

## Produksi Monogliserida dengan Esterifikasi Asam Lemak

Fadillatul Nisa<sup>1)</sup>, Ida Zahrina<sup>2)</sup>, Sunarno<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Kimia  
Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis

Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293  
E-mail: [fadillatul.nisa@student.unri.ac.id](mailto:fadillatul.nisa@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Monoglyceride (MG) is a compound containing one ester group (-COOR) with a long chain of fatty acids and two hydroxyl groups (-OH). MG is the most widely used compound as an emulsifier in the food industry. Emulsifier is a compound that has surface activity so that it can reduce surface tension and stabilize the emulsion. MG has the ability to reduce surface tension and can stabilize oil and water emulsions. MG can be synthesized through esterification of fatty acids with glycerol using an acid catalyst. Esterification reaction is an endothermic reaction that is reversible and the reaction conditions effect the conversion of the reaction obtained. The operating conditions in the esterification of fatty acids with glycerol effect the reaction conversion as well as the quality of the monoglycerides produced. MG production through esterification of fatty acids with reaction conversion and high purity has been found in the use of DES (deep eutectic solvent) as a catalyst. DES is stable and not volatile so that it can be used repeatedly (reused) without reducing its catalytic activity in the esterification of fatty acids for monoglyceride production.*

**Keywords:** DES, emulsifier, esterification, fatty acids, monoglyceride.

### 1. Pendahuluan

*Emulsifier* merupakan bahan tambahan pada produk farmasi dan makanan yang berfungsi untuk menstabilkan emulsi. Pada makanan, *emulsifier* berperan sebagai bahan tambahan untuk mempertahankan konsistensi dan bentuk makanan serta sebagai pengembang. Meningkatnya produksi makanan dan minuman serta produk-produk perawatan tubuh yang menggunakan *emulsifier* mendorong pasar dunia untuk menyediakan *emulsifier* dalam jumlah besar (Luna, 2013).

*Emulsifier* yang paling banyak digunakan dalam industri adalah MG (monogliserida) dengan status GRAS (*generally recognized as safe*). MG merupakan istilah yang digunakan untuk

gliserida yang terdiri dari molekul gliserol yang dihubungkan dengan asam lemak melalui ikatan ester. MG serta turunannya diproduksi sebagai pengemulsi makanan sekitar 70% di seluruh dunia (Purba dkk, 2014). *Emulsifier* campuran MDG digunakan di produk roti, produk susu dan margarin karena sifatnya yang merupakan *stabilizer*, *emulsifier* dan *conditioner*. Kebutuhan MG sebagai *emulsifier* pada era pasar global sekitar 132.000 ton/tahun (Luna, 2013).

Permintaan industri terhadap MG sangat tinggi meskipun ketersediaan MG terbatas, hal ini disebabkan oleh kelemahan dalam jalur sintesis MG. MG dapat diperoleh dari proses gliserolisis trigliserida menggunakan enzim atau katalis basa, transesterifikasi metil ester dengan gliserol dan

esterifikasi asam lemak dengan gliserol (Singh dkk, 2013). Proses sintesis MG dan DG yang paling banyak digunakan pada industri adalah proses gliserolisis karena harga bahan baku yang lebih murah. Namun menurut Damstrup dkk (2005), proses gliserolisis memiliki beberapa kelemahan antara lain, penggunaan energi yang besar, produk yang dihasilkan tidak selektif, berwarna gelap, memiliki rasa seperti terbakar dan *off flavor*. Hal ini disebabkan oleh penggunaan suhu yang relatif tinggi (220-250°C).

Menurut Ferretti dkk (2012) transesterifikasi metil ester asam lemak dengan gliserol juga menggunakan suhu tinggi (200-250°C) dan kemurnian produk rendah. Oleh karena itu, esterifikasi asam lemak dengan gliserol lebih menguntungkan dibandingkan dua proses lainnya walaupun harga bahan baku lebih mahal namun, reaksi esterifikasi dapat berlangsung pada suhu yang lebih rendah (120-180°C) dan produk yang dihasilkan memiliki kemurnian yang lebih tinggi (Williamson dkk, 2017).

