



**PERUBAHAN KOMPOSISI FRAKSI ASILGLISEROL SELAMA
SINTESIS MONO-DIASILGLISEROL DARI STEARIN SAWIT DENGAN
METODE GLISEROLISIS SKALA *PILOT PLANT***

LUSITA CAHYA AGUSTINA



**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2019**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Perubahan Komposisi Fraksi Asilgliserol selama Sintesis Mono-Diasilgliserol dari Stearin Sawit dengan Metode Gliserolisis Skala *Pilot Plant* adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, April 2019

Lusita Cahya Agustina
NIM F24140049

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

ABSTRAK

LUSITA CAHYA AGUSTINA. Perubahan Komposisi Fraksi Asilgliserol Selama Sintesis Mono-Diasilgliserol dari Stearin Sawit dengan Metode Gliserolisis skala *Pilot Plant*. Dibimbing oleh NURI ANDARWULAN dan DIDAH NUR FARIDAH.

Mono-diasilgliserol (MDAG) adalah *emulsifier* dengan status *Generally Recognized as Safe* (GRAS) yang paling banyak penggunaannya dalam industri pangan. Sekitar 70% dari total produksi *emulsifier* di dunia adalah MDAG dan turunannya. Di industri pangan, MDAG diaplikasikan pada produk seperti roti, *sponge cake*, margarin, *ice cream*, *chewing gum* dan *chews*. Metode paling murah untuk memproduksi MDAG adalah sintesis dengan proses gliserolisis. Proses sintesis MDAG pada penelitian ini dilakukan menggunakan bahan baku stearin minyak sawit melalui reaksi gliserolisis kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan fraksi komposisi asilgliserol selama proses sintesis MDAG skala *pilot plant* dengan bahan baku yang berbeda dan karakterisasi sifat fisikokimia produk MDAG yang dihasilkan. Tahapan penelitian dimulai dengan karakterisasi bahan baku stearin, proses sintesis MDAG skala *pilot plant* dengan suhu sintesis 180 °C selama 120 menit serta karakterisasi sifat fisikokimia produk akhir MDAG. Selama proses reaksi gliserolisis berlangsung dilakukan pengambilan produk tiap 10 menit hingga menit 30 pertama dilanjutkan tiap 30 menit hingga akhir waktu sintesis yang berfungsi untuk melihat perubahan fraksi asilgliserol. Hasil penelitian menunjukkan bahan selama proses sintesis terjadi perubahan fraksi asilgliserol, pembentukan asam lemak bebas dan gliserol bebas. Produksi MDAG skala *pilot plant* dilakukan sebanyak 2 *batch* dengan komposisi fraksi asilgliserol bahan baku yang berbeda. Bahan baku stearin yang memiliki fraksi DAG rendah diduga mempunyai kecepatan reaksi yang lebih cepat dan dihasilkan produk MDAG dengan fraksi MAG yang tinggi di akhir waktu reaksi. Pada produk MDAG yang memiliki bahan baku fraksi DAG 4.06%, komposisi produk akhir memiliki fraksi MAG sebesar 46.74% , fraksi DAG sebesar 31.29% dan fraksi TAG sebesar 6.68% sedangkan produk MDAG dengan bahan baku yang memiliki fraksi DAG 7.22% menghasilkan fraksi MAG sebesar 33.30%, fraksi DAG 33.92% dan TAG sebesar 22.50%.

Kata kunci: *emulsifier*, gliserolisis, mono-diasilgliserol, *pilot plant*, stearin

ABSTRACT

LUSITA CAHYA AGUSTINA. *The Change of Composition of Acylglycerol Fraction During the Synthesis of Mono-Diacylglycerol from Palm Stearin by Glycerolysis Method in Pilot Plant Scale. Supervised by NURI ANDARWULAN and DIDAH NUR FARIDAH.*

Mono-diacylglycerol (MDAG) was an emulsifier with the Generally Recognized as Safe (GRAS) status that most widely used in the food industry. About 70% of the total emulsifier production in the world was MDAG and its derivatives. In the food industry, MDAG was applied to products such as bread, sponge cake,



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

margarine, ice cream, chewing gum and chews. The cheapest method for producing MDAG was synthesis with the glycerolysis process. The process of MDAG synthesis in this research was carried out using raw materials of palm oil stearin through chemical glycerolysis reaction. This studied aims to study changes in the composition of the acylglycerol fraction during the pilot plant synthesis MDAG process and characterized the physicochemical properties of the produced MDAG products. The research phase began with characterization of stearin raw materials, pilot scale synthesis of MDAG with a synthesis temperature of 180 °C for 120 minutes and characterization of physicochemical properties of MDAG final products. During the glycerolysis reaction process the product was taken every 10 minutes until the first 30 minutes then continued every 30 minutes until the end of the synthesis time which serves to see changes in the acylglycerol fraction. The results showed that the material during the synthesis process changes the acylglycerol fraction, the formation of free fatty acids and free glycerol. MDAG production on a pilot plant scale was carried out 2 times with different composition of the raw material acylglycerol fraction. Raw materials of stearin which had a low DAG fraction, tended to have faster reaction rates and produced MDAG products with high MAG fractions at the end of reaction time. In MDAG products which had a raw material of 4.06% DAG fraction, the final product composition had MAG fraction of 46.74%, DAG fraction of 31.29% and TAG fraction of 6.68% while MDAG products with raw materials which had 7.22% DAG fraction result MAG fraction of 33.30 %, DAG fraction 33.92% and TAG at 22.50%.

Keywords: emulsifier, glycerolysis, mono-diasilgliserol, pilot plant, stearin

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

PERUBAHAN KOMPOSISI FRAKSI ASILGLISEROL SELAMA SINTESIS MONO-DIASILGLISEROL DARI STEARIN SAWIT DENGAN METODE GLISEROLISIS SKALA *PILOT PLANT*

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pangan
pada
Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan

**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2019**



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



Judul Skripsi: Perubahan Komposisi Fraksi Asilgliserol selama Sintesis Mono-Diasilgliserol dari Stearin Sawit dengan Metode Gliserolisis skala *Pilot Plant*.

Nama : Lusita Cahya Agustina
NIM : F24140049

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Disetujui oleh

Prof. Dr. Ir. Nuri Andarwulan MSi
Pembimbing I

Dr. Ir. Didah Nur Faridah MSi
Pembimbing II



Dr. Ir. Peri Kusnandar MSc
Ketua Departemen

Tanggal Lulus:

16 APR 2019

Bogor Agricultural



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala kelimpahan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul Perubahan Komposisi Fraksi Asilgliserol Selama Sintesis Mono-Diasilgliserol dari Stearin Sawit dengan Metode Gliserolisis Skala *Pilot Plant* yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2018 berhasil terselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Nuri Andarwulan dan Dr. Didah Nur Faridah selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan serta saran kepada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
Orang tua penulis yaitu Bapak Ponariyanto dan Ibu Samiarsih, kakak Frido Feby Ariyanto serta keluarga besar penulis atas segala doa, dukungan moral, perhatian, dan dana untuk kelancaran perkuliahan penulis.
Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) dan *South East Asian Food and Agriculture Science and Technology* (SEAFAST) Center IPB yang telah memberikan bantuan dana dan fasilitas yang menunjang selama penelitian.
Staf laboratorium SEAFAST Center IPB diantaranya Mbak Ria Noviar, Mbak Ria CN, Kak Andri, Abah Sukarna dan seluruh staff SEAFAST atas kerjasama, bantuan dan dukungannya kepada penulis.
SEAFAST Squad : ka Daniel, ka Ravi, Arofah, Rezi, Nadirah, Hadi dan Irfan yang telah memberikan semangat dan kebersamaan penulis selama penelitian.

Bogor, April 2019

Lusita Cahya Agustina

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	3
Tujuan Penelitian	3
Manfaat Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
Kelapa Sawit	3
Pengemulsi atau <i>Emulsifier</i>	4
MDAG (Mono-Diasilgliserol)	5
Stearin Minyak Sawit	6
Gliserolisis	6
METODE PENELITIAN	7
Waktu dan Tempat	7
Bahan dan Alat	7
Prosedur Penelitian	7
Metode Analisis	11
HASIL DAN PEMBAHASAN	12
Karakterisasi Bahan Baku RBDPStearin	12
Sintesis MDAG Skala <i>Pilot Plant</i>	13
Perubahan Komposisi Fraksi Asilgliserol Selama Proses Sintesis MDAG	16
Karakterisasi Produk Akhir	19
SIMPULAN DAN SARAN	22
Simpulan	22
Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	28



DAFTAR TABEL

1	Komposisi asam lemak minyak sawit dan titik cairnya	4
2	Nilai HLB berbagai zat pengemulsi	5
3	Sifat fungsional dan aplikasi monoasilgliserol	5
4	Sifat fisikokimia RBDP Olein dan RBPD stearin	6
5	Spesifikasi GC Hewlett Packard Series 6890	11
6	Fraksi asilgliserol bahan baku stearin	12
7	Karakterisasi bahan baku stearin (Sumitra 2019)	13
8	Karakteristik produk MDAG skala <i>pilot plant</i>	19

DAFTAR GAMBAR

1	Reaksi gliserolisis (Hasenhuettl dan Hartel 2008)	7
2	Tahapan penelitian dan parameter pengujian	8
3	Skema unit produksi MDAG skala <i>pilot plant</i>	9
4	Diagram alir sintesis MDAG skala <i>pilot plant</i>	10
5	Kromatogram komposisi fraksi asilgliserol stearin <i>batch 1</i>	12
6	Kromatogram komposisi fraksi asilgliserol stearin <i>batch 2</i>	13
7	Perubahan fraksi asilgliserol selama sintesis MDAG skala <i>pilot plant</i> dengan waktu sintesis 120 menit dengan rasio substrat stearin:gliserol (1:2:3), katalis NaOH 18 N 0.5% dan suhu 180 °C (<i>batch 1</i>)	15
8	Perubahan fraksi asilgliserol selama sintesis MDAG skala <i>pilot plant</i> dengan waktu sintesis 120 menit dengan rasio substrat stearin:gliserol (1:2:3), katalis NaOH 18 N 0.5% dan suhu 180 °C (<i>batch 2</i>)	15
9	Tahapan reaksi gliserolisis	17
10	Perubahan fraksi asilgliserol selama sintesis MDAG bahan baku stearin skala <i>pilot plant</i> dengan kadar fraksi DAG yang berbeda a) MAG, b) DAG dan c) TAG	18
11	Kromatogram produk MDAG <i>batch 1</i>	20
12	Kromatogram produk MDAG <i>batch 2</i>	20
13	Produk MDAG skala <i>pilot plant</i> a) <i>batch 1</i> b) <i>batch 2</i>	21

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data analisis sintesis MDAG skala <i>pilot plant batch 1</i>	26
2	Data analisis sintesis MDAG skala <i>pilot plant batch 2</i>	27

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas utama bagi Indonesia. Direktorat Jenderal Perkebunan (2017) mencatat bahwa produksi kelapa sawit di Indonesia setiap tahun meningkat. Pada tahun 2017, jumlah produksi sawit tercatat 35.359.384 ton dan jumlah ini lebih tinggi dari tahun 2016 yaitu 33.229.381 ton. Peningkatan produksi ini juga didukung oleh luas area perkebunan sawit yang semakin luas selama satu dekade terakhir ini. Luas area perkebunan sawit di Indonesia pada tahun 2017 tercatat 12.307.677 hektar dan lebih luas daripada tahun-tahun sebelumnya.

