

---

# SINTESIS MINYAK GORENG SEHAT (DIACYLGLYCEROL)

**Tirto Prakoso, Danu Wicaksana, Roy Winarso, Tatang H. Soerawidjaja**  
Program Studi Teknik Kimia, Kelompok Keahlian Energi dan Sistem Pemroses Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung  
Jalan Ganesha No. 10, Bandung 40132  
E-mail: [tirto@che.itb.ac.id](mailto:tirto@che.itb.ac.id)

## Abstrak

*Minyak Digliserida/Diacylglycerol (DAG) adalah senyawa hasil ikatan kimia antara gliserol dengan 2 buah asam lemak bebas yang mengikuti jalur metabolik yang khas dan berbeda dengan jenis minyak trigliserida sehingga tidak menyebabkan penimbunan lemak dalam tubuh. Penelitian ini bertujuan untuk mendapat bukti eksperimental dari metode Archer-Daniels-Midland (2002), mengetahui pengaruh rasio mol reaktan dan waktu reaksi terhadap perolehan DAG dari metode gliserolisis dan mendapatkan hasil minyak goreng yang memiliki kandungan utama digliserida. Proses sintesa digliserida dalam penelitian ini dilakukan dengan reaksi gliserolisis yang menggunakan variasi rasio reaktan gliserol : TAG 1:1, 3:2, 2:1 dan 5:2. dengan dan variasi waktu 1 dan 3 jam. Sintesa ini berlangsung pada temperatur 190°C dan menggunakan katalis CH<sub>3</sub>COOK sebanyak 1% dari berat TAG yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi gliserolisis, semakin tinggi jumlah mol digliserida yang terbentuk di dalam minyak goreng sehat. Rasio mol reaktan gliserol : trigliserida yang menghasilkan perolehan DAG tertinggi adalah rasio 2:1 dengan waktu reaksi 3 jam, yaitu sebesar 97,726%-mol DAG per mol TAG mula-mula. Semakin tinggi rasio mol reaktan gliserol : trigliserida, %-monogliserida (MAG) yang terbentuk juga semakin tinggi.*

**Kata Kunci :** DAG (Digliserida), gliserolisis, TAG (Trigliserida)

## Abstrak

*Diglyceride / Diacylglycerol (DAG) oil is a compound resulting from the chemical bonding between glycerol and two free fatty acid molecules which follows a different metabolic route compared to triglyceride-type oils so that this type of oil does not cause fat accumulation in the body. This research is focused at obtaining experimental evidence from the Archer-Daniels-Midland (2002) synthesis method, identifying the effect of the molar ratio between the reactants and reaction time on the DAG yield using the glycerolysis method, and at synthesizing a cooking oil with diglycerides as its major component. The diglyceride synthesis process in this research was done via glycerolysis with a varying glycerol : TAG ratio of 1:1, 3:2, 2:1 and 5:2. Reaction time was varied at 1 and 3 hours. The synthesis was undertaken at 190 °C, using CH<sub>3</sub>COOK as catalyst at a dose of 1% of the mass of TAG reactant. Experimental results indicate that longer reaction time increases the molar amount of diglycerides formed in the healthy cooking oil product. The molar ratio of glycerol to triglycerides which produces the highest DAG yield was 2:1, with a reaction time of 3 hours, which resulted in a yield of 97.726%-mol DAG per mol TAG reactant. Higher molar ratio of glycerol to tryglycerides also increases the percentage of monoglycerides (MAG) formed.*

**Keywords:** DAG (Diglycerides), glycerolysis, TAG (Triglycerides)

## 1. Pendahuluan

Dalam zaman globalisasi seperti sekarang ini, manusia semakin sadar akan pentingnya kesehatan. Kesehatan bukan lagi menjadi kebutuhan sekunder, melainkan telah menjadi kebutuhan primer. Manusia telah memberi perhatian yang besar kepada masalah kesehatan agar tercapai kebahagiaan hidupnya. Banyak cara dilakukan dalam usaha mencapai tujuan ini, antara lain menjaga pola makan yang sehat, olahraga teratur, istirahat yang cukup, rekreasi dan lain-lain. Diantara usaha-usaha tersebut, menjaga pola makan yang sehat merupakan topik yang sangat hangat dan menarik untuk ditelusuri.

