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O. Larutan logam selanjutnya dimasukkan ke dalam labu ukur 100ml lalu dimasukkan ke dalam buret sebagai titran. Titrasi dibuat dengan sebanyak 3,77g NaHCO<sub>3</sub> ditimbang dan dilarutkan dengan 100ml aquades ke dalam erlenmeyer 250ml kemudian dipanaskan menggunakan *hot plate* sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga suhu mencapai 65°C. Seluruh larutan logam kemudian dititrasi ke dalam Erlenmeyer yang berisi NaHCO<sub>3</sub>. Larutan dalam Erlenmeyer (larutan logam + NaHCO<sub>3</sub>) kemudian dititrasi kembali menggunakan larutan NaOH 1 M hingga pH larutan mencapai 10. Senyawa LDH akan terbentuk setelah pH mencapai 10. Larutan diaduk hingga 10 menit (dengan tetap mempertahankan suhu 65°C). Gelas Erlenmeyer selanjutnya ditutup menggunakan *plastic wrap* untuk dilakukan proses aging selama 24 jam dalam suhu 65°C.

Larutan LDH selanjutnya dicuci menggunakan aquades panas. Aquades sebelumnya dididihkan terlebih dahulu dengan menggunakan teko listrik. LDH dicuci secara berkala hingga pH larutan turun menjadi 7. Larutan LDH yang telah mencapai pH 7 selanjutnya dipindahkan ke dalam wadah untuk selanjutnya dimasukkan dalam *freezer* hingga seluruh permukaan larutan membeku (kurang lebih 16 jam). Setelah membeku, LDH dipindahkan dari *freezer* ke dalam bak berisi air hangat untuk dicairkan dan dipisahkan antara endapan LDH dengan fase airnya. Endapan LDH yang telah terpisah selanjutnya dikeringkan dalam oven bersuhu 80 – 100°C untuk menghilangkan kadar airnya. Ukuran LDH dihaluskan dengan menggunakan mortar, kemudian disaring menggunakan saringan berukuran 100 mesh.

#### *Karakterisasi Katalis LDH dengan XRD, FTIR dan SEM*

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi, dan ukuran kristalit katalis. Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengetahui kandungan gugus fungsi di dalam katalis dengan jangkauan bilangan gelombang 400 – 4000cm<sup>-1</sup>. Karakterisasi SEM digunakan untuk mengamati morfologi, ukuran partikel, serta mengetahui komposisi unsur yang terkandung di dalam sampel. Karakterisasi SEM dilakukan pada perbesaran 50.000 kali.

#### *Sintesis Keton Asam Lemak*

Sintesis keton menggunakan bahan baku asam lemak C18. Kemudian asam lemak dengan berat 95g dilarutkan dengan larutan heksana 500 ml sebagai solven diaduk dengan *magnetic stirrer* di labu leher 3 dengan dialirkan nitrogen menggunakan tekanan 1 atm hingga mencapai suhu 66°C diatas *hot plate*, kemudian ditambahkan katalis LDH Mg-Al-Cu dengan konsentrasi 0,3% dari berat bahan, diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga mencapai suhu 100 - 250 °C. Lalu hitung waktu sampel dipanaskan selama 5 jam setelah tercampur semuanya. Hasil produk selanjutnya didinginkan pada suhu ruang.

#### *Analisis Keton*

Analisis keton dilakukan dengan pereaksi fehling dan pereaksi tollens digunakan untuk membedakan antara senyawa keton dengan aldehid, karena pereaksi tollens dan fehling hanya bereaksi dengan senyawa aldehid dan hidroksil, uji FTIR untuk mengetahui kandungan

gugus fungsi C=O atau karbonil apakah sudah terbentuk dengan jangkauan peak gelombang 1680 – 1750 perCM, kemudian untuk mengetahui sifat fisiko kimia keton dilakukan analisis viskositas, densitas, kadar air, bilangan asam, bilangan iod. Dan juga menghitung rendemen yang dihasilkan melalui proses dekarboksilasi asam lemak menjadi keton dengan katalis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Difraktogram LDH