## 2. Monogliserida sebagai *Emulsifier*

*Emulsifier* merupakan senyawa yang memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. MG memiliki kemampuan yang menunjang aktivitasnya sebagai pengemulsi yaitu kemampuan menurunkan tegangan permukaan dan kemampuan menstabilkan emulsi minyak dan air. MG merupakan senyawa yang terdiri dari kepala hidrofilik dan ekor hidrofobik sehingga bersifat deterjensi sehingga dapat menstabilkan emulsi minyak dan air. Oleh karena itu, MG dan turunannya memiliki aplikasi luas sebagai pengemulsi dalam makanan, farmasi, dan industri kosmetik. MG dipertimbangkan untuk digunakan dalam pembuatan margarin rendah kalori (Nitbani dkk, 2015).

Wardana dkk (2019) melakukan esterifikasi gliserol dengan tiga jenis asam

lemak yaitu asam stearat, asam palmitat dan asam oleat. Pada penelitian tersebut dilakukan pengujian tegangan permukaan dan pengujian stabilitas emulsi dari gliserol ester yang mengandung monogliserida. Dari penelitian tersebut ditemukan bahwa masing-masing gliserol ester dari ketiga asam lemak dapat menurunkan tegangan permukaan air. Diketahui bahwa tegangan permukaan air adalah 70 dyne/cm (Silsia dkk, 2017). Penurunan tegangan permukaan dari gliserol stearat, gliserol palmitat dan gliserol oleat secara berturut adalah 15,43234 dyne/cm, 29,7969 dyne/cm dan 14,98644 dyne/cm. Kemudian, hasil pengujian stabilitas emulsi menunjukkan ketiga gliserol ester memiliki stabilitas emulsi yaitu dari gliserol stearat 47,22%, gliserol palmitat 22,92% dan gliserol oleat 32,41%. Hal ini membuktikan bahwa monogliserida hasil esterifikasi asam lemak dengan gliserol sangat layak digunakan sebagai *emulsifier*.

*Emulsifier* dari MG memiliki aplikasi yang sangat luas dalam industri makanan, kosmetik dan farmasi. *Emulsifier* biasanya digunakan untuk meningkatkan volume dan memperbaiki struktur masakan yang dipanggang dan memperpanjang umur penyimpanan. Untuk produk saus, *emulsifier* ini bertindak untuk menjaga air dan minyak dari fase pemisahan, sehingga akan meningkatkan penampilan dan memperpanjang umur penyimpanan (Nicholson & Marangoni, 2019). Beberapa produk emulsi yang menggunakan *emulsifier* yaitu es krim, santan, margarin dan mayonnaise (Luna, 2013).

Menurut Luna (2013) *emulsifier* dari MG telah banyak digunakan untuk membentuk struktur fisik, seperti organel, *water in oil* (w/o), struktur lamellar dalam larutan hidrofobik, seperti minyak ikan cod, tetradekan, minyak hazelnut dan lain-lain. *Emulsifier* MG juga digunakan dalam produk bakeri margarin, susu dan *confectionaty*.

Luna (2013) telah mengelompokkan aplikasi *emulsifier* MG berdasarkan nilai HLB (*Hydrophilic Lipophilic Balance*). HLB merupakan ukuran keseimbangan dan rengangan gugus hidrofilik (polar) dan gugus lipofilik (non-polar) dari dua fase yang diemulsikan. Kelarutan *emulsifier* dalam bentuk ester lemak sangat dipengaruhi oleh gugus OH yang tidak teresterifikasi. Berikut merupakan aplikasi *emulsifier* MG berdasarkan nilai HLB:

**Tabel 2.1** Aplikasi *emulsifier* MG berdasarkan nilai HLB

HLB	Aplikasi
3-6	<i>Emulsifier w/o</i>
7-9	<i>Wetting agent</i>
8-18	<i>Emulsifier o/w</i>
13-15	<i>Detergent</i>
15-18	<i>Stabilizer</i>

(Sumber: Luna, 2013).

Penggunaan MG sebagai *emulsifier* memiliki banyak manfaat dan secara umum telah digunakan dalam industri maupun kehidupan sehari-hari. Aplikasi *emulsifier* yang paling besar ialah pada produk pangan. Berikut merupakan klasifikasi emulsi dalam produk pangan.