Banyak orang yang menghindari makanan yang mengandung minyak atau gorengan dengan alasan takut gemuk atau untuk mengurangi kegemukan. Kegemukan atau obesitas memang berbahaya karena dapat menyebabkan berbagai macam penyakit. Akan tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa sebagian besar dari masyarakat sangat menyukai makanan yang mengandung minyak karena cita rasa lezat yang ditimbulkannya.

Saat ini ilmu pengetahuan telah maju sedemikian pesatnya. Di Jepang dan Amerika pada khususnya, para ilmuwan telah berhasil menemukan cara mensintesa minyak goreng yang tidak menimbulkan penimbunan lemak di dalam tubuh. Selain itu, dilaporkan pula bahwa minyak goreng ini justru dapat menurunkan kandungan lemak yang tertimbun di dalam tubuh manusia. Kandungan utama minyak goreng ini berbeda dengan kandungan minyak goreng 'biasa'. Pada minyak goreng 'biasa', kandungan utamanya adalah trigliserida, yaitu gliserol yang mengikat tiga asam lemak. Sedangkan pada minyak goreng inovasi baru ini, kandungan utamanya adalah digliserida, yaitu gliserol yang hanya mengikat dua buah asam lemak.

DAG (*diacylglycerol*/digliserida) dapat dihasilkan dari berbagai macam minyak nabati melalui perubahan trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati dalam jumlah yang besar. Indonesia memiliki kekayaan alam nabati yang sangat beragam dan dapat digunakan sebagai bahan dasar sintesa digliserida, antara lain minyak sawit, minyak jagung, minyak kedelai, dan lain-lain. Produktivitas sumber minyak nabati yang paling besar adalah sawit dan kelapa. Saat ini minyak-minyak nabati tersebut hanya diekspor dalam bentuk minyak mentah dengan harga jual yang rendah. Pembuatan minyak DAG dari sumber-sumber nabati dapat meningkatkan harga jual dan sekaligus mengembangkan industri budidaya nasional.

DAG dapat disintesa dari trigliserida melalui berbagai proses, antara lain dengan menggunakan katalis kimia melalui reaksi gliserolisis, Midland dan Kao Corporation (2002), dan dengan menggunakan reagen Grignard melalui proses deasilasi kimia, Fennema (1996). Selain itu, DAG juga dapat disintesis dengan menggunakan bantuan enzim lipase seperti 1,3- regioselektif lipase terkekang yang mampu mensintesis 1,3-digliserida dari gliserol dan asam lemak bebas dengan perolehan yang besar, Watanabe et al (2000).

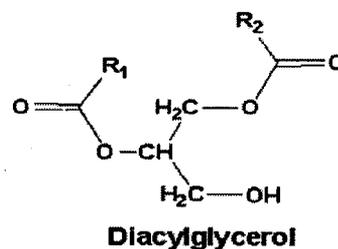
Para ilmuwan di Jepang telah mempelajari khasiat dari digliserida ini dan mengambil kesimpulan bahwa konsumsi DAG dapat menurunkan kandungan trigliserida dalam darah. DAG juga dapat meningkatkan metabolisme tubuh secara keseluruhan. Di dalam tubuh, DAG langsung terbakar sebagai energi, sehingga tidak tertimbun di dalamnya.

Tujuan dari penelitian "Sintesa Minyak Goreng Sehat (Digliserida)" ini antara lain mendapatkan bukti eksperimental dari metode *Archer-Daniels-Midland* dalam pembuatan digliserida yang dapat digunakan untuk menyanggah atau mengabsahkan validitasnya, mendapatkan informasi tentang pengaruh rasio mol reaktan dan waktu reaksi terhadap perolehan digliserida dari metode gliserolisis via pengujian di laboratorium, mendapatkan hasil minyak goreng yang memiliki kandungan utama digliserida.