Derajat kristalinitas menggunakan analisis XRD merupakan faktor penting untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran parameter kisi dari katalis. Analisis XRD menunjukkan bahwa terdapat tiga puncak difraksi  $d_{003}$ ,  $d_{006}$ ,  $d_{009}$  yang muncul pada difraktogram katalis pada sudut  $2\theta$  sebesar  $11,543^\circ$ ;  $23,271^\circ$ ; dan  $34,387^\circ$ . Munculnya pola difraktogram ini sama dengan hasil yang dilaporkan oleh peneliti Tsyganok dan Sayari (2006) serta Shan *et al.* (2015). Dari ketiga puncak difraksi mengindikasikan bahwa katalis yang disintesis terkrystalisasi dengan baik dan memiliki struktur berlapis dengan susunan lapisan berbentuk trigonal prismatic (Shan *et al.* 2015).dapat dilihat pada Gambar 1.

### Spektrum FTIR LDH

Hasil dari spektrum FTIR dari puncak serapan yang ditemukan pada peak gelombang  $3448,72\text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya peregangan dari gugus –OH yang disebabkan oleh molekul air pada lapisan *interlayer* dan gugus hidroksil terdapat pada lapisan yang mirip brusit. Adanya puncak serapan yang muncul pada peak gelombang  $2343,51\text{ cm}^{-1}$ ,  $1653,00\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1363,67\text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya peregangan dari gugus  $\text{CO}_3^{2-}$  yang terhidrasi pada lapisan *interlayer*. Hasil analisis FTIR pada katalis diduga memiliki struktur lapisan yang kurang teratur dengan ditandai oleh munculnya puncak serapan lemah dan adanya overlapping pada peak

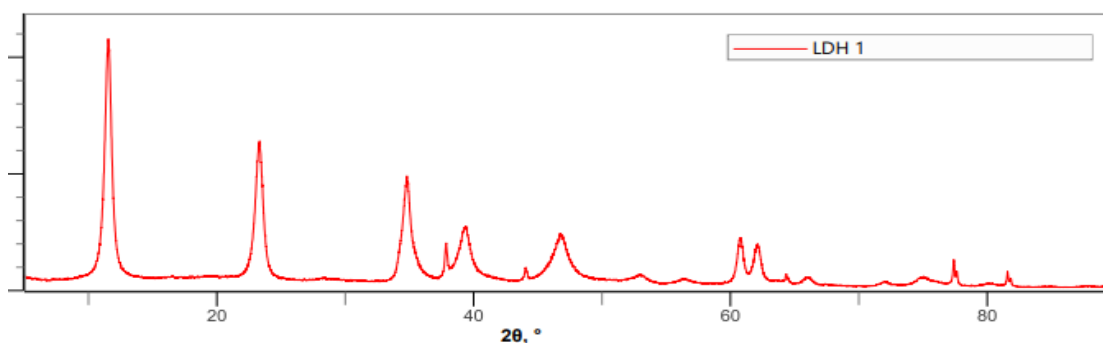
gelombang yang lebih rendah (Barbosa *et al.* 2018). Spektrum FTIR katalis LDH Mg-Al-Cu ditunjukkan pada Gambar 2.

### Morfologi dan Distribusi Unsur LDH

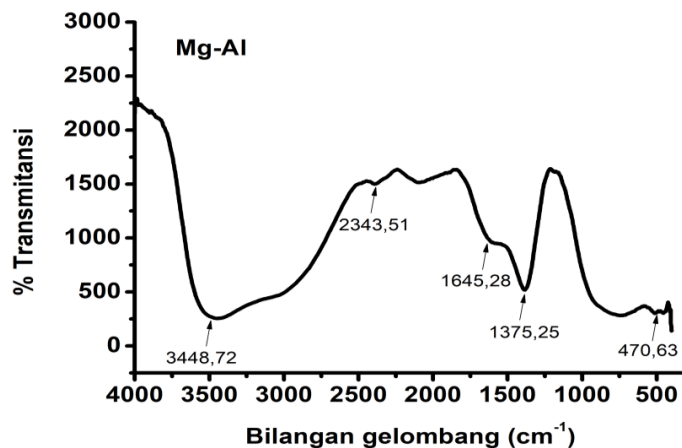
Menurut Gennequin *et al.* (2010) analisis menggunakan SEM dapat menghasilkan informasi mengenai bentuk dan morfologi dari suatu sampel. Gambar 3 menunjukkan hasil foto SEM dari katalis LDH Mg-Al-Cu pada perbesaran 50000 kali. Morfologi katalis LDH Mg-Al-Cu terlihat seperti kepingan yang bergerigi kecil dengan diameter sekitar 100 nm. Kepingan tersebut tersusun membentuk agregat kristal. Susunan dan agregasi lempeng yang dimiliki terlihat tidak simetris. Hal ini diduga dapat menunjukkan keberhasilan dari metode kopresipitasi terhadap sintesis katalis LDH berbasis Mg-Al-Cu.