Minyak sawit yang diperoleh dari hasil ekstraksi daging buah kelapa sawit merupakan minyak sawit kasar atau *Crude Palm Oil* (CPO) sedangkan minyak yang berasal dari inti sawit disebut minyak inti sawit atau *palm kernel oil* (PKO). Produksi CPO di Indonesia selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Hingga tahun 2017, Indonesia merupakan penghasil CPO terbesar di dunia. Selain untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri, minyak sawit juga diekspor dalam bentuk CPO. Untuk meningkatkan nilai ekonomis ekspor komoditi ini, CPO perlu diolah menjadi produk lain yang mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi. Peningkatan produksi dan peningkatan nilai ekonomi CPO melalui konversi menjadi produk yang bernilai ekonomi lebih tinggi tentu akan memberikan dampak yang sangat berarti terhadap perekonomian bangsa Indonesia. Salah satu cara peningkatan nilai ekonomi minyak kelapa sawit yaitu dengan melakukan proses pengolahan CPO lebih lanjut.

CPO yang diproses lebih lanjut melalui *degumming*, *bleaching*, filtrasi dan deodorisasi, akan menghasilkan *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) (Sitalahi et al. 2017). RBDPO sendiri dapat difraksinasi untuk menghasilkan fraksi yang memiliki titik leleh yang berbeda kemudian dikristalisasi dengan suhu yang terkontrol menjadi bentuk cair (RBDPO olein) dan bentuk padat (RBDPO Stearin) (Che Man 1999). Secara umum proses fraksinasi minyak sawit dapat menghasilkan 73% olein, 21% stearin, dan 5% *palm fatty acid distillate* (PFAD) (Departemen Perindustrian 2007). Menurut O'Brien (2009), fraksi olein sawit mempunyai karakteristik berbentuk cair pada suhu ruang, berwarna kuning, titik cair 21-30 °C, titik didih 215 °C sedangkan fraksi stearin mempunyai karakteristik berbentuk padat pada suhu ruang, berwarna putih, titik cair 44 °C, titik didih 284 °C. Fraksi stearin sering disebut sebagai "hasil-samping" dari olein sawit. Hal tersebut menyebabkan stearin sawit umumnya mempunyai harga yang lebih rendah dibandingkan harga olein atau pun minyak sawit itu sendiri (Haryadi 2010). Namun, menurut beberapa penelitian menyebutkan bahwa stearin minyak sawit (Chetpattananondh dan Tongurai 2008) dan hasil hidrogenasinya (*Fully Hydrogenated Palm Stearin*) (Affandi 2011) dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan *emulsifier* nabati.

Emulsifier atau zat pengemulsi merupakan senyawa yang mempunyai aktivitas permukaan (*surface-active agents*) sehingga dapat menurunkan tegangan permukaan (*surface tension*) antara udara-cairan dan cairan-cairan yang terdapat dalam suatu kompleks matriks produk pangan sehingga terbentuk emulsi yang



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

stabil (Krog 1990). *Emulsifier* tidak hanya digunakan untuk menstabilkan suatu emulsi di dalam suatu produk pangan. Di industri pangan, *emulsifier* juga digunakan untuk memodifikasi kristalisasi lemak, menguatkan adonan, melembutkan *crumb* roti, menghambat *staling* pada roti, mengontrol oksigen dan kelembaban, menstabilkan emulsi protein, lemak dan air pada produk olahan daging, serta memodifikasi reologi sorbet, es krim, dan *dairy product* lainnya (Whitehurst 2004).

Mono-diasilgliserol (MDAG) merupakan *emulsifier* yang penting di industri pangan. Sekitar 70% dari total produksi *emulsifier* di dunia adalah MDAG dan turunannya. MDAG dapat diaplikasikan pada produk seperti roti, *sponge cake*, *cake*, margarin, *ice cream*, *chewing gum*, dan *chews*. Sekitar 60% aplikasi MDAG digunakan oleh industri *bakery* (Whitehurst 2004). *Food Drug and Administration* (FDA) Amerika menetapkan status MDAG sebagai *generally recognized as safe* (GRAS) dengan nomor regulasi 21 CFR184.1505 (Chetpattananondh dan Tongurai 2008). Kemampuan MDAG sebagai *emulsifier* karena mempunyai molekul nonionik yang memiliki sisi hidrofilik pada gugus OH dan hidrofobik pada gugus ester asam lemak (Devi *et al.* 2008). MDAG sendiri terdiri dari campuran monoasilgliserol dan diasilgliserol yang terdiri dari ester gliserol dari triasilgliserol (Cheong *et al.* 2007).

Secara komersial proses pembuatan MDAG dapat dilakukan dengan dua tahap yaitu, (1) esterifikasi langsung gliserol dengan asam lemak dan (2) gliserolisis (interesterifikasi) dari lemak alami atau hidrogenasi lemak dan minyak. Kedua proses menghasilkan kesetimbangan distribusi yang sama dari MDAG. Proses gliserolisis lebih ekonomis karena lemak lebih murah dibandingkan asam lemak. Rasio gliserol dan asam lemak menentukan konsentrasi mono-, di- dan triasilgliserol pada produk akhir. Tingginya jumlah gliserol menghasilkan MAG dengan konsentrasi yang tinggi (Gunstone 2006).

Penelitian mengenai sintesis MDAG menggunakan turunan minyak sawit menggunakan metode gliserolisis pada skala *pilot plant* telah banyak dilakukan. Sintesis MDAG dengan metode gliserolisis dari *fully hydrogenated stearin* (FHS) telah dilakukan Affandi (2011) menghasilkan produk MDAG yang memiliki kadar MAG 57.92% dan DAG 35.75%. Penelitian lainnya dilakukan oleh Laksana (2016) yang melakukan sintesis MDAG dengan metode gliserolisis dengan bahan baku *fully hydrogenated palm kernel oil* (FHPKO) menghasilkan produk MDAG yang memiliki kadar MAG 53.99% dan DAG 16.54%. Kebutuhan MDAG bagi industri pangan yang tinggi serta ketersediaan sumber daya stearin minyak sawit sebagai bahan baku pembuatannya di Indonesia menjadi potensi dan alasan yang kuat perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut dalam menghasilkan MDAG dengan konsentrasi yang tinggi.

Di Indonesia, produksi stearin sawit telah banyak dilakukan oleh industri olahan sawit sebagai salah satu produk turunannya. Karakteristik bahan baku stearin yang berbeda dapat berpengaruh terhadap produk MDAG yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai penggunaan bahan baku stearin yang berbeda perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari bahan baku terhadap produk MDAG. Dalam penelitian ini, fokus utamanya adalah pengaruh penggunaan fraksi asilgliserol bahan baku stearin yang berbeda terhadap produk MDAG yang dihasilkan.

Perumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah perbedaan komposisi fraksi asilgliserol pada bahan baku stearin sawit terhadap karakteristik produk MDAG yang dihasilkan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan (1) mempelajari perubahan fraksi asilgliserol selama proses sintesis MDAG dari stearin minyak sawit skala *pilot plant* dengan bahan baku yang berbeda (2) karakterisasi fisikokimia produk MDAG yang dihasilkan.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui perubahan fraksi asilgliserol selama proses sintesis MDAG menggunakan bahan baku yang berbeda.

TINJAUAN PUSTAKA

Kelapa Sawit

Kelapa sawit terdiri dari 80% bagian perikarp (epikarp dan mesokarp) dan 20% biji (endocarp dan endosperm). Dua jenis minyak yang dapat diperoleh dari kelapa sawit yaitu minyak dari inti (endosperm) sawit disebut dengan minyak inti atau PKO (*Palm Kernel Oil*) dan minyak dari sabut (mesokarp) sawit disebut minyak sawit mentah atau CPO (*Crude Palm Oil*) (Ketaren 2005). Perbedaan antara minyak sawit dan minyak inti sawit adalah adanya pigmen karotenoid pada minyak sawit sehingga berwarna kuning merah. Komposisi karotenoid yang terdeteksi pada minyak sawit terdiri dari α -, β -, γ -, karoten dan xantofil, sedangkan minyak inti sawit tidak mengandung karotenoid. Perbedaan lain adalah pada kandungan asam lemaknya. Pada minyak inti sawit terdapat asam lemak kaproat, asam lemak kaprilat, dan asam lemak laurat, sedangkan pada minyak sawit tidak mengandung ketiga asam lemak tersebut (Murdiati 1992). Pada suhu di atas 60 °C minyak sawit mencair, sebaliknya minyak inti sawit bersifat cair pada suhu kamar. Perbedaan sifat ini disebabkan oleh perbedaan jenis dan jumlah rantai asam lemak yang membentuk trigliserida dalam kedua minyak tersebut. Komposisi asam lemak dari minyak sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Triasilgliserol (TAG) komponen utama yang terkandung dalam minyak sawit. Pada umumnya minyak mengandung beberapa komponen minor seperti monoasilgliserol (MAG), diasilgliserol (DAG), fosfolipid, pigmen, sterol, asam lemak bebas, lemak alkohol vitamin larut lemak dan beberapa senyawa lainnya (Affandi 2011). Selain itu, minyak sawit mengandung komponen-komponen nutrisi mikro lainnya, seperti tokoferol dan tokotrienol yang memiliki nutrisi yang tinggi.

Tabel 1 Komposisi asam lemak minyak sawit dan titik cairnya

Jenis Asam Lemak		Komposisi	Titik Cair
Asam Kaprat	(C 10:0)	1-3	31.5
Asam Laurat	(C 12:0)	0-1	44
Asam Miristat	(C 14:0)	0.9-1.5	58
Asam Palmitat	(C 16:0)	39.2-45.8	64
Asam Stearat	(C 18:0)	3.7-5.1	70
Asam Oleat	(C 18:1)	37.4-44.1	14
Asam Linoleat	(C 18:2)	8.7-12.5	-11
Asam Linolenat	(C 18:3)	0-0.6	9

Sumber: Ketaren (2005)

Pengemulsi atau *Emulsifier*

Pengemulsi merupakan senyawa yang mempunyai aktivitas permukaan (*surface-active agents*) yang dapat menurunkan tegangan permukaan (*surface tension*) antara dua fase yang dalam keadaan normal tidak saling melarutkan, menjadi dapat bercampur dan selanjutnya membentuk emulsi (Cahyadi 2006). *Surface active agent* memiliki bagian hidrofilik yang dapat berikatan dengan air dan lipofilik yang dapat berikatan dengan lemak atau minyak. Gugus fungsional pada bagian kepala bersifat hidrofilik. Gugus fungsional tersebut dapat terdiri dari gugus hidroksil, asam karboksilat, fosfat atau peptida.