Penelitian ini diharapkan dapat memberi sumbangsih pada perkembangan cakrawala pengetahuan di negara kita. Selain itu, penelitian ini diharapkan mampu memicu munculnya inisiatif-inisiatif dari kalangan industri, khususnya industri makanan untuk memproduksinya, mengingat bidang ini sangat potensial dan juga merupakan optimalisasi pemanfaatan atas melimpahnya sumber daya alam di negara kita ini.

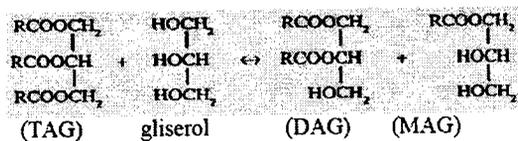
## 2. Fundamental

Digliserida adalah senyawa kimia yang merupakan hasil ikatan kimia antara gliseroldengan 2 buah asam lemak bebas. Struktur digliserida ditampilkan pada gambar 1:



Gambar 1 Struktur Molekul 1,2-digliserida

Pembuatan digliserida skala industrial untuk bahan baku utama minyak goreng sehat dapat dilaksanakan menggunakan reaksi enzimatik (dilaksanakan di Jepang) maupun reaksi gliserolisis (dilaksanakan di Amerika). Pada penelitian ini, reaksi gliserolisis dipilih untuk pembuatan digliserida dari minyak nabati. Alasan pemilihan reaksi gliserolisis reaksi gliserolisis menghasilkan produk minyak digliserida yang bervariasi. Produk yang dapat dihasilkan melalui reaksi enzimatik terbatas karena adanya batasan stabilitas termal enzim dan resiko terjadinya migrasi gugus asil dalam reaksi enzimatik pada temperatur tinggi. Migrasi gugus asil dapat menyebabkan pembentukan trigliserida kembali dan perubahan rasio posisi isomer. Alasan lain adalah reaksi gliserolisis yang sederhana dan ekonomis. Reaksi ini tidak memerlukan proses hidrolisis lemak menjadi asam lemak, pemisahan asam-asam lemak, pemurnian, dan langkah-langkah esterifikasi selektif seperti pada metode enzimatik, Lewis (2002). Reaksi gliserolisis trigliserida (TAG) ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Reaksi Gliserolisis Trigliserida

Secara fisik, proses pencernaan DAG hampir serupa dengan proses pencernaan MAG dan TAG. Molekul DAG memiliki nilai energi dan tingkat kemudahan dicerna yang sama dengan molekul TAG (dengan susunan asam lemak yang sama). Proses pencernaan minyak digliserida (*DAG-oil*) akan menghasilkan asam lemak bebas pada vena portal dengan jumlah yang lebih banyak daripada proses pencernaan minyak TAG. Asam-asam lemak bebas tersebut akan langsung digunakan sebagai sumber energi oleh tubuh sehingga dapat menghindarkan terjadinya penimbunan lemak dalam tubuh.

Di dalam tubuh, TAG dan DAG tidak dapat diabsorpsi langsung oleh dinding usus halus. TAG pada umumnya akan terlebih dahulu dicerna menjadi 2-MAG (MAG dengan 1 asam lemak terikat pada posisi sn-2). Sebagian besar senyawa DAG memiliki ikatan asam lemak pada posisi 1,3 (hanya sedikit senyawa DAG yang memiliki ikatan asam lemak pada posisi 1,2). DAG cenderung "kekurangan" ikatan asam lemak pada posisi sn-2, oleh karena itu di dalam tubuh sebagian besar

DAG akan dicerna terlebih dahulu menjadi 1-MAG.

Penelitian membuktikan bahwa peningkatan produksi 1-MAG (sebagai hasil proses pencernaan minyak DAG) ini dapat menyebabkan perubahan fisiologis dan metabolis yang cukup signifikan, yaitu pada jumlah kandungan lemak dalam darah, keseimbangan energi, dan keseimbangan berat badan, Midland dan Kao Corporation (2002).