### Hasil Uji Perekasi Fehling dan Tollens

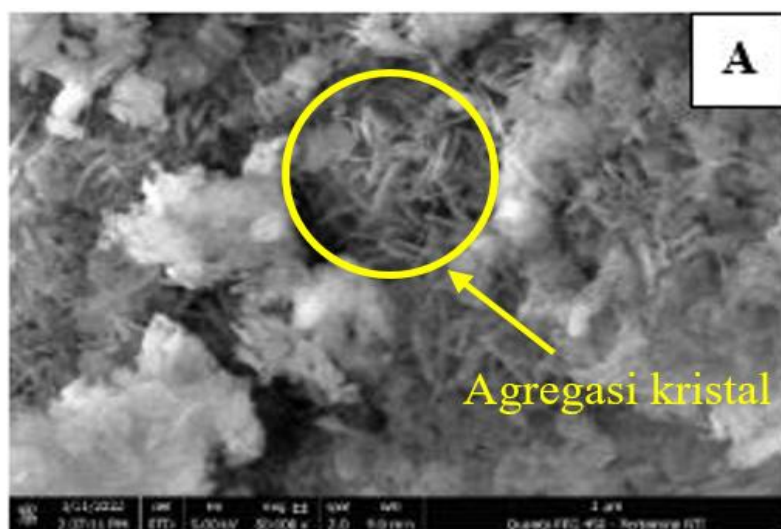
Analisis kualitatif dilakukan menggunakan pereaksi fehling dan pereaksi tollens yang dapat membedakan gugus karbonil keton dan aldehid berdasarkan sifat kemudahan oksidasi. Secara umum, Pereaksi fehling merupakan kompleks ion Cu (II) tartrat dalam larutan asam. Sedangkan larutan tollens didapatkan dari pereaksi hasil campuran larutan perak nitrat dan amonium hidroksida. Fungsi pereaksi tollens pada percobaan ini sebagai pengoksidasi ringan. Beberapa kandungan yang dimiliki oleh pereaksi tollens yaitu ion diamminperak(I) dan  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ . Kedua pereaksi tersebut akan bereaksi dengan gugus –OH. Gugus –OH tereduksi oleh pereaksi fehling (CuO) sehingga menghasilkan endapan merah bata. Gugus –OH juga akan direduksi oleh pereaksi tollens ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) dengan membebaskan cermin perak (Ag) (Arum 2013). Keton sendiri tidak mengandung gugus –OH sehingga saat direaksikan dengan pereaksi fehling dan tollens tidak akan mengalami perubahan.



Gambar 1 Difraktogram LDH berbasis Mg-Al-Cu



Gambar 2 Spektrum FTIR LDH Mg-Al-Cu



Gambar 3 Morfologi LDH Mg-Al-Cu

Hasil uji fehling dan uji tollens saat direaksikan dengan produk keton disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis tersebut menunjukkan asam lemak stearat dengan konsentrasi katalis 0,3% menunjukkan hasil yang sama negatif dari kedua uji fehling maupun uji tollens. Hasil dari pereaksi fehling pada saat diujikan dengan sampel keton tidak mengalami perubahan warna, tetap berwarna biru dan tidak adanya endapan merah bata pada tabung reaksi. Sedangkan pada uji menggunakan pereaksi tollens juga tidak mengalami perubahan adanya cermin perak pada tabung reaksi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dalam proses dekarboksilasi asam lemak menjadi keton menggunakan katalis basa padat LDH Mg-Al-Cu mengalami keberhasilan pembentukan senyawa keton dengan dibuktikan dari hasil analisa kualitatif uji fehling dan uji tollens. Oleh karena itu, untuk mengetahui hasil yang akurat dilakukan analisis selanjutnya menggunakan metode

spektrum inframerah dengan spektrofotometer FTIR untuk memperkuat dugaan hasil identifikasi.