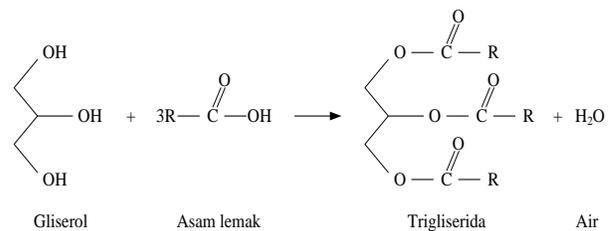
**Tabel 2.2** Aplikasi Monoglisierida sebagai *Emulsifier*

Bahan	Penggunaan
Monoasiglisierol dari minyak dan lemak	<i>Emulsifier</i> nonionik dan bahan penstabil, antioksidan
Monoasilgliserol dengan rantai ester seperti asam tartarat.	Penstabil emulsi: pengkelat pada sistem yang tidak jernih
Ester ter-etoksilasi pada monoasiglisierol	Bahan pengemulsi atau <i>emulsifier</i>

(Sumber: Luna, 2013).

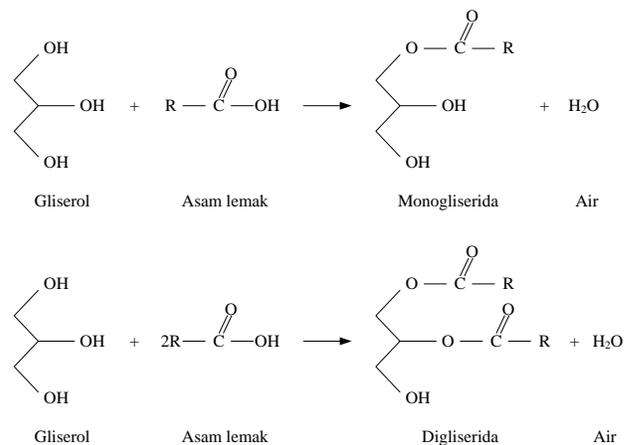
### 3. Esterifikasi Asam Lemak dengan Gliserol

Esterifikasi merupakan reaksi antara asam karboksilat dan alkohol untuk membentuk ester. Jika metil alkohol yang dipakai adalah gliserol dan asam lemak sebagai sumber gugus ester, maka reaksi keseluruhannya akan membentuk satu mol triglisierida dan tiga mol air dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Reaksi esterifikasi antara gliserol dan tiga molekul asam lemak (Hermida dkk, 2011).

Jika reaksi tidak berjalan secara keseluruhan atau dalam bentuk produk antara, yaitu jika tidak semua gugus OH pada gliserol digantikan oleh gugus asam lemak, maka akan terbentuk gliserol monoglisierida, gliserol diglisierida, dan air seperti pada Gambar 3.2.

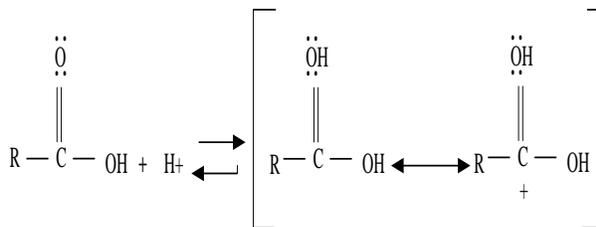


**Gambar 3.2** Reaksi esterifikasi antara gliserol dan 2 serta 1 molekul asam lemak (Hermida dkk, 2011).

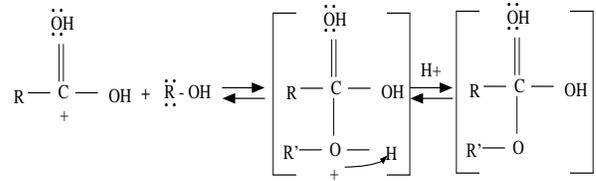
Esterifikasi gliserol merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam konversi gliserol untuk menghasilkan produk turunannya. Produk yang dihasilkan ramah lingkungan dan terbarukan sehingga sangat bermanfaat untuk berbagai industri (Wahyuni dkk, 2017). Reaksi esterifikasi merupakan reaksi endotermal yang bersifat reversible sehingga konversi sempurna tidak mungkin tercapai. Kirk dan Othmer (1994) menjelaskan bahwa apabila salah satu reaktan dibuat berlebih, maka reaksi kesetimbangan akan bergeser ke arah kanan (pembentukan ester) dan tumbukan antar molekul semakin besar yang mengakibatkan konversi menjadi produk semakin besar pula.