Dalam proses absorpsi lemak pada sel-sel usus halus, asam lemak yang memiliki atom C>12 (baik sebagai bagian dari suatu MAG atau dalam bentuk asam lemak bebas) akan disintesis ulang menjadi TAG. TAG ini kemudian bersama dengan lipoprotein, dan senyawa-senyawa lemak lain akan membentuk chylomicron yang kemudian akan masuk ke dalam sistem pembuluh limpa dan diedarkan ke seluruh tubuh. Asam lemak yang memiliki atom C<12 akan dilepaskan ke vena portal sebagai MAG atau asam lemak bebas yang terikat pada albumin, dan akan langsung diangkut ke liver (hati). Beda jalur pencernaan antara asam lemak rantai panjang (C>12) dan rantai pendek (C<12) ini disebabkan karena beda kelarutan dalam air. Asam lemak rantai pendek lebih mudah larut dalam air sehingga dapat langsung terlarut dan dibawa dalam aliran darah, sedangkan asam lemak rantai panjang harus diubah dalam suatu struktur lipoprotein sebelum dapat ditransportasikan.

Konsumsi minyak DAG akan mengubah jalur pencernaan minyak yang telah dijelaskan di atas. Pada proses pencernaan minyak DAG, jumlah fraksi asam lemak rantai panjang (C>12) yang dapat terabsorpsi masuk ke vena portal (sebagai MAG dan asam lemak bebas) akan lebih besar jika dibandingkan pada proses pencernaan TAG. Hal ini akan menyebabkan jumlah MAG dan asam lemak bebas pada vena portal akan mengalami peningkatan.

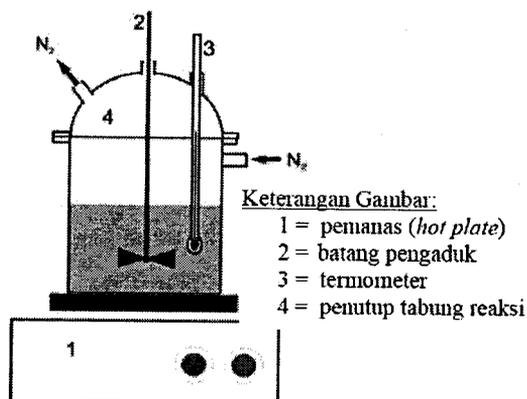
Hati mengambil MAG dan asam lemak bebas yang memasuki vena portal setelah absorpsi di dalam usus. Pada saat pengeluaran energi, hati akan menggunakan senyawa-senyawa ini untuk melakukan reaksi  $\beta$ -oksidasi (suatu proses yang mengkonversi lemak menjadi asetil Ko-A untuk sumber energi). Penelitian menyatakan bahwa peningkatan jumlah MAG dan asam lemak bebas pada vena portal (dalam proses pencernaan DAG) dapat meningkatkan jumlah asam lemak yang dapat "menerobos" (*bypassing*) proses transport lipoprotein sehingga dapat meningkatkan reaksi  $\beta$ -oksidasi. Hal ini juga berarti energi yang dihasilkan tubuh akan meningkat dan jumlah penimbunan lemak dalam tubuh akan menurun.

### 3. Metodologi

Penelitian ini melibatkan tahap pembuatan digliserida, pemisahan antara produksi reaksi dengan katalis dan gliserol sisa dan analisa produk. Digliserida dibuat dengan mereaksikan Trigliserida (minyak kelapa sawit) dan gliserol menggunakan katalis kalium asetat ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) sejumlah 1%-b minyak TAG. Proses ini dilangsungkan secara pengadukan. Gas gas inert ( $\text{N}_2$ ) diisi dalam ruang kosong reaktor untuk meminimalkan perusakan warna. Reaksi berlangsung pada kondisi temperatur 190 sampai 240 °C selama 1 dan 3 jam. Setelah itu, pemanasan dihentikan dan biarkan campuran reaksi mencapai temperatur 110 °C.