### Spektrum FTIR Keton

Pada penelitian ini dilakukan identifikasi senyawa dengan metode spektrum inframerah dengan spektrofotometer (FTIR) untuk mengetahui perubahan dan pembentukan gugus fungsi baru yang terjadi pada proses dekarboksilasi asam lemak menjadi keton (Kang *et al.* 2016). Sampel yang digunakan untuk analisis FTIR yaitu bahan baku asam lemak stearat dengan konsentrasi katalis 0,3% yang telah dilakukan proses sintesis. Hasil analisis struktur menggunakan metode spektrum FTIR terhadap keton ini menunjukkan adanya kesesuaian dengan yang diharapkan. Melalui metode ini dapat dilihat adanya perubahan gugus-gugus fungsi pada senyawa kimia pada reaktan. Grafik spektrum FTIR gugus keton asam lemak stearat dan keton asam lemak oleat dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil analisis FTIR produk keton asam lemak stearat terdapat peak gelombang yang mengalami sedikit variasi pada daerah peak 3000 – 2850 cm<sup>-1</sup> yang merupakan ciri dari ikatan C-H alkana. Selain itu pada daerah peak 1465 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus alkil CH<sub>2</sub>, peak gelombang 1350 – 1000 cm<sup>-1</sup> terdapat ikatan gugus C-N amina, peak gelombang 785 – 540 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya ikatan gugus C-X klorida dan peak gelombang <667 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus bromida dan iodida (Pavia *et al.* 2014). Sedangkan keberadaan ikatan C=O atau gugus karbonil ditunjukkan oleh peak gelombang 1707 cm<sup>-1</sup> pada keton asam lemak stearate. Dari analisis FTIR produk keton asam lemak stearat tidak menunjukkan adanya ikatan gugus hidrogen O-H pada peak gelombang 3400-3200 cm<sup>-1</sup> (Lu *et al.* 2018). Hasil ini diduga pada sintesis keton menggunakan asam lemak stearat dengan konsentrasi katalis Mg/Al/Cu 0,3% telah berhasil terkonversi dengan adanya gugus karbonil. Hal ini sesuai dengan penelitian Dachriyanus (2004) yang menyatakan bahwa

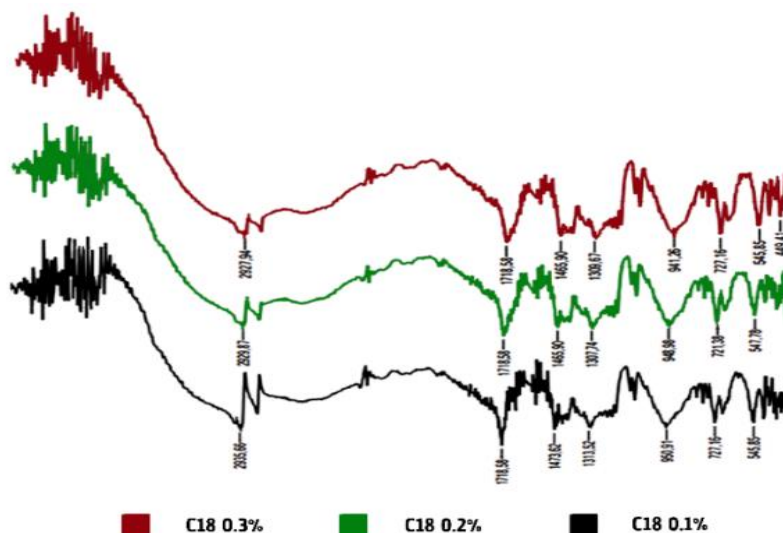
ikatan pada gugus karbonil C=O memberikan senyawa yang sangat berguna pada daerah peak gelombang 1680 – 1750 cm<sup>-1</sup>.