Fessenden & Fessenden (1982) menjelaskan mekanisme atau reaksi esterifikasi secara keseluruhan yang merupakan reaksi substitusi asil nukleofil dengan katalisator asam melalui beberapa tahap reaksi yaitu:

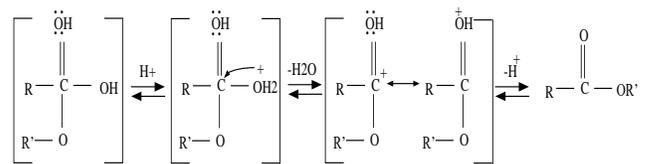
1. Mulanya terjadi pembentukan senyawa proton pada asam karboksilat dengan adanya perpindahan proton dari katalis asam atom oksigen pada gugus karbonil.



2. Kemudian alkohol nukleofilik menyerang karbon positif sehingga terbentuk ion oksonium. Pada proses ini terjadi pelepasan proton atau deprotonasi dari gugus hidroksil milik alkohol, menghasilkan senyawa kompleks teraktivasi.



3. Selanjutnya terjadi protonasi terhadap salah satu gugus hidroksil yang diikuti dengan pelepasan molekul air dan menghasilkan ester.



#### 4. Pengaruh Kondisi Reaksi Terhadap Kualitas Produk

Kondisi proses yang digunakan dalam reaksi esterifikasi dapat mempengaruhi kualitas produk hasil esterifikasi seperti suhu reaksi, waktu reaksi, kecepatan pengadukan dan penggunaan katalis dan esterifikasi.

##### a. Suhu

Pengaruh penggunaan suhu terhadap konversi reaksi serta kualitas produk hasil esterifikasi (MG) telah dipelajari secara luas. Hermida dkk (2011) telah melakukan esterifikasi asam laurat dengan gliserol pada rentang suhu (140°C-160°C) dan ditemukan bahwa konversi reaksi tertinggi sebesar 95% dicapai pada suhu 160°C. Selain itu, Rosdiani & atun (2015) mensintesis monogliserida melalui esterifikasi asam stearat dengan gliserol pada rentang suhu (120°C-160°C) dan didapatkan hasil monostearat dengan kemurnian 98,49% pada suhu 160°C. Menurut Zhang dkk (2017), suhu yang lebih tinggi dapat mengurangi viskositas dan meningkatkan transfer massa reaktan, sehingga laju reaksi meningkat. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius, bila suhu naik maka nilai konstanta kecepatan

reaksi (k) makin besar, sehingga reaksi berjalan cepat dan konversi reaksi semakin tinggi (Fessenden & Fessenden, 1982) Berikut merupakan persamaan Arrhenius:

$$k = Ae^{\frac{-Ea}{RT}}$$

Dimana: k = konstanta laju reaksi  
T = suhu (dalam kelvin)  
A = frekuensi tumbukkan  
Ea = energi aktivasi  
R = konstanta gas Ideal

Berdasarkan persamaan Arrhenius, peningkatan laju reaksi juga bergantung pada penurunan energi aktivasi. Pada penggunaan suhu yang tinggi energi aktivasi akan menurun. Penurunan energi aktivasi dapat meningkat dengan bantuan katalis. Selain itu, peningkatan laju reaksi juga dipengaruhi oleh efisiensi tumbukan antar molekul dengan kecepatan pengadukan dalam reaksi. Sehingga kesetimbangan reaksi dapat dicapai pada suhu tertentu yang disesuaikan dengan penurunan energi aktivasi dan tumbukan antar molekul sehingga konstanta laju reaksi dapat meningkat.