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam pembuatan digliserida trigliserida minyak nabati, gliserol,  $\text{CH}_3\text{COOK}$ , gas inert  $\text{N}_2$ , silika hidrogel dan asam fosfat. Bahan ini direaksikan dalam sebuah alat berupa reaktor berpengaduk. Reaktor dilengkapi dengan pemanas, pengaduk, dan pengukur temperatur.

Skema alat yang digunakan untuk proses sintesa minyak goreng sehat (digliserida) ditampilkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Alat Sintesa Minyak Goreng Digliserida

Variabel percobaan adalah rasio reaktan dan waktu reaksi. Rasio reaktan antara gliserol dan trigliserida divariasikan dengan perbandingan 1:1, 3:2, 2:1 dan 5:2. Waktu reaksi pembuatan digliserida ditetapkan pada 1 jam dan 3 jam.

Untuk mengetahui pengaruh rasio reaktan dan waktu reaksi terhadap nilai konversi dan perolehan digliserida, dilakukan analisa angka asam, angka penyabunan, gliserol bebas, gliserol terikat, serta kandungan  $\alpha$ -monogliserida dari produk reaksi gliserolisis trigliserida. Metoda analisa ini diambil dari Boekenoogen (1964). Angka asam (*acid value*), yaitu jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam-asam bebas didalam

satu gram contoh produk. Angka penyabunan (*saponification value*), yaitu jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan satu gram contoh produk. Kadar gliserol total dan gliserol bebas di dalam produk reaksi dengan metode Iodometri - Asam Periodat.

### 4. Hasil dan Analisis

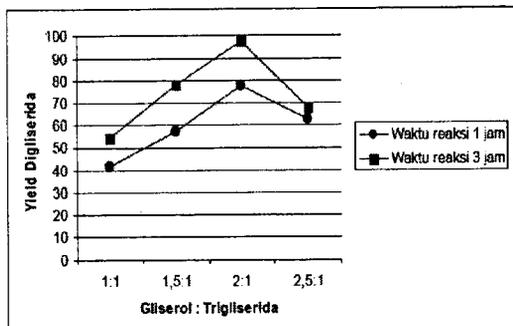
Hasil dan pembahasan mencakupi data dan proses sintesa minyak goreng sehat (*diacylglycerol* /digliserida/DAG) dalam penelitian ini dilakukan dengan reaksi gliserolisis minyak nabati yang terutama terdiri dari *triacylglycerol*/trigliserida (TAG). Ada empat variabel yang berpengaruh terhadap perolehan digliserida (DAG) melalui reaksi gliserolisis TAG, yaitu temperatur, waktu reaksi, jumlah katalis, dan rasio mol reaktan. Penelitian ini mengkaji pengaruh dua variabel yaitu rasio molar reaktan dan waktu reaksi terhadap kualitas minyak goreng digliserida yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan variasi rasio mol reaktan gliserol : TAG 1:1, 3:2, 2:1, dan 5:2 serta variasi waktu 1 dan 3 jam. Sintesa ini berlangsung pada temperatur 190°C dan menggunakan katalis  $\text{CH}_3\text{COOK}$  sebanyak 1% dari berat minyak nabati yang digunakan.

Sesuai dengan rencana penelitian sebelumnya, minyak nabati yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan minyak goreng sehat (digliserida) adalah minyak kelapa sawit. Akan tetapi setelah proses sintesa minyak goreng sehat (digliserida) berbahan baku minyak kelapa sawit dilaksanakan, hasil minyak goreng digliserida yang diperoleh tidak berwujud cair pada temperatur ruang, melainkan memiliki wujud padat. Hal ini terjadi karena hasil minyak goreng digliserida memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan minyak goreng trigliserida dari bahan baku yang sama, yaitu minyak kelapa sawit, Caballero (2003). Hasil penelitian tersebut mengindikasikan suatu kesimpulan hipotesa singkat bahwa tanpa penambahan suatu aditif, minyak goreng digliserida dari kelapa sawit tidak dapat dipasarkan secara optimal sebagai minyak goreng sehat digliserida di Indonesia karena tidak berwujud cair pada temperatur ruang. Keadaan ini tentunya dapat mengurangi minat konsumen untuk mengkonsumsi minyak goreng digliserida dari minyak kelapa sawit tersebut.