Pengemulsi dengan bagian hidrofobik yang terdiri dari asam lemak berantai pendek seperti asam laurat (C12:0) memiliki kemampuan emulsifikasi yang baik, namun senyawa ini mudah terhidrolisis membentuk sabun dan menghasilkan flavor yang tidak diinginkan. Asam lemak tidak jenuh yang memiliki rantai ganda seperti oleat, linoleat dan linolenat perlu dihindari penggunaannya sebagai bagian hidrofilik pengemulsi karena mudah teroksidasi dan menghasilkan bau tengik (Hasenhuettl dan Hartel 2008). Pengemulsi diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok A (*acceptable*), seperti lesitin, monooleat, dan monogliserida, serta kelompok B (*provisionally acceptable*) seperti karagenan, propilen glikol, dan sorbitan monostearat (Rohman *et al.* 2012).

Pemilihan zat pengemulsi yang cocok pada suatu produk pangan berkaitan erat dengan sistem HLB (*hydrophilic/lyphophilic balance*) (Sibuea 2014). Pengemulsi dengan nilai HLB tinggi yang berkisar antara 8-18 memiliki tingkat kelarutan yang tinggi dalam air dan cocok untuk diaplikasikan pada emulsi *oil-in-water* (o/w), seperti susu, es krim, dan mayones. Sebaliknya, pengemulsi dengan nilai HLB rendah yang berkisar antara 3-6 memiliki kelarutan yang tinggi di dalam minyak atau lemak, sehingga cocok untuk diaplikasikan pada emulsi *water-in-oil* (w/o), seperti mentega dan margarin (Becher 2001). Nilai HLB dari beberapa zat pengemulsi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai HLB berbagai zat pengemulsi

Zat pengemulsi	Nilai HLB
Kalium oleat	20.0
Polioksi etilen sorbitan monooleat	15.0
Gum akasia	11.9
Metil selulosa	10.5
Gelatin	9.8
Sorbitan monostearat	4.7
Proilen glikon monostearat	3.4
Mono dan dilgliserida (48-52% mono)	2.8
Asam oleat	1.0

Sumber : Sibuea (2014)

MDAG (Mono-Diasilgliserol)

Mono-diasilgliserol (MDAG) merupakan pengemulsi yang paling banyak digunakan di industri pangan. MDAG memiliki gugus fungsional hidroksil dan banyak diaplikasikan sebagai pengemulsi non-ionik. Monoasilgliserol memiliki dua gugus hidroksil, sehingga memiliki *surface activity* yang lebih baik dibanding diasilgliserol (Hasenhuettl dan Hartel 2008). MDAG secara komersial biasanya diproduksi melalui esterifikasi langsung asam lemak atau gliserolisis minyak dan lemak. Kedua proses tersebut memiliki distribusi pembentukan monoasilgliserol dan diasilgliserol yang sama.

Minyak dan asam lemak tidak larut dalam gliserol pada suhu ruang, sehingga dibutuhkan kondisi suhu yang tinggi untuk membantu kelarutan substrat dan gliserol. Rasio gliserol dan asam lemak menentukan persentase monogliserol dan diasilgliserol di produk akhir. Rasio gliserol yang tinggi akan menghasilkan monoasilgliserol yang tinggi. MDAG dapat diproduksi melalui reaksi gliserolisis. Trigliserida direaksikan dengan gliserol pada temperatur tinggi (200-250 °C) dengan penambahan basa sebagai katalis reaksi yang menghasilkan campuran mono, di dan trigliserida dan sebagian kecil fraksi gliserol yang tidak bereaksi. Proporsi mono dan diasilgliserol bergantung dari rasio trigliserida dan gliserol. MDAG komersial umumnya mengandung 45-55% monogliserida, 38-45% digliserida, 8-12% trigliserida dan 1-7% gliserol bebas (Hasenhuettl dan Hartel 2008). Sifat fungsional dan aplikasi monoasilgliserol dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Sifat fungsional dan aplikasi monoasilgliserol

Sifat Fungsional	Aplikasi
<i>Starch complexation</i>	Roti, <i>sponge cake</i>
<i>Aeration</i>	<i>Sponge cake, dessert</i>
<i>Emulsification</i>	Margarin, <i>spreads</i>
<i>De-emulsification</i>	Es krim
<i>Compatible mixing</i>	Permen karet

Sumber: Becher (2001)

Stearin Minyak Sawit

Daging buah sawit yang diekstrak akan menghasilkan crude palm oil (CPO). Proses pemurnian lanjut CPO untuk menghasilkan minyak sawit siap pakai meliputi *degumming*, *bleaching*, *filtration* dan *deodorization* (Silalahi *et al.* 2017). Produk akhir setelah pemurnian disebut *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) yang berbentuk semi-padat (Nusantoro 2007). Pada kondisi suhu ruang (25-30 °C), RBDPO terdiri dari dua fraksi, yaitu fraksi padat (RBDP stearin) dan fraksi cair (RBDP olein). Pemisahan kedua fraksi ini dapat dilakukan dengan proses fraksinasi kering (*dry fractionation*) berdasarkan titik leleh yang berbeda (Hendrix and Kellens 2007).

Berdasarkan ketentuan SNI 01-0021-1998, RBDPstearin merupakan produk turunan yang diperoleh dari hasil fraksinasi RBDPO yang telah mengalami proses pemurnian. Beberapa syarat mutu RBDPstearin diantaranya kadar asam lemak bebas maksimal 0.15%, bilangan iod maksimal 40 g iod/100g, cemaran arsen maksimal 0.1 ppm, serta kadar air dan kotoran maksimal 0.1%. Karakterisasi bahan baku RBDP stearin yang digunakan perlu dilakukan untuk mengetahui kualitasnya. Karakteristik RBDP stearin disajikan pada Tabel 4.

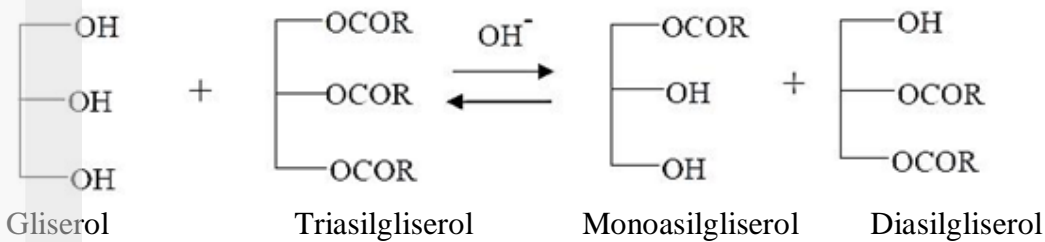
Tabel 4 Sifat fisikokimia RBDP Olein dan RBDP stearin

Karakteristik	Fraksi minyak sawit	
	Olein	Stearin
Densitas (kg/L)	0.96	0.85
Bilangan iod (g/100g)	51-61	22-49
Bilangan penyabunan	194-202	193-206
Zat yang tidak tersabunkan	0.06-0.1	0.01-0.03
Titik cair (°C)	21-30	44
Titik didid (°C)	215	284
Warna	Kuning kecokelatan	Putih

Sumber : O'Brien (2009)

Gliserolisis

Gliserolisis merupakan salah satu proses interesterifikasi yang digunakan dalam menghasilkan produk *emulsifier*. Gliserolisis digambarkan sebagai proses pertukaran gugus asil antara TAG dan gliserol. Melalui proses ini, TAG dikonversi menjadi MAG dan DAG. Secara prinsip gliserolisis dilakukan dengan mencampurkan substrat TAG seperti stearin dan gliserol berlebih pada kondisi suhu reaksi yang tinggi (220-250 °C) dalam kondisi kedap oksigen akibat penghambatan gas nitrogen. Selain itu, katalis basa seperti natrium hidroksida dan kalsium hidkrosida umum ditambahkan ke dalam campuran yang bertujuan mempercepat proses reaksi (Cheirsilp *et al.* 2009). Katalis tersebut dipilih karena termasuk kategori *food grade* dan harga yang terjangkau. Reaksi gliserolisis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Reaksi gliserolisis (Hasenhuettl dan Hartel 2008)

Studi sintesis MDAG dengan metode gliserolisis dengan berbagai jenis bahan baku telah banyak dilakukan. Hasil penelitian Triana (2014) menunjukkan MDAG berbahan dasar *fully hydrogenated* PKO (FHPKO) pada kondisi waktu reaksi 240 menit, rasio substrat 1:2.3, suhu reaksi 160 °C dan katalis NaOH 1% menghasilkan fraksi MAG dan DAG masing-masing sebesar 46.73% dan 17.75%. Sementara hasil penelitian lain dengan penggunaan bahan baku RBDPO pada kondisi waktu reaksi 180 menit, suhu reaksi 180 °C dan katalis NaOH 0.5% menghasilkan fraksi MAG dan DAG masing-masing sebesar 45.77% dan 27.46% (Rachmawati 2017)

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama 10 bulan dimulai dari bulan Maret 2018-Januari 2019. Penelitian dilaksanakan di laboratorium kimia dan *Pilot Plant South East Asian Food and Agriculture Science and Technology (SEAFASST) Center* Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya stearin minyak sawit dari PT. Tunas Baru Lampung Tbk, gliserol sodium hidroksida (NaOH) dan asam sitrat dari Brataco Chemica (Bogor), *Distilated Monoglyceride*, gas nitrogen, *N-methyl-N-trimethylsilyl-trifluoroacetamide*, heptan, dan bahan analisis kimia lainnya.

Peralatan yang digunakan antara lain satu set tangki esterifikasi dengan kapasitas 100 liter yang dilengkapi dengan *chiller*, sumber pemanas dari listrik dan mesin pompa vakum. Selain itu analisis sifat fisikokimia produk MDAG yang dihasilkan menggunakan *Gas Chromatography FID* (Hewlett Packard 6890 series) kolom DB5 HT dan *magnetic stirrer*, *sentrifuse*, pipet mohr, neraca analitik, buret, oven, erlenmeyer, parafilm, aluminium foil, termometer dan peralatan gelas lainnya.