Penggunaan suhu yang terlalu tinggi dalam esterifikasi juga dapat merusak produk sehingga, dari beberapa penelitian konversi tertinggi tidak dicapai pada rentang suhu tertinggi. Pada esterifikasi asam oleat dengan gliserol yang dilakukan oleh Williamson dkk (2017) pada rentang suhu (120°C-180°C) konversi reaksi tertinggi diperoleh pada suhu 150°C sebesar 95% dengan kandungan monogliserida paling dominan. Kemudian Mostafa dkk (2013) melakukan esterifikasi asam oleat dengan gliserol pada rentang suhu (180°C-260°C). Kondisi optimum pada penelitian tersebut dicapai pada suhu 195°C dengan konversi reaksi sebesar 99%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rumondang dkk (2016) juga diketahui bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan pada reaksi

esterifikasi, warna produk menjadi lebih gelap dan tekstur sedikit berminyak.

#### b. Waktu Reaksi

Reaksi esterifikasi merupakan suatu reaksi yang sangat lambat dan dibutuhkan waktu yang lama untuk zat-zat yang bereaksi bertumbukkan satu sama lainnya sehingga mencapai kesetimbangan. Waktu reaksi sangat berpengaruh terhadap konversi yang diperoleh, semakin lama waktu reaksi dijalankan, makin besar konversi yang diperoleh karena kesempatan untuk bertumbukan antara molekul molekul zat pereaksi semakin besar. Namun, apabila kesetimbang reaksi telah tercapai penambahan waktu reaksi tidak berpengaruh pada konversi reaksi (Parhuship dkk, 2012).

Wee dkk (2013) melakukan esterifikasi asam oleat dengan gliserol tanpa menggunakan katalis dengan variasi 8 jam dan 20 jam waktu reaksi. Pada pada waktu reaksi 20 jam konversi reaksi yang dihasilkan sebesar 23% dengan kemurnian monooleat sebesar 100% sedangkan pada waktu 8 jam, konversi reaksi hanya 18%. Parhuship dkk (2012) mensintesis monogliserida melalui esterifikasi asam oleat dengan gliserol (monooleat) dengan memvariasikan waktu reaksi yaitu (50, 60, 70, 80 dan 90 menit pada suhu, jumlah katalis dan kecepatan pengadukan yang tetap. Pada waktu reaksi 90 menit konsentrasi produk yang dihasilkan sebesar 96% sedangkan pada waktu reaksi 70 menit, konsentrasi produk yang dihasilkan 98%. Ini terjadi karena pada waktu reaksi 70 menit keadaan setimbang sudah tercapai dan penambahan waktu tidak akan menguntungkan lagi atau tidak sebanding dengan konversi reaksi.

#### c. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan pada reaksi esterifikasi dapat meningkatkan pergerakan partikel materi pada zat-zat yang bereaksi, sehingga tumbukkan dan kontak antar partikel akan

semakin sering. Dengan begitu, reaksi kimia berlangsung lebih cepat. Pada penelitian Mostafa dkk (2013) yang memvariasikan kecepatan pengadukan (100, 500 dan 1000 rpm) dalam esterifikasi asam lemak dengan gliserol. Pada penelitian tersebut didapatkan konversi maksimum 99% pada kecepatan pengadukan 500 rpm dengan suhu yang cukup tinggi yaitu 195°C. Hal ini menunjukkan bahwa, apabila kesetimbangan reaksi telah tercapai pada suhu dan kecepatan pengadukan tertentu, maka peningkatan kecepatan reaksi tidak meningkatkan laju reaksi. Dari kebanyakan penelitian mengenai esterifikasi asam lemak dengan gliserol, tidak banyak penelitian yang mempelajari pengaruh kecepatan pengadukan terhadap reaksi esterifikasi dikarenakan penggunaan kecepatan pengadukan yang tinggi dalam esterifikasi membutuhkan energi yang besar. Kebanyakan peneliti lebih memilih untuk meningkatkan waktu reaksi maupun penggunaan katalis untuk mempercepat laju reaksi.