Melihat kenyataan tersebut, maka dicari alternatif minyak nabati lain yang akan digunakan sebagai bahan baku minyak goreng digliserida. Ada beberapa alternatif minyak nabati yang tersedia seperti minyak kelapa, minyak jagung, minyak kedelai dan lain-lain.

Minyak jagung kemudian dipilih sebagai bahan baku minyak goreng sehat (diglisierida). Ini didasari pada minyak jagung memiliki kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi (> 83%) sehingga minyak jagung memiliki titik leleh yang cukup rendah dibandingkan minyak nabati lainnya, seperti minyak kelapa dan minyak kelapa sawit. Minyak jagung memiliki kandungan triglisierida yang mengandung asam lemak palmitat (8-19%-b) dan asam lemak oleat (19-50%-b) yang susah dicerna di dalam tubuh manusia. Hal ini menyebabkan minyak jagung akan tertimbun di dalam tubuh manusia dan berpotensi menyebabkan obesitas yang berakibat munculnya berbagai macam penyakit. Perubahan konstituen lemak minyak jagung dari triglisierida menjadi diglisierida akan memudahkan pencernaan di dalam tubuh manusia dan mencegah penimbunan lemak dalam tubuh.

Hasil perhitungan konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG) di dalam produk minyak goreng sehat (diglisierida) dapat dialurkan terhadap rasio mol reaktan (mol gliserol : mol TAG). Aluran tersebut disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Aluran Rasio Mol Reaktan terhadap Mol Diglisierida (DAG) Produk

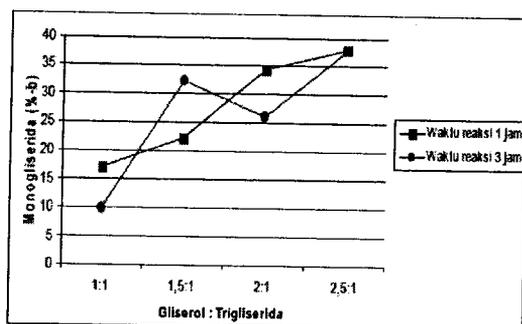
Gambar 5 menunjukkan hubungan antara rasio mol reaktan (mol gliserol : mol TAG) dengan konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG) yang terbentuk di dalam minyak goreng sehat (diglisierida). Semakin tinggi rasio mol reaktan (mol gliserol : mol TAG), semakin tinggi pula konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG). Nilai optimum konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG) adalah pada rasio mol reaktan 2:1. Kecenderungan data ini berlaku untuk waktu reaksi gliserolisis 1 jam maupun 3 jam.

Semakin banyak mol gliserol yang ditambahkan ke dalam sistem reaksi gliserolisis minyak jagung, maka semakin banyak tempat untuk terikatnya asam-asam lemak yang terbebas dari triglisierida, sehingga akan muncul probabilitas konversi TAG menjadi MAG dan DAG. Asam-asam lemak bebas ini akan lepas dari triglisierida dan kemudian menempel/terikat kepada gliserol membentuk monoglisierida dan diglisierida. Dengan adanya peningkatan probabilitas ini, maka kemungkinan TAG terkonversi menjadi DAG juga membesar.