**Rendemen Keton**

Rendemen dihitung berdasarkan perbandingan berat akhir (berat ekstrak yang dihasilkan) dengan berat awal (berat biomassa sel yang digunakan) dikalikan 100% (Dewatisari *et al.* 2018). Rendemen yang dihasilkan dalam penelitian sintesis keton yaitu 95,09%. Rendemen keton asam lemak stearat yang diperoleh dalam penelitian ini masih dibawah (95,09%) jika dibandingkan dengan yang diperoleh dari peneliti Smith *et al.* (2018) pada konsentrasi katalis LDH Mg-Al 0,3%, yaitu sebesar 97%. Namun hasil rendemen yang diperoleh cukup tinggi jika dibandingkan dengan peneliti Simakova *et al.* (2016) menggunakan katalis berbasis cerium dan zirconium sebesar 80%. Jumlah rendemen meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi katalis LDH yang juga teramati oleh Smith *et al.* (2018).

Tabel 1 Hasil analisis kualitatif keton menggunakan pereaksi fehling dan tollens

Konsentrasi katalis (%)	Hasil	
	Fehling	Tollens
0,3	-	-
	Keterangan: + : Terbentuk warna endapan merah bata - : Tidak terbentuk endapan merah bata	Keterangan: + : Terbentuk cermin perak - : Tidak terbentuk cermin perak



Gambar 4 Hasil analisis spektrum FTIR gugus keton asam lemak stearat (C18)

### KESIMPULAN

Hasil sintesis keton dari asam lemak stearat didapatkan nilai rendemen tinggi yaitu 95,09%. Keberhasilan sintesis keton juga dibuktikan dengan hasil uji kualitatif menggunakan pereaksi fehling, pereaksi tollens dan spektrofotometer (FTIR). Dari hasil pereaksi fehling terhadap keton asam lemak stearat menunjukkan tidak mengalami perubahan warna atau tetap berwarna biru dan tidak adanya endapan merah bata. Sedangkan pada uji menggunakan pereaksi tollens juga tidak mengalami perubahan adanya cermin perak. Selanjutnya pada uji spektrofotometer (FTIR) menunjukkan keberadaan ikatan C=O atau gugus karbonil yang ditunjukkan oleh peak gelombang 1707  $\text{cm}^{-1}$ .

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih Kepada Laboratorium Surfaktan and Bioenergy Research Center (SBRC) Kampus IPB Baranangsiang dan *Research & Technology Center* PT. Pertamina (Persero).

### DAFTAR PUSTAKA

- Aleem SA, Asikin-Mijan N, Hussain AS, Voon CH, Dolfi A, Sivasangar S T-YY. 2021. Catalytic ketonization of palmitic acid over a series of transition metal oxides supported on zirconia oxide-based catalysts. *RSC Adv.* C:1–28.
- Arum YSS. 2013. Isolasi dan Uji Daya Antimikroba Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura*). *J MIPA Unnes.* 35(2):115048.
- Back O, Leroy R, Morvan M, and Moreau P MP. 2018. Formulations for enhanced oil recovery comprising sulfonates. *US 20180119002A1.* 2018.
- Barbosa GV, Meirelles JS, de Oliveira LCS, Amoresi RAC, Zaghet MA, Cavalheiro AA, da Silva RC, and de L. 2018. Influence of chromium (III) insertion on the thermal stability of carbonated magnesium and aluminum hydrotalcites synthesized by the hydroxide coprecipitation method. *Orbital.* 10 1 Special Issue:72–77. doi:10.17807/orbital.v10i1.1039.
- BPS Indonesia. 2020. Indonesian Oil Palm Statistics 2019.
- Dachriyanus. 2004. Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi.
- Dewatisari WF, Rumiyaniti L, and Rakhmawati I. 2018. Rendemen dan Skrining Fitokimia pada Ekstrak Daun *Sansevieria* sp. *J Penelit Pertan Terap.* 17(3):197. doi:10.25181/jppt.v17i3.336.
- Direktori Perkebunan Kelapa Sawit. 2020. Direktori Perusahaan Perkebunan Kelapa Sawit 2020.
- Gennequin C, Barakat T, Tidahy HL, Cousin R, Lamonier JF, Aboukais A, and Siffert S. 2010. Use and observation of the hydrotalcite “memory effect” for VOC oxidation. *Catal Today.* 157(1–4):191–197. doi:10.1016/j.cattod.2010.03.012.
- Kang N, Zuo YJ, Hilliou L, Ashokkumar M, and Hemar Y. 2016. Viscosity and hydrodynamic radius relationship of high-power ultrasound depolymerised starch pastes with different amylose content. *Food Hydrocoll.* 52:183–191. doi:10.1016/j.foodhyd.2015.06.017.
- Li D, Yao F, and Guo QX. 2009. Upgraded acidic components of bio-oil through catalytic ketonic condensation. *Energy and Fuels.* 23(1):564–568. doi:10.1021/ef800692a.
- Lu H, Zhang L, Liu C, He Z, Zhou X, and Ni Y. 2018. A novel method to prepare lignocellulose nanofibrils directly from bamboo chips. *Cellulose.* 25(12):7043–7051. doi:10.1007/s10570-018-2067-x.
- Luthfian R S R, Puspita Sari D, and Atsari Dewi I. 2017. Testing of Free Fatty Acid (FFA) and Colour for Controlling the Quality of Cooking Oil Produced by PT. XYZ. *Ind J Teknol dan Manaj Agroindustri.* 6(1):41–50. doi:10.21776/ub.industria.2017.006.01.6.
- Maulinda L, Nasrul, ZA, and Nurbaity . 2017. Hidrolisis Asam Lemak Dari Buah Sawit Sisa Sortiran. *J Teknol Kim Unimal.* 6(2): 1–15.
- Morad NA, MMKA Aziz, Rohani. 2006. Process Design in Degumming and Bleaching of Palm Oil. Centre of Lipids Engineering and Applied Research (CLEAR). Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.
- Nagashima O, Sato S, Takahashi R, and Sodesawa T. 2005. Ketonization of carboxylic acids over CeO<sub>2</sub>-based composite oxides. *J Mol Catal A Chem.* 227(1–2):231–239. doi:10.1016/j.molcata.2004.10.042.