Prosedur Penelitian

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap meliputi karakterisasi bahan baku stearin, sintesis MDAG skala laboratorium, proses sintesis MDAG skala *pilot plant*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

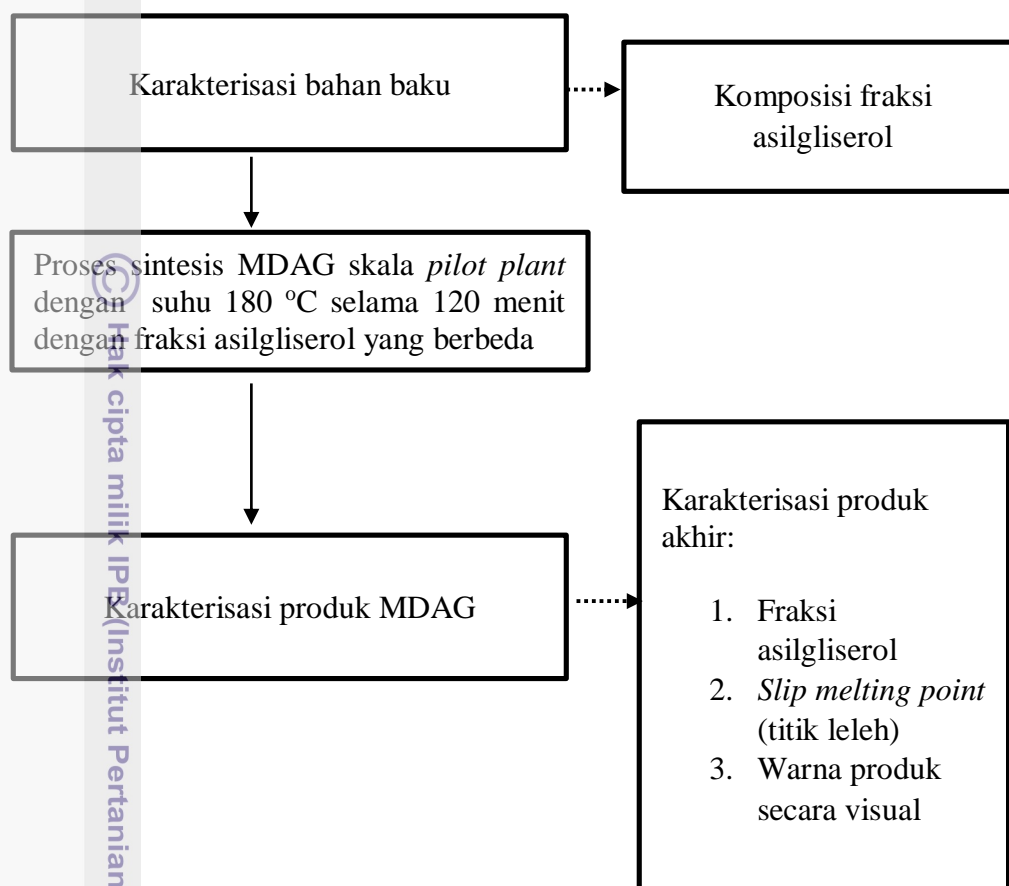
Fakultas Teknik IPB (Institut Pertanian Bogor) Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

serta karakterisasi sifat fisikokimia produk akhir MDAG yang dihasilkan. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

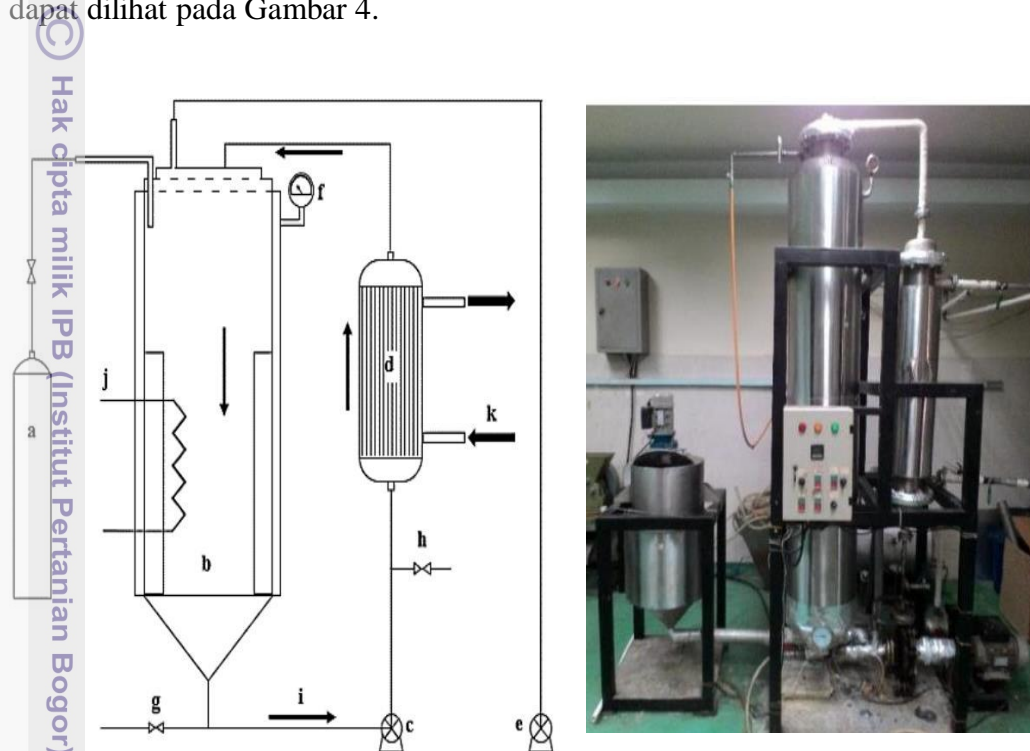


Gambar 2 Tahapan penelitian dan parameter pengujian

Proses Sintesis MDAG dengan Metode Gliserolisis Skala Pilot Plant (Modifikasi dari Affandi 2011)

Peralatan yang digunakan dalam sintesis MDAG skala *pilot plant* adalah tangki esterifikasi dengan kapasitas 100 liter yang dilengkapi dengan *chiller*. Total bahan baku yang digunakan sebesar 50 kg. Sebelum stearin dimasukkan ke dalam tangki esterifikasi, stearin dicairkan terlebih dahulu hingga mencapai suhu 120 °C. Setelah suhu tercapai, gliserol dimasukkan ke dalam tangki melalui kran bawah menggunakan pompa vakum. Campuran atau substrat dipanaskan hingga mencapai suhu 180 °C. Setelah suhu 180 °C tercapai, katalis NaOH 0.5% (v/b minyak) dimasukkan ke dalam tangki dengan bantuan pompa vakum. Pengambilan *sampling* dilakukan pada tiap 10 menit pertama hingga menit 30 pertama dilanjutkan setiap 30 menit selanjutnya selama proses sintesis. Penghembusan N₂ setiap 30 menit bertujuan untuk mengusir gas O₂ yang dapat menyebabkan minyak teroksidasi.

Proses pendinginan dilakukan dengan cara menurunkan suhu bahan dari 180 °C menjadi ± 85 °C dengan bantuan sirkulasi air pendingin. Setelah bahan mencapai suhu ± 85 °C dilakukan proses netralisasi dengan menambahkan asam sitrat 0.05% (b/b) ke dalam campuran. Proses netralisasi berlangsung selama 10 menit dan kran bagian atas tanki dibuka agar tidak menyebabkan kondisi vakum. Endapan yang merupakan gliserol dikeluarkan terlebih dahulu. Kemudian produk MDAG ditampung ke dalam wadah. Setelah produk diperoleh kemudian dilakukan analisis sifat fisikokimia dan komposisi asilgliserol produk tersebut menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Gambar dan skema reaktor esterifikasi dapat dilihat pada Gambar 3 sedangkan diagram alir proses sintesis MDAG skala *pilot plant* dapat dilihat pada Gambar 4.



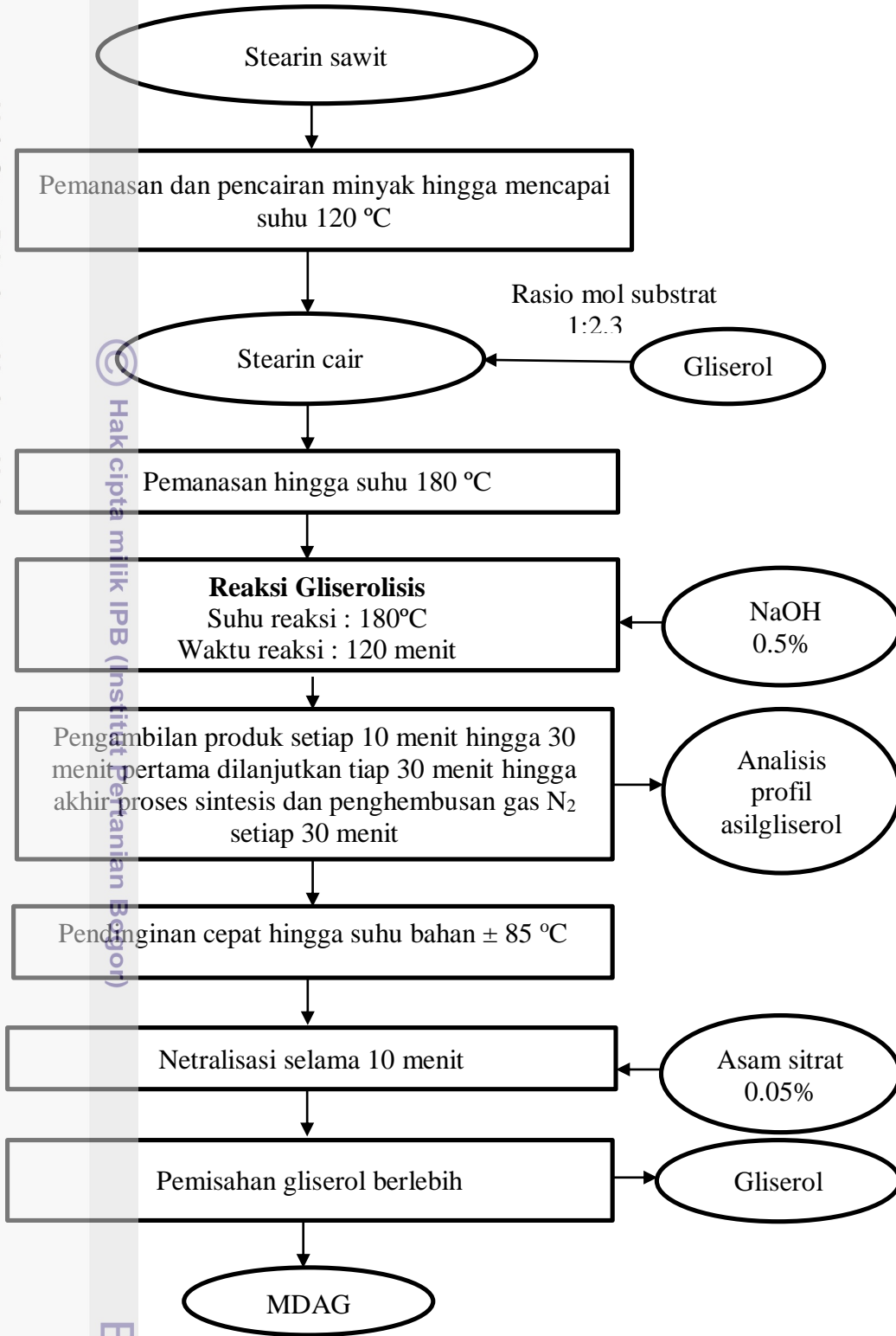
Gambar 3 Skema unit produksi MDAG skala *pilot plant* (Keterangan : a. tabung gas nitrogen, b. tangki esterifikasi, c. pompa sirkulasi, d. tabung pendingin (*chiller*), e. pompa vakum, f. pengukur tekanan vakum (*vacuum gauge*), g. kran masuk dan keluar bahan (*input and output*), h. kran pengambilan sampel (*sampling*), i. arah aliran bahan, j. pemanas listrik, k. Arah aliran air)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 4 Diagram alir sintesis MDAG skala *pilot plant*

Karakterisasi Produk MDAG Skala *Pilot Plant*

Pengujian karakteristik fisikokimia produk MDAG terdiri atas analisa komposisi asilgliserol (Modifikasi AOCS *Official Method* Cd 11b-91 2003) dan *slip melting point* AOCS *Official Method* Cc 3-25 2003).