Dari hasil penelitian, dapat dilihat bahwa konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG) tertinggi dihasilkan pada reaksi dengan rasio mol reaktan gliserol : triglisierida 2 : 1. Konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG) yang terbentuk pada rasio reaktan gliserol : TAG = 5:2 lebih rendah dibandingkan jumlah mol diglisierida pada rasio mol reaktan gliserol : TAG = 2:1. Hipotesa yang dapat diambil adalah semakin banyak gliserol bebas yang ditambahkan pada sistem reaktan, maka semakin banyak kemungkinan asam-asam lemak untuk menyebar ke gliserol-glisierol bebas, sehingga muncul suatu probabilitas yang besar akan adanya lompatan-lompatan asam-asam lemak dari TAG dan DAG ke gliserol-glisierol bebas membentuk MAG. Hal inilah kemungkinan besar yang menyebabkan penurunan kandungan DAG, yang berarti pula turunnya konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG).

Semakin lama waktu reaksi gliserolisis, semakin tinggi konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG) yang terjadi di dalam minyak goreng sehat (diglisierida). Hal ini berlaku untuk rasio mol reaktan (mol gliserol : mol TAG) 1:1, 3:2, 2:1, dan 5:2. Semakin lama waktu reaksi gliserolisis, maka akan semakin banyak triglisierida yang terpecah dan menghasilkan asam-asam lemak bebas. Dengan semakin banyaknya triglisierida yang terpecah, maka kemungkinan terbentuknya monoglisierida (MAG) dan diglisierida (DAG) juga meningkat. Hal ini berarti pula konversi triglisierida (TAG) ke diglisierida (DAG) akan meningkat.

Hasil perhitungan jumlah monoglisierida (%-berat) yang terbentuk di dalam produk minyak goreng sehat (diglisierida) dapat dialurkan terhadap rasio mol reaktan (mol gliserol : mol TAG). Aluran tersebut disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Aluran Rasio Mol Reaktan terhadap %-b Monogliserida (MAG) Produk

Gambar 6 menunjukkan kecenderungan data antara rasio mol reaktan gliserol : trigliserida dengan %-b monogliserida (MAG) dalam produk minyak goreng sehat digliserida (DAG). Pada gambar tersebut, tampak bahwa hubungan rasio mol reaktan dengan %-b MAG tidak beraturan atau tidak memiliki pola yang jelas dan pasti. Walaupun tanpa keteraturan yang pasti, aluran data tersebut memiliki suatu kecenderungan data yaitu bahwa semakin tinggi rasio mol reaktan gliserol : trigliserida, maka semakin tinggi %-b monogliserida (MAG) yang terbentuk di dalam produk minyak goreng sehat (DAG).

### 5. Kesimpulan

Semakin tinggi rasio mol reaktan (mol gliserol : mol TAG), semakin tinggi pula konversi trigliserida (TAG) ke digliserida (DAG) dan nilai optimum konversi trigliserida (TAG) ke digliserida (DAG) adalah pada rasio mol reaktan 2:1. Semakin lama waktu reaksi

gliserolisis, semakin tinggi konversi trigliserida (TAG) ke digliserida (DAG) yang terjadi di dalam minyak goreng sehat (digliserida). Semakin tinggi rasio mol reaktan gliserol : trigliserida, maka semakin tinggi pula kadar gliserol total pada produk minyak goreng sehat digliserida. Semakin tinggi rasio mol reaktan gliserol : trigliserida, maka semakin tinggi %-monogliserida (MAG) yang terbentuk di dalam produk minyak goreng sehat (DAG).

### Daftar Pustaka

- [1] Boekenoogen, H.A, (1964), "Analysis and Characterization of Oils, Fats and Fat Products", Volume 1, Interscience: New York.
- [2] Caballero, Benjamin, et.al., (2003), "Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition", Elsevier Science.
- [3] Fennema, O.R., (1996), "Food Chemistry", 3<sup>rd</sup> edition, Marcel Dekker: New York, page 233-235.
- [4] Lewis, Jacob, et. al., (2002), "Chemical process for the production of 1,3-diglyceride oils," *US Patent no. 20030104109*.
- [5] Midland, A. D. and Kao Corporation and Midland, (2002), "Draft Assessment Report, Diacylglycerol Oil", FSANZ: Canberra.
- [6] Watanabe, T, et. al, (2004), "Diacylglycerol production in a packed bed bioreactor", Elsevier Science.