- Obadiah A, Kannan R, Ravichandran P, Ramasubbu A, and Vasanth Kumar S. 2012. Nano hydrotalcite as a novel catalyst for biodiesel conversion. *Dig J Nanomater Biostructures*. 7(1):321–327.
- O'Brien, R.D., Walter, E.F. and Wan, P.J. (2000) Introduction to Fats and Oils Technology. 2nd Edition, AOCS Press, Champaign Illinois, 335-340.
- Pattenden G. 2009. Aldehydes and ketones. Volume ke-1–4.
- Pavia DL, Lampman GM, Kriz GS. 2014. Introduction to Spectroscopy fifth edition.
- Pertanian K. 2021. STATISTIK PERKEBUNAN UNGGULAN NASIONAL 2019-2021.
- Shutilov AA, Simonov MN, Zaytseva YA, Zenkovets GA, and Simakova IL. 2013. Phase composition and catalytic properties of ZrO<sub>2</sub> and CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> in the ketonization of pentanoic acid to 5-nonanone. *Kinet Catal*. 54(2):184–192. doi:10.1134/S0023158413020134.
- Shutilov AA, Simonov MN, Zaytseva YA, Zenkovets GA, and Simakova IL. 2013. Phase composition and catalytic properties of ZrO<sub>2</sub> and CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> in the ketonization of pentanoic acid to 5-nonanone. *Kinet Catal*. 54(2):184–192. doi:10.1134/S0023158413020134.
- Shylesh S, Gokhale AA, Ho CR, and Bell AT. 2017. Novel Strategies for the Production of Fuels, Lubricants, and Chemicals from Biomass. *Acc Chem Res*. 50(10):2589–2597. doi:10.1021/acs.accounts.7b00354.
- Siegel, H.; Manfred E. 2000. Ketones. *Ullmann's Encycl Ind Chem*. 51(9):560–579. doi:10.1246/nikkashi1921.51.560.
- Smith B, Li L, Perera-Solis DD, Gildea LF, Zholobenko VL, and Dyer PW, Greenwell HC. 2018. Ketone formation via decarboxylation reactions of fatty acids using solid hydroxide/oxide catalysts. *Inorganics*. 6(4). doi:10.3390/inorganics6040121.
- Snell RW, Shanks BH. 2013. Insights into the ceria-catalyzed ketonization reaction for biofuels applications. *ACS Catal*. 3(4):783–789. doi:10.1021/cs400003n.
- Williams KA. 1945. Industrial oil and fat products. Volume ke-70.