#### d. Katalis

Katalis merupakan suatu senyawa yang dapat meningkatkan laju reaksi. Namun, katalis tidak ikut bereaksi dan pada akhir reaksi katalis dapat diperoleh kembali. Katalis yang biasa digunakan dalam esterifikasi asam lemak dengan gliserol untuk produksi monogliserida adalah katalis asam, karena pada reaksi esterifikasi, gliserol tidak memiliki nukleofilik yang cukup untuk mensubstitusi gugus karbonil dari asam lemak. Oleh karena itu, dibutuhkan katalis asam dengan aktivitas katalitik yang kuat untuk meningkatkan protonasi asam lemak dengan gliserol gugus karbonil kearah nukleofilik esterifikasi (Williamson dkk, 2017).

Rosdiani & Atun (2015) mensintesis monogliserida melalui esterifikasi asam oleat dengan gliserol menggunakan HCl pekat sebagai katalis. Pada penelitian tersebut

didapatkan kandungan monostearat sebesar 98,49% dari produk yang dihasilkan. Mostafa dkk (2013) menggunakan katalis  $ZnCl_2$  pada esterifikasi asam oleat dengan gliserol. Konversi reaksi yang diperoleh pada penelitian tersebut sebesar 95%. Kemudian Hermida dkk (2011) melakukan estrifikasi asam laurat dengan gliserol menggunakan katalis  $H_2SO_4$ -SBA-15 yang bersifat asam. Konversi reaksi pada penelitian tersebut mencapai 94% dengan selektivitas monolaurin sebesar 70,2%. Selanjutnya, Kong dkk (2019) melakukan esterifikasi asam oleat menggunakan dua jenis katalis asam yaitu asam ringan  $ZrO_2-SiO_2-Me&Et-PhSO_3H$  dan asam kuat Amberlyst 15. Pada suhu, waktu reaksi, rasio mol asam oleat/gliserol dan jumlah katalis yang sama ditemukan bahwa konversi reaksi pada penggunaan katalis  $ZrO_2-SiO_2-Me&Et-PhSO_3H$  sebesar 82% dengan kemurnian gliserol monostearat sebesar 60%. Sedangkan pada penggunaan katalis Amberlyst 15 konversi mencapai 80% dengan kemurnian gliserol monostearat sebesar 59,4%. Dari penelitian Kong dkk. (2019) diketahui bahwa tingkat keasaman suatu katalis mempengaruhi aktivitas katalitiknya untuk meningkatkan laju reaksi.

#### 4. Pengembangan Monogliserida sebagai *Emulsifier*

Produksi monogliserida melalui esterifikasi asam lemak dengan gliserol pada kondisi operasi dan penggunaan katalis yang tepat dapat menghasilkan konversi reaksi serta kemurnian monogliserida yang tinggi. Pada tahun 2017, Williamson dkk menemukan bahwa pelarut DES (*deep eutectic solvent*) berbasis garam allil trifenil fosfonium bromide dan asam p-toluen sulfonat monohidrat dapat digunakan sebagai katalis pada esterifikasi asam oleat dengan gliserol. DES merupakan pelarut ramah lingkungan yang terdiri dari campuran dua komponen, yaitu garam amonium kuarternar

sebagai HBA (*hydrogen bond acceptor*) dan HBD (*hydrogen bond donor*) yang membentuk fase eutektik baru yang ditandai dengan titik leleh yang lebih rendah daripada senyawa penyusunnya (Abbot dkk, 2004 ; Hayyan dkk, 2010).

**Tabel 4.1** Perbandingan Konversi Reaksi dengan penggunaan katalis yang berbeda

Katalis	Konversi	Referensi
HCl	98%	Rosdiani & atun (2015)
ZnCl <sub>2</sub>	99%	Mostafa dkk (2013)
HSO <sub>3</sub> -SBA-15	94%	Hermida dkk (2011)
ZrO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub> -Me&Et-PhSO <sub>3</sub> H	82%	Kong dkk (2019)
Amberlyst 15	80%	Kong dkk (2019)
DES	95%	Williamson dkk (2017)