Metode Analisis

Analisis Komposisi Fraksi Asilgliserol dengan Kromatografi Gas (Modifikasi AOCS *Official Method* Cd 11b-91 2003)

Sampel ditimbang sekitar 0.025-0.0255 g dimasukkan dalam vial kemudian ditambahkan 10 µL *tetrahydrofuran* dan 50 µL *N-methyl-N-trimethylsilyl-trifluoroacetamid*, tabung reaksi ditutup dan divorteks dengan kecepatan 2400 rpm selama 90 detik. Selanjutnya tabung reaksi tersebut dimasukkan ke dalam ruang gelap selama 10 menit. Selanjutnya ditambahkan 2 mL heptana, divorteks kembali dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik. Bagian luar tabung ditutup menggunakan *parafilm*. Tabung tersebut kemudian didiamkan selama ± 30 menit sebelum diinjek. Sampel siap diinjeksikan ke dalam *Gas Chromatography* (GC) sebanyak 1 µL. Spesifikasi GC yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Spesifikasi GC Hewlett Packard Series 6890

Komponen	Spesifikasi
Kolom	DB-5HT (15 m x 320 nm), <i>thickness</i> = 0.1 µm
<i>Carrier Gas</i>	Helium
<i>Make up gas</i>	N ₂
<i>Make up flow</i>	2.0 mL/menit
<i>H₂ flow</i>	40.0 mL/menit
<i>Air flow</i>	450.0 mL/menit
<i>Microsyringe</i>	SGE, <i>Microliter syringe</i> 10 µL
<i>Detector</i>	<i>Flame Ionization Detector</i>

Kromatografi gas yang digunakan dilengkapi dengan *split* injeksi atau kolom injeksi dan FID dengan operasi sebagai berikut: suhu kolom awal 50 °C dinaikkan menjadi 180 °C dengan kenaikan 15 °C/menit kemudian dinaikkan lagi menjadi 230 °C dengan kenaikan 7 °C/menit dan dinaikkan lagi menjadi 380 °C, suhu detektor 390 °C, suhu injektor 390 °C, kecepatan gas pembawa 0.7 mL N₂/menit, kecepatan aliran udara 450 mL/menit dan volume injeksi 1 µL. Hasil kromatogram dibandingkan dengan acuan referensi yang telah didapatkan pada metode AOCS berdasarkan urutan pemisahan fraksi gliserida dengan waktu retensi yang berbeda.

Slip Melting Point (Analisis titik leleh) (AOCS *Official Method* Cc 3-25 2003)

Titik leleh didefinisikan sebagai suhu dimana sampel menjadi cair dengan sempurna. Sampel yang telah dilelehkan dimasukan ke dalam tabung kapiler (3 buah) setinggi 1 cm. Selanjutnya di simpan dalam *refrigerator* pada suhu 4-10 °C selama 16 jam. Tabung kapiler diikatkan pada termometer dan termometer tersebut dimasukkan ke dalam gelas piala 600 ml berisi air destilata (sekitar 300 ml). Suhu

air dalam gelas piala dikondisikan pada suhu 8-10 °C di bawah titik leleh sampel dan dipanaskan pelan-pelan (kenaikan suhu 0.5-1.0°C /menit) dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Pemanasan dilanjutkan dan suhu diamati dari saat sampel meleleh sampai sampel naik pada tanda batas atas. Titik leleh dihitung berdasarkan rata-rata suhu dari ketiga sampel yang diamati.

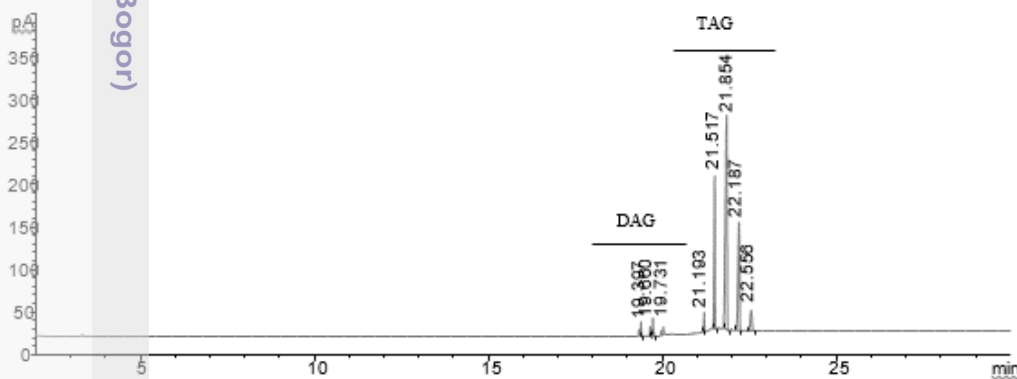
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Bahan Baku RBDPStearin

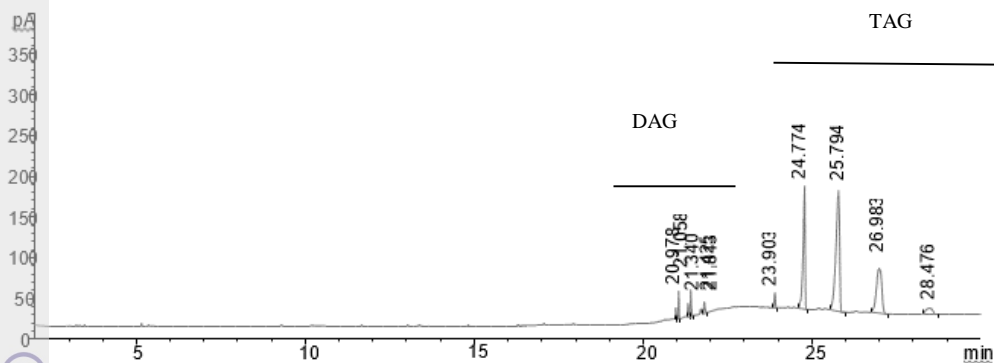
Karakterisasi bahan baku stearin yang dianalisa pada penelitian ini adalah fraksi asilgliserol menggunakan *Gas Chromatography* (GC). Komponen utama dari stearin adalah fraksi TAG dan DAG. Pada penelitian ini digunakan bahan baku stearin dengan komposisi fraksi asilgliserol yang berbeda. Sintesis MDAG skala *pilot plant batch* 1, bahan baku stearin yang digunakan mempunyai komposisi fraksi DAG sebesar 4.06±0.22% dan fraksi TAG sebesar 95.94±0.22% sedangkan pada *batch* 2 digunakan bahan baku dengan fraksi DAG sebesar 7.22±0.21% dan TAG sebesar 92.78±0.21%. Fraksi asilgliserol bahan baku dapat dilihat pada Tabel 6 dan kromatogram bahan baku dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Tabel 6 Fraksi asilgliserol bahan baku stearin

Fraksi asilgliserol	Hasil analisis (%)	
	<i>batch</i> 1	<i>batch</i> 2
MAG (%)	0.00	0.00
DAG (%)	4.06±0.22	7.22±0.21
TAG (%)	95.94±0.22	92.78±0.21



Gambar 5 Kromatogram komposisi fraksi asilgliserol stearin *batch* 1



Gambar 6 Kromatogram komposisi fraksi asilgliserol stearin *batch 2*

Berdasarkan hasil analisis bahan baku stearin, bahan baku yang digunakan pada *batch 2* mempunyai fraksi DAG yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan baku *batch 1*. Menurut Che Man (1999) RBDP stearin sendiri mengandung fraksi TAG sebesar 94.85% dan DAG sebesar 5.15%. Sifat fisikokimia dari bahan baku stearin *batch 1* lainnya meliputi kadar air, asam lemak bebas, bilangan iod, bilangan peroksida dan *slip melting point*. Menurut Sumitra (2019) karakteristik fisikokimia bahan baku stearin *batch 1* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Karakterisasi bahan baku stearin

Parameter	Hasil Analisis
Kadar air (%)	0.020±0.00
Asam lemak bebas (%)	0.049±0.00
Bilangan iod (g/100g)	34.45±0.68
Bilangan peroksida (meq O ₂ /kg)	1.225±0.05
<i>Slip melting point</i> (°C)	50.00-50.50

Sumber : Sumitra (2019)

Sintesis MDAG Skala *Pilot Plant*

Sintesis MDAG skala *pilot plant* dilakukan menggunakan parameter optimum yang didapatkan pada skala laboratorium dengan penyesuaian beberapa operasi proses. Kondisi proses optimum skala laboratorium yang didapatkan pada penelitian Arwani (2017) yaitu suhu proses 180 °C, waktu proses selama 90 menit, rasio mol substrat (stearin:gliserol) 1:2.3 dengan katalis NaOH yang digunakan sebesar 18 N sebanyak 0.5% dari berat stearin yang digunakan. Hasil yang didapatkan oleh Arwani (2017) yaitu MAG 46.33%, DAG 28.76% dan TAG 4.34%.

Sintesis MDAG skala laboratorium juga dilakukan oleh Sumitra (2019), diperoleh fraksi MAG sebesar 45.18±1.96%, DAG 34.85±3.39% dan TAG 6.48±1.96%. Kondisi optimum proses pada penelitian Sumitra (2019) sama dengan penelitian yang dilakukan oleh (Arwani 2017) yaitu suhu proses 180 °C, waktu proses selama 90 menit, rasio mol substrat (stearin:gliserol) 1:2.3 dengan katalis NaOH yang digunakan sebesar 18 N sebanyak 0.5%. Berdasarkan Cheng *et.al* (2005) MDAG secara umum mengandung fraksi MAG sebesar 40-48%, DAG 30-40% dan TAG 5-10%.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Pada saat proses sintesis skala laboratorium, proses pencampuran minyak dan gliserol menggunakan *magnetic stirrer* sedangkan pada skala *pilot plant* menggunakan pompa sirkulasi. Telah disebutkan sebelumnya, bahwa kondisi optimum yang diperoleh pada skala laboratorium adalah penggunaan suhu sintesis 180 °C, katalis NaOH 18 N sebesar 0.5 % rasio substrat yang digunakan (stearin:gliserol) 1:2.3 selama 90 menit. Pada skala *pilot plant*, proses sintesis menggunakan suhu sintesis 180 °C dengan katalis NaOH 18 N sebesar 0.5% rasio minyak dan gliserol 1:2.3 selama 120 menit dengan total bahan baku sebesar 50 kg. Sintesis MDAG skala *pilot plant* dilakukan sebanyak 2 *batch* dengan komposisi fraksi asilgliserol bahan baku yang berbeda.

Selama proses sintesis MDAG skala *pilot plant*, perubahan fraksi asilgliserol secara umum mengalami 3 fase perubahan yaitu curam, landai dan datar/stabil. Fase perubahan curam adalah ketika fraksi MAG, DAG dan TAG mengalami perubahan yang signifikan. Fase landai adalah fase ketika fraksi MAG, DAG dan TAG tidak mengalami perubahan yang signifikan. Fase datar/stabil adalah fase perubahan fraksi MAG, DAG dan TAG cenderung konstan selama proses sintesis berlangsung. Sintesis MDAG skala *pilot plant batch 1* komposisi fraksi asilgliserol bahan baku untuk DAG sebesar $4.06 \pm 0.22\%$ dan TAG $95.94 \pm 0.22\%$. Produk MDAG yang dihasilkan pada *batch* ini memiliki komposisi fraksi MAG $46.74 \pm 0.91\%$, DAG $31.29 \pm 0.83\%$ dan TAG $6.68 \pm 1.00\%$ dengan gliserol bebas sebesar $12.29 \pm 3.13\%$ dan kadar asam lemak bebas $3.06 \pm 2.47\%$. Perubahan komposisi fraksi asilgliserol selama proses sintesis MDAG *batch 1* dapat dilihat pada Gambar 7.

Pada sintesis MDAG *batch 1*, fraksi TAG mengalami penurunan curam hingga menit 120. Menurut Hasenhuettl (2008) reaksi gliserolisis yang melalui interesterifikasi menyatakan TAG memiliki tiga ikatan ester asam lemak yang akan terurai menjadi MAG yang memiliki satu ikatan ester asam lemak dan DAG yang memiliki dua ikatan ester asam lemak. Fraksi MAG mengalami kenaikan terus menerus hingga menit 120. Fraksi DAG mengalami kenaikan yang curam hingga menit 10 dilanjutkan kenaikan yang landai hingga menit 60 dan mengalami fase stabil hingga menit 120. Kadar asam lemak bebas cenderung stabil selama proses. Hal ini dikarenakan asam lemak yang dilepaskan oleh TAG akan berikatan dengan gliserol membentuk fraksi MAG maupun DAG (Felizardo *et al.* 2011). Gliserol bebas mengalami kenaikan yang landai selama proses. Hal ini disebabkan kelarutan dan kontak minyak dengan gliserol semakin tinggi. Pada sintesis ini, fraksi MAG belum mengalami fase stabil pada akhir sintesis, sehingga dimungkinkan fraksi MAG masih mengalami peningkatan jika waktu sintesis ditambah. Fase stabil adalah kondisi ketika fraksi MAG maupun DAG tidak mengalami kenaikan yang signifikan selama proses sintesis MDAG.

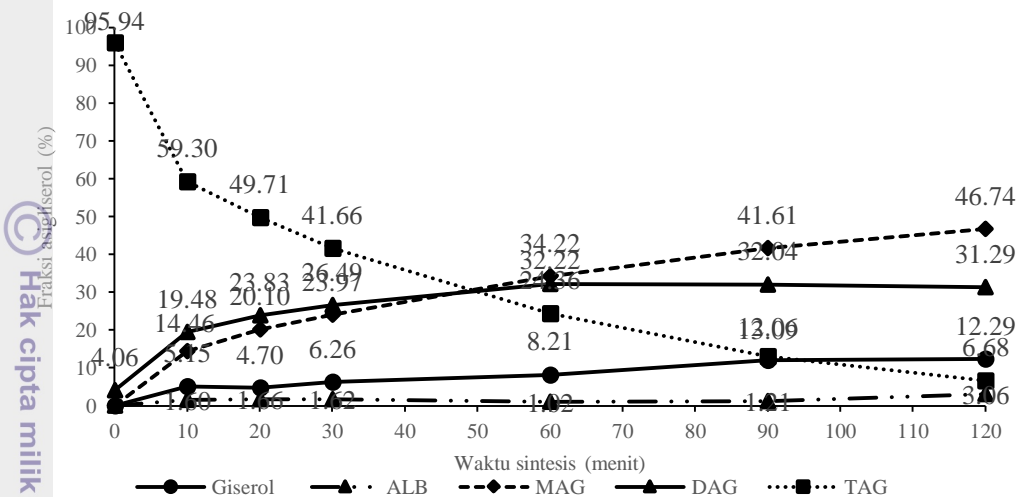
Selanjutnya, sintesis MDAG skala *pilot plant batch 2* dilakukan dengan komposisi fraksi asilgliserol bahan baku yang digunakan adalah fraksi DAG sebesar $7.22 \pm 0.21\%$ dan TAG $92.78 \pm 0.21\%$. MDAG pada akhir proses sintesis memiliki komposisi MAG sebesar $33.30 \pm 0.24\%$, DAG $33.92 \pm 0.91\%$ dan TAG $22.50 \pm 0.63\%$ dengan gliserol bebas $7.26 \pm 0.01\%$ dan kadar asam lemak bebas sebesar $3.02 \pm 0.04\%$. Perubahan komposisi fraksi asilgliserol selama proses sintesis MDAG *batch 2* dapat dilihat pada Gambar 8. Selama sintesis MDAG *batch 2*, fraksi TAG mengalami penurunan terus menerus selama proses hingga menit 120. Fraksi MAG mengalami kenaikan hingga menit 120. Fraksi DAG mengalami kenaikan yang curam hingga menit 90 dilanjutkan fase stabil hingga menit 120. Kadar asam

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

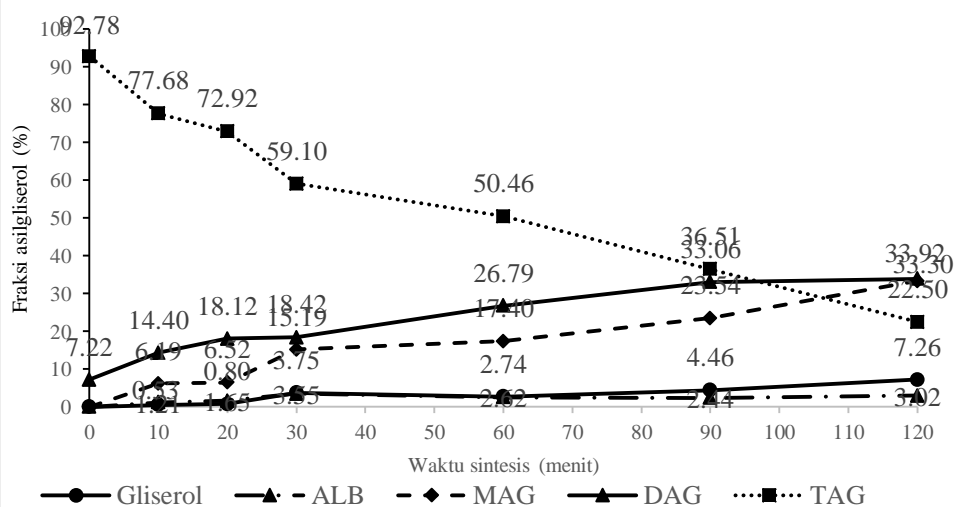
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

lemak bebas cenderung stabil selama proses. Gliserol bebas mengalami kenaikan yang landai selama proses sintesis. Pada *batch* ini, fraksi MAG juga belum mencapai kondisi yang stabil sehingga memungkinkan peningkatan fraksi MAG apabila waktu sintesis ditambah.



Gambar 7 Perubahan fraksi asigliserol selama sintesis MDAG skala *pilot plant* dengan waktu sintesis 120 menit dengan rasio substrat stearin:gliserol (1:2.3), katalis NaOH 18 N 0.5% dan suhu 180 °C (*batch* 1)



Gambar 8 Perubahan fraksi asigliserol selama sintesis MDAG skala *pilot plant* dengan waktu sintesis 120 menit dengan rasio substrat stearin:gliserol (1:2.3), katalis NaOH 18 N 0.5% dan suhu 180 °C (*batch* 2)

Selama proses sintesis MDAG dengan metode gliserolisis juga dihasilkan produk samping diantaranya asam lemak bebas dan gliserol bebas yang terdapat pada produk akhir. Adanya asam lemak bebas dalam produk akan menurunkan mutu dari MDAG yang dihasilkan akibat adanya reaksi oksidasi pada minyak. Hal ini dikarenakan kestabilan asam lemak bebas lebih rendah dibandingkan ketika

Hak cipta milik IPB Institut Pertanian Bogor

Bogor Agricultural

dalam bentuk MAG, DAG maupun TAG (Ketaren 2005). Pada *batch* 1, gliserol bebas dan asam lemak bebas yang teramati menggunakan GC berturut-turut sebesar $12.29 \pm 3.13\%$ dan $3.06 \pm 2.47\%$ sedangkan pada *batch* 2 teramati sebesar $7.26 \pm 0.01\%$ dan $3.02 \pm 0.04\%$. Kandungan gliserol bebas yang masih tinggi pada produk MDAG akan menurunkan titik leleh produk MDAG karena gliserol mempunyai titik leleh yang rendah yaitu $18\text{ }^\circ\text{C}$ (Affandi 2011).

Perubahan Komposisi Fraksi Asilgliserol Selama Proses Sintesis MDAG

Berdasarkan sintesis MDAG skala *pilot plant* yang telah dilakukan, tiap *batch* memiliki hasil yang berbeda. Telah disebutkan sebelumnya, *batch* 1 komposisi bahan baku mempunyai fraksi DAG sebesar 4.06% dan TAG sebesar 95.94% sementara *batch* 2 mempunyai fraksi DAG sebesar 7.22% dan TAG sebesar 92.78%. Hal tersebut diduga mempengaruhi kecepatan pembentukan fraksi MAG dan DAG serta penguraian TAG selama sintesis berlangsung sehingga menyebabkan perbedaan komposisi fraksi asilgliserol produk yang diperoleh. Pada sintesis MDAG skala *pilot plant* ini, fokus utamanya adalah kadar fraksi DAG awal diduga dapat mempengaruhi kecepatan reaksi selama sintesis. Selama proses sintesis terjadi perubahan fraksi TAG menjadi DAG dan MAG. Namun tujuan yang ingin dicapai adalah MDAG dengan kandungan fraksi MAG yang tinggi. Fraksi MAG memiliki kemampuan sebagai *emulsifier* yang lebih baik, dapat mengontrol pembentukan busa, dapat mempengaruhi viskositas suatu larutan dan berbagai fungsi lainnya (Affandi 2011).

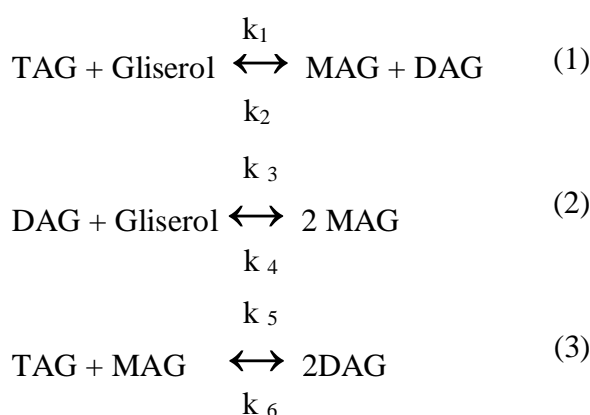
Fraksi MAG merupakan fokus utama dalam reaksi gliserolisis. Berdasarkan kedua ulangan, kecepatan pembentukan fraksi MAG berbeda-beda. Pembentukan fraksi MAG pada *batch* 1 diketahui mempunyai kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan *batch* 2. Hal ini dapat dilihat pada menit 120, MAG yang terbentuk pada *batch* 1 sebesar 46.74% sedangkan *batch* 2 hanya sebesar 33.30%. Kurva fraksi MAG kedua *batch* hingga akhir waktu sintesis masih mengalami kenaikan dan belum mencapai titik maksimum pembentukan fraksi MAG. Kemungkinan pembentukan fraksi MAG ini terus berlanjut dengan ditambahkan waktu sintesis (belum mencapai titik maksimum pada menit 120).

Dalam proses gliserolisis, pembentukan fraksi DAG merupakan reaksi antara fraksi TAG dan gliserol dan antara fraksi TAG dan MAG, namun di sisi lain fraksi DAG akan terurai menjadi MAG pada kondisi tertentu karena bereaksi dengan gliserol (Affandi 2011). Pembentukan fraksi DAG meningkat seiring dengan bertambahnya waktu sintesis. Berdasarkan hasil analisis, fraksi DAG pada waktu reaksi tertentu akan mencapai titik maksimum dan cenderung stabil hingga akhir waktu reaksi. Pada kedua *batch* yang telah dilakukan, titik maksimum fraksi DAG berada pada waktu reaksi yang berbeda-beda. Pada *batch* 1, fraksi DAG mencapai titik maksimum pada menit 60, sedangkan pada *batch* 2 terjadi pada menit 90. Hal ini diduga karena kecepatan pembentukan DAG pada *batch* 1 lebih tinggi daripada *batch* 2 sehingga kondisi stabil fraksi DAG pada *batch* 1 lebih cepat daripada *batch* 2. Penurunan konsentrasi fraksi DAG pada *batch* 1 menit 90 hingga 120 dikarenakan terlepasnya salah satu asil asam lemak pada fraksi DAG yang berubah menjadi MAG.

Fraksi TAG akan mengalami penurunan selama reaksi gliserolisis berlangsung. Penurunan fraksi TAG ini disebabkan adanya konversi menjadi fraksi

MAG dan DAG. Berdasarkan Gambar 10, perubahan fraksi TAG memiliki kecepatan yang berbeda-beda. Faktor yang menjadi indikasi dari keberhasilan reaksi gliserolisis adalah rendahnya kandungan TAG pada akhir reaksi (Affandi 2011). Menurut Hasenhuettl dan Hartel (2008) MDAG komersial mengandung 45-55% fraksi MAG, 38-45%, fraksi DAG dan 8-12% fraksi TAG serta gliserol bebas 1-7%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, fraksi TAG pada akhir waktu sintesis *batch* 1 telah sesuai dengan MDAG komersial yaitu sebesar 6.68% sedangkan *batch* 2 fraksi TAG masih tinggi yaitu 22.50%. Masih tingginya fraksi TAG pada *batch* 2 mengharuskan waktu sintesis yang lebih lama agar didapatkan fraksi TAG yang sesuai dengan MDAG komersial.

Selama proses sintesis MDAG terjadi perubahan fraksi TAG menjadi fraksi MAG dan DAG. Menurut Nouredinni *et al.* (2004) terjadi tahapan dalam reaksi gliserolisis, berikut persamaan reaksinya:



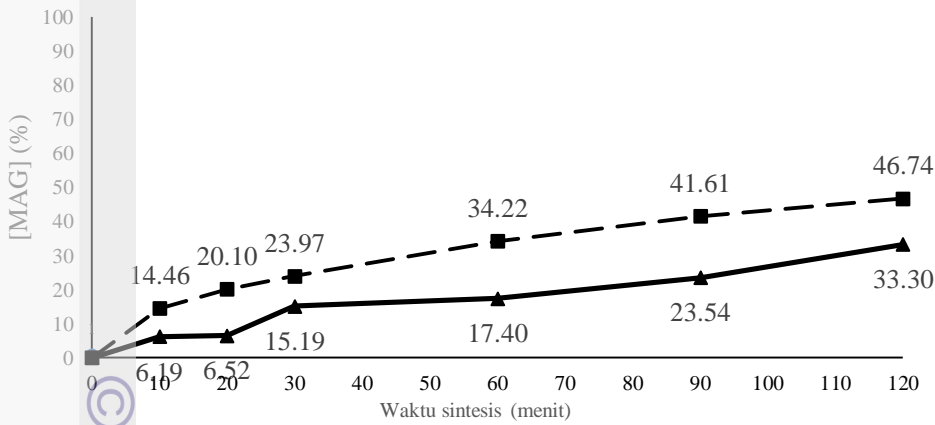
Gambar 9 Tahapan reaksi gliserolisis (Nouredinni *et al.* 2004)

Pada awal sintesis, fraksi TAG dan DAG yang ada pada minyak akan bereaksi dengan gliserol berlebih membentuk MAG dan DAG. Proses gliserolisis dengan bahan baku stearin ini termasuk reaksi kimia yang sifatnya bolak-balik (*reversible reaction*) (Affandi 2011). Penggunaan gliserol berlebih pada proses gliserolisis akan menyebabkan reaksi berjalan ke kanan (k_1). Namun, *batch* 2 yang sudah mempunyai DAG yang tinggi (7.22%) pada minyak di awal sintesis diduga memungkinkan adanya sejumlah reaksi yang bergeser ke kiri (k_2) dan mengganggu reaksi ke kanan (k_1). Hal ini terlihat pada *batch* 2 yang memiliki fraksi DAG tinggi di awal (7.22%), kecepatan reaksi cenderung lebih lambat dibandingkan dengan *batch* 1 yang memiliki kadar DAG yang lebih rendah (4.06%). Keadaan ini juga diperkuat dengan fraksi TAG yang masih tinggi pada akhir sintesis *batch* 2 yang memiliki bahan baku yang mempunyai fraksi DAG tinggi. Fraksi TAG yang masih tinggi pada *batch* 2 memungkinkan bereaksi dengan MAG yang sudah terbentuk selama proses membentuk fraksi DAG seperti yang terlihat pada persamaan 3 Gambar 9. Pada akhir sintesis, fraksi DAG pada *batch* 2 lebih tinggi dibandingkan *batch* 1.

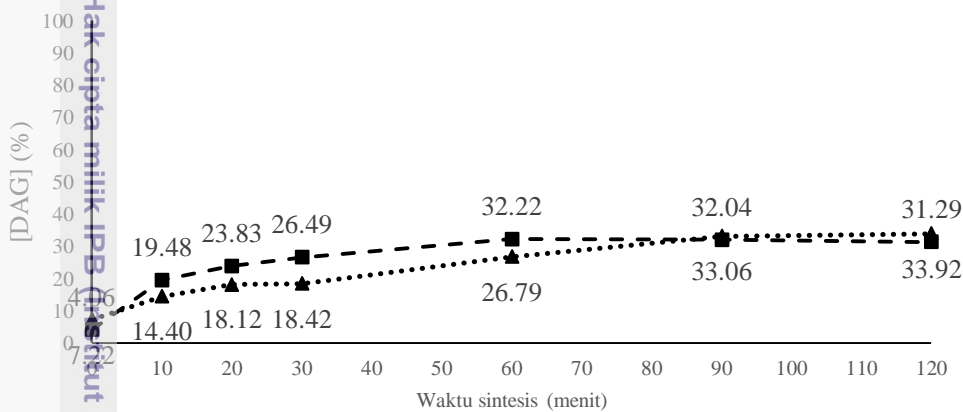
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

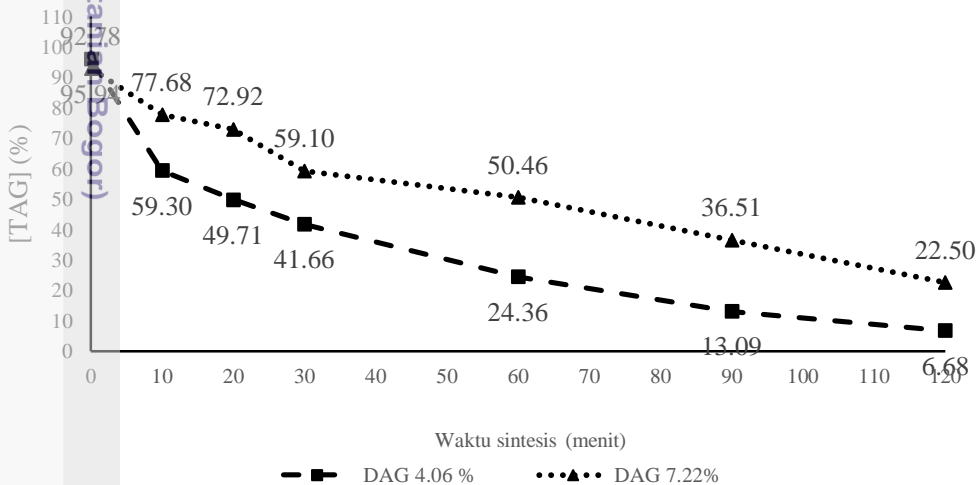
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



a



b



c

Gambar 10 Perubahan fraksi asilgliserol selama sintesis MDAG bahan baku stearin skala *pilot plant* dengan kadar fraksi DAG yang berbeda a) MAG, b) DAG dan c) TAG

Pada *batch* 1 yang mempunyai fraksi DAG lebih rendah pada bahan baku, reaksi cenderung berjalan lebih cepat ke arah kanan membentuk fraksi DAG maupun MAG. Terlihat pada fraksi TAG yang berkurang lebih cepat dibandingkan

dengan fraksi TAG pada *batch* 2. Pada menit 90 hingga 120 reaksi *batch* 1, fraksi DAG mengalami penurunan. Hal ini mungkin disebabkan fraksi DAG terurai membentuk fraksi MAG seperti yang terlihat pada Gambar 9. Selain itu, tidak bertambahnya fraksi DAG *batch* 1 pada akhir reaksi diduga karena fraksi TAG menit tersebut sudah cukup rendah sehingga tidak memungkinkan berikatan dengan fraksi MAG membentuk DAG.

Hal yang menarik yang ditemukan dalam penelitian ini adalah telah tercapainya fase stabil fraksi DAG. Berdasarkan persamaan di atas selama proses gliserolisis berlangsung fraksi TAG akan bereaksi dengan gliserol menghasilkan fraksi MAG dan DAG. Namun apabila fraksi DAG telah mencapai titik maksimumnya, diduga sisa fraksi TAG yang belum bereaksi akan langsung membentuk fraksi MAG sedangkan fraksi DAG akan cenderung stabil hingga akhir waktu sintesis. Hal ini dibuktikan pada *batch* 1 fraksi DAG mencapai maksimum lebih cepat dibandingkan *batch* 2 sehingga fraksi MAG yang terbentuk pada akhir waktu sintesis *batch* 1 lebih besar pada *batch* 2.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Azizah (2019) pada bahan baku campuran olein:stearin (85:15) sintesis MDAG pada skala laboratorium selama 180 menit didapatkan hasil yang berbeda. Pada penggunaan bahan baku fraksi DAG yang lebih tinggi didapatkan fraksi MAG yang lebih tinggi sedangkan penggunaan fraksi DAG yang lebih rendah pada bahan baku dihasilkan produk dengan MAG yang lebih rendah pula. Menurut (Azizah 2019) fraksi DAG yang lebih tinggi pada bahan baku diduga mengikuti reaksi yang terjadi pada persamaan 2 Gambar 9 yaitu fraksi DAG pada bahan baku langsung dikonversi menjadi fraksi MAG sehingga pada akhir reaksi dihasilkan fraksi MAG yang lebih tinggi.

Karakterisasi Produk Akhir

Karakterisasi yang dilakukan pada produk MDAG yang dihasilkan antara lain fraksi asilgliserol, *slip melting point* serta warna produk yang diamati secara visual. Karakteristik produk akhir MDAG dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Karakteristik produk MDAG skala *pilot plant*

Parameter	Batch		Keterangan persyaratan
	1	2	
MAG (%)	46.74±0.91	33.30±0.24	Min 30 ^a
DAG (%)	31.29±0.83	33.92±0.91	30-40 ^b
TAG (%)	6.68±1.00	22.50± 0.63	5-10 ^b
<i>Slip melting point</i> (°C)	50.5-51.0	50.5-51.0	52.5 ^c
Warna	Kuning kecoklatan	Putih kekuningan	-

Sumber : ^aWorld Health Organization (WHO) dalam Moonen (2004)

^bCheng *et al.* (2005)

^cMDAG komersial dalam Setyaningsih *et al.* (2016)

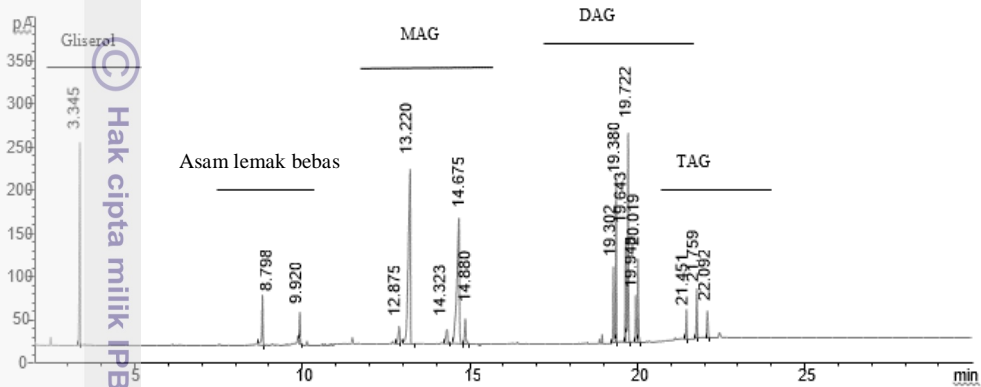
Analisis fraksi MAG dan DAG pada kedua *batch* yang telah dilakukan sudah memenuhi persyaratan dimana fraksi MAG menurut *World Health Organization*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

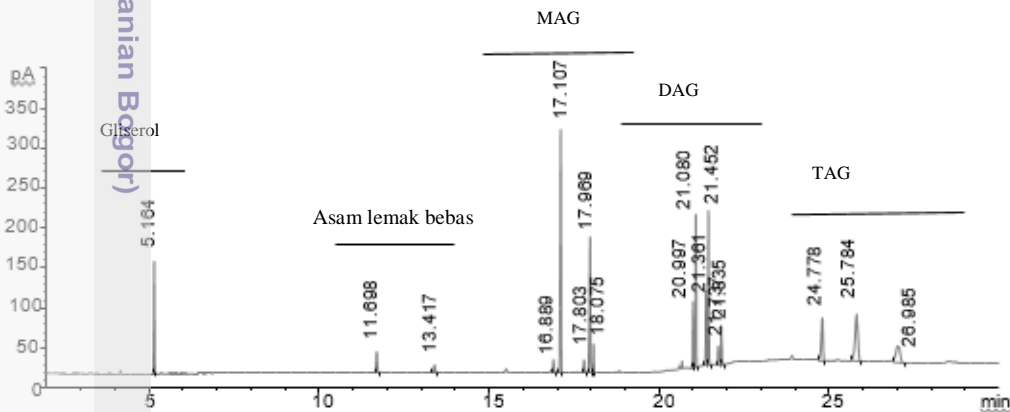
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

(WHO) dalam Moonen (2004) kadar minimalnya adalah 30% sedangkan fraksi DAG menurut Cheng *et al.* (2005) fraksi DAG berada pada kisaran 30-40%. Fraksi MAG pada *batch* 1 dan *batch* 2 berturut-turut sebesar $46.74 \pm 0.91\%$ dan $33.30 \pm 0.24\%$ sedangkan fraksi DAG sebesar $31.29 \pm 0.83\%$ dan $33.92 \pm 0.91\%$. Fraksi TAG untuk *batch* 1 sudah memenuhi persyaratan yang ada dimana maksimal TAG sebesar 10% sedangkan untuk *batch* 2 fraksi TAG masih tinggi. Kromatogram produk MDAG dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11 Kromatogram produk MDAG *batch* 1

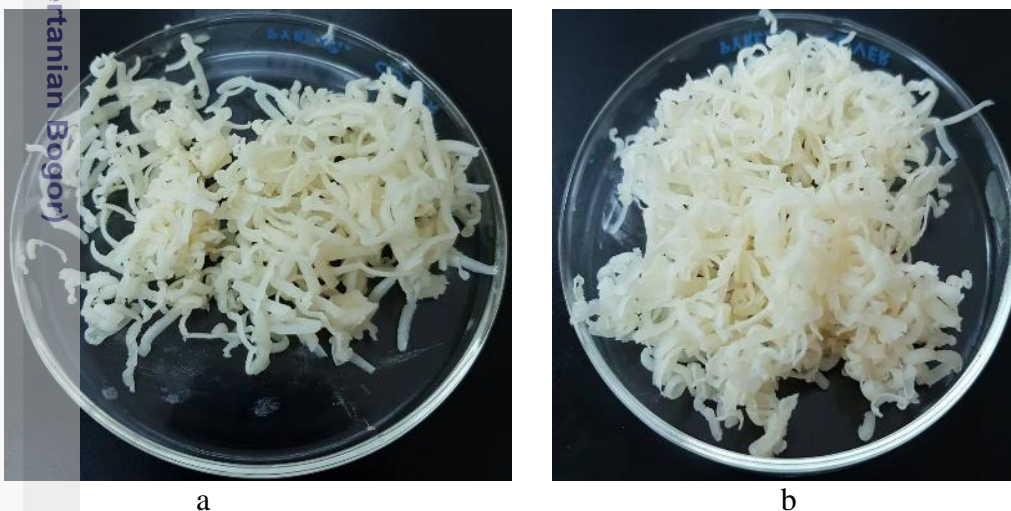


Gambar 12 Kromatogram produk MDAG *batch* 2

Titik leleh produk MDAG dipengaruhi oleh sifat dari asam lemak penyusunnya. Asam lemak dengan banyaknya ikatan rangkap memiliki titik leleh yang lebih rendah karena strukturnya tidak stabil. Asam lemak dengan rantai panjang memiliki titik leleh yang lebih tinggi dibandingkan asam lemak dengan rantai yang pendek (Winarno 2002). Selama proses gliserolisis distribusi asam lemak berubah dari TAG menjadi MAG dan DAG. Sehingga titik lelehnya pun ikut berubah (Nawar 1996). Titik leleh ini sifat yang sangat penting dari *emulsifier*, terutama kaitannya dalam pengaplikasian ke sebuah produk pangan. *Emulsifier*

harus dapat larut seluruhnya pada suatu emulsi dengan rasio tertentu. Suatu *emulsifier* baru akan bekerja sebagai *surface active* apabila kelarutannya pada sistem emulsi dengan suhu tertentu sudah mencapai konsentrasi yang cukup untuk membentuk formasi pada interfasenya (Bergenshtahl 1997).

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada *batch* 1 dan 2, titik leleh produk berada pada suhu 50.5-51.0 °C. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan yang didapatkan pada penelitian sebelumnya (Arwani 2017) bahwa produk MDAG stearin mempunyai titik leleh pada kisaran suhu 49.5-50.0 °C. Nilai ini dikatakan lebih rendah apabila dibandingkan dengan MDAG komersial mempunyai titik leleh sekitar 52.5°C (Setyaningsih 2016). Adanya kandungan gliserol bebas dalam produk dapat menjadi penyebab titik leleh menjadi rendah. Titik leleh gliserol cukup rendah yaitu sekitar 18 °C. Gliserol bebas yang teramati menggunakan GC pada *batch* 1 sebesar 12.29% dan *batch* 2 sebesar 7.26%. Menurut Hasenhuettl dan Harrel (2008) MDAG komersial mengandung gliserol bebas sebesar 1-7%. Kandungan gliserol bebas pada produk MDAG *batch* 1 masih tinggi. Gliserol bebas dapat diturunkan dengan tahapan lanjutan seperti penggunaan *short path distillation* (SPD). SPD merupakan proses pemisahan distilat secara singkat dengan menggabungkan parameter suhu, jarak, kondisi vakum antara *evaporator* dan kondensor (Fregolente *et al.* 2006). Perbedaan titik leleh pada suatu gliserida dapat disebabkan oleh adanya perbedaan jumlah ikatan hidrogen pada gugus karboksil. Diasilgliserol memiliki gugus hidrofilik dan monoasilgliserol memiliki 2 gugus hidrofilik yang dapat berikatan dengan gugus hidrofilik dari monoasilgliserol lainnya. Oleh karena itu, monosilgliserol memiliki ikatan yang lebih kuat dibandingkan diasilgliserol dan triasilgliserol (Gunstone *et al.* 2006) .



Gambar 13 Produk MDAG skala *pilot plant* a) *batch* 1 b) *batch* 2

Produk yang dihasilkan dari proses gliserolisis memiliki warna kuning kecoklatan. Warna produk MDAG pada *batch* 1 memiliki warna kuning kecoklatan sedangkan *batch* 2 memiliki warna putih kekuningan. Selama reaksi gliserolisis berlangsung, intensitas produk MDAG yang dihasilkan akan semakin gelap. Menurut Affandi (2011) indikator yang digunakan untuk mengetahui bahwa katalis telah teraktivasi dan proses gliserolisis terjadi adalah berubahnya warna produk

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Bogor Agricultural University



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

yang dihasilkan selama proses sintesis. Pada sintesis MDAG *batch* 1 warna yang dihasilkan lebih gelap daripada *batch* 2. Hal ini disebabkan kandungan gliserol bebas *batch* 1 lebih tinggi daripada *batch* 2 pada produk MDAG yang dihasilkan. Menurut Laksana (2016) warna coklat yang ada pada produk MDAG dikarenakan gliserol yang gosong dan terperangkap pada produk. Kadar gliserol bebas yang teramati pada *Gas Chromatography* pada *batch* 1 sebesar 12.29% sedangkan pada *batch* 2 sebesar 7.26% sehingga produk MDAG pada *batch* 1 didapatkan warna produk yang lebih gelap. Selain itu reaksi gliserolisis yang terlalu lama dan penggunaan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan produk mengalami *off flavor* dan berwarna gelap (Damstrup *et al.* 2005). Warna produk MDAG dapat dilihat pada Gambar 13.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Sintesis MDAG dengan metode gliserolisis skala *pilot plant* dengan bahan baku stearin dan gliserol (1:2.3) dengan penambahan katalis NaOH 0.5% dengan suhu 180 °C selama 120 menit sebanyak 2 *batch* memiliki karakteristik produk akhir dan kecepatan reaksi yang berbeda-beda. Fraksi asilgliserol bahan baku pada *batch* 1 memiliki fraksi DAG sebesar 4.06±0.22% dan fraksi TAG 95.94±0.22% sedangkan *batch* 2 memiliki fraksi DAG sebesar 7.22±0.21% dan fraksi TAG 92.78±0.21%. Pada penelitian ini diduga kandungan fraksi asilgliserol awal pada bahan baku stearin mempengaruhi kecepatan reaksi selama sintesis berlangsung. Bahan baku yang memiliki kandungan fraksi DAG yang rendah diduga memiliki kecepatan reaksi yang lebih tinggi