Dapat dilihat pada Tabel 4.1, konversi reaksi yang diperoleh pada penelitian Williamson dkk (2017) tidak jauh berbeda dengan menggunakan katalis asam lainnya. DES dapat dipisahkan dengan mudah setelah reaksi dikarenakan densitas DES lebih tinggi daripada asam lemak yang terkonversi sehingga DES dapat digunakan kembali (*reused*) pada reaksi berikutnya. Hasil *reused* menunjukkan bahwa aktivitas DES bertahan dengan baik yang ditandai dengan konversi reaksi yang tidak berkurang secara signifikan setelah 5 kali *reused*. Menurut Garcia *et al.* (2015), DES dan golongannya memiliki volatilitas rendah, *wide liquid range*, memiliki stabilitas termal dan stabilitas kimia yang tinggi dan tidak mudah terbakar. Oleh karena itu, aplikasi DES sebagai katalis pada esterifikasi asam lemak dengan gliserol pada produksi monogliserida sangat menguntungkan karena penggunaan katalis secara berulang sehingga dapat menghemat

biaya produksi tanpa mengurangi konversi reaksi dan kemurnian produk yang dihasilkan.

## 5. Kesimpulan

Monogliserida dikategorikan sebagai *emulsifier* untuk produk pangan namun, monogliserida juga memiliki manfaat untuk bidang farmasi dan kosmetik. Monogliserida dapat disintesis melalui esterifikasi asam lemak. Konversi reaksi serta kemurnian monogliserida hasil esterifikasi dipengaruhi oleh kondisi operasi yaitu suhu, waktu, kecepatan pengadukan dan katalis. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan, telah ditemukan bahwa DES yang merupakan suatu pelarut ramah lingkungan dapat digunakan sebagai katalis pada esterifikasi asam lemak untuk produksi monogliserida. Penggunaan DES sebagai katalis sangat ekonomi karena dapat digunakan secara berulang tanpa kehilangan aktivitas kataliknya.

## Daftar Pustaka

- Abbott, A.P., Boothby, D., Capper, G., Davies, D.L. and Rasheed, R. (2004), "Deep Eutectic Solvents Formed Between Choline Chloride and Carboxylic Acids", *Journal of American Chemical Society*, Vol. 126 No. 9, pp. 9142–9147.
- Damstrup, M.L., Jensen, T., Sparsø, F. V., Kiil, S.Z., Jensen, A.D. and Xu, X. (2005), "Solvent Optimization for Efficient Enzymatic Monoacylglycerol Production Based on a Glycerolysis Reaction", *JAOCs, Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 82 No. 8, pp. 559–564.
- Ferretti, C.A., Fuente, S., Ferullo, R., Castellani, N., Apesteguía, C.R. and Di Cosimo, J.I. (2012), "Monoglyceride Synthesis by Glycerolysis of Methyl Oleate on MgO: Catalytic and DFT

- Study of The Active Site”, *Applied Catalysis A: General*, Elsevier B.V., Vol. 413–414, pp. 322–331
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J.S. (1982), *Kimia Organik*, diterjemahkan oleh Pudjaatmakan, A. H., Edisi Ketiga Jilid 1, 237-239, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- García, G., Aparicio, S., Ullah, R. and Atilhan, M. (2015), “Deep Eutectic Solvents: Physicochemical Properties and Gas Separation Applications”, *Energy and Fuels*, Vol. 29 No. 4, pp. 2616–2644.
- Hayyan, M., Mjalli, F.S., Hashim, M.A. and AlNashef, I.M. (2010), “A Novel Technique for Separating Glycerine from Palm Oil-Based Biodiesel Using Ionic Liquids”, *Fuel Processing Technology*, Elsevier B.V., Vol. 91 No. 1, pp. 116–120.
- Hermida, L., Abdullah, A.Z. and Mohamed, A.R. (2011), “Synthesis of Monoglyceride Through Glycerol Esterification with Lauric Acid over Propyl Sulfonic Acid Post-Synthesis Functionalized SBA-15 Mesoporous Catalyst”, *Chemical Engineering Journal*, Elsevier B.V., Vol. 174 No. 2–3, pp. 668–676.
- Kirk, R.E. and Othmer, V.R. (1994), “Encyclopedia of Chemical Technology”, *Flavor Characterization to Fuel Cells*, 4<sup>th</sup> ed, Vol.11. John Wiley & Sonc Inc, New York.
- Kong, P.S., Peres, Y., Daud, W.M.A.W., Cognet, P. and Aroua, K. (2019), “Esterification of Glycerol with Oleic Acid Over Hydrophobic Zirconia-silica Acid Catalyst and Commercial Acid Catalyst: Optimization and Influence of Catalyst”, *Frontiers in Chemistry*.
- Luna, N. (2013), “Potensi Produk Monoasilgliserol sebagai Emulsifier Nabati”, *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*, Vol. 9, pp. 108–116.
- Mostafa, N.A., Maher, A. and Abdelmoez, W. (2013), “Production of Mono-, Di-, And Triglycerides from Waste Fatty Acids Through Esterification with Glycerol”, *Advances in Bioscience and Biotechnology*, Vol. 04 No. 09, pp. 900–907.
- Nicholson, R.A. and Marangoni, A.G. (2019), “Diglycerides”, *Reference Module in Food Science*, Vol. 1, pp. 70–73.
- Nitbani, F.O., Juminaa, Siswanta, D. and Solikhah, E.N. (2015), “Reaction Path Synthesis of Monoacylglycerol from Fat and Oils”, *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, Vol. 35 No. 1, pp. 126–136.
- Parhusip, R., Iswahyudi. And Miskah, S. (2012), “Pengaruh Waktu Reaksi dan Penambahan Katalis pada Pembuatan Gliserol Monooleat dari Gliserol dan Asam Oleat”, *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sri Wijaya*, Vol. 18 No.1, pp. 54-59.
- Purba, R.D.L., Nainggolan, M. and Ritonga, M.Y. (2014), “Pengaruh Rasio Pelarut Tert-Butanol terhadap Minyak dan Suhu Reaksi Gliserolisis pada Pembuatan Mono dan Diasilgliserol (MDAG) Menggunakan Katalis Abus Cangkang Telur Ayam”, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 3 No.4, pp 44-50.
- Rosdiani, I. and Atun, S. (2015), “Sintesis Gliserol stearat dari Asam Stearat dengan Gliserol Hasil Samping Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelanta”, *Jurnal Fakultas MIPA UNY*, Vol. 1 No.20.
- Silsia, D., Surawan, F.E.D. and Meiriska, I. (2017), “Karakteristik Emulsifier Mono dan Diasilgliserol (MDAG) dari Crude Palm Oil (CPO) yang Berasal dari Fat Pit pada Berbagai Konsentrasi Katalis NaOH”, *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, Vol. 9

No. 2, pp. 1–7.

- Singh, D., Patidar, P., Ganesh, A. and Mahajani, S. (2013), “Esterification of Oleic Acid with Glycerol in The Presence of Supported Zinc Oxide as Catalyst”, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 52 No. 42, pp. 14776–14786.
- Wahyuni, S., Hambali, E. and Marbun, B.T.H. (2016), “Esterifikasi Gliserol dan Asam Lemak Jenuh Sawit dengan Katalis MESA”, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, Vol. 26 No. 3, pp. 333–342.
- Wardana, D., Ramadhan, A., Amne, D.P.F and Eddiyanto. (2019), “ Utilization of Glycerol from Used Oil as an Ester Glycerol Surfactant”, *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, Vol. 02 No. 2, pp.111-120.
- Wee, L.H., Lescouet, T., Fritsch, J., Bonino, F., Rose, M., Sui, Z., Garrier, E., Packet, D., Borgiga, S., Kaskel, S., Herskowitz, M., Farruseng, D. and Martens, J.A. (2013), “Synthesis of Monoglycerides by Esterification of Oleic Acid with Glycerol in Heterogeneous Catalytic Process Using Tin–Organic Framework Catalyst”, *Springer Science+Business Media New York*.
- Williamson, S.T., Shahbaz, K., Mjalli, F.S., AlNashef, I.M. and Farid, M.M. (2017), “Application of Deep Eutectic Solvents as Catalysts for The Esterification of Oleic Acid with Glycerol”, *Renewable Energy*, Elsevier Ltd, Vol. 114, pp. 480–488.
- Zhang, W., Yin, J. R, Tang, X. Q., Zhang, P., and Ding, Y. H., (2017). ”Density Functional Theory Studies On The Structural and Physical Properties of Cudoped Anatase TiO<sub>2</sub> (101) Surface” *Phys*, Vol. 85, pp. 259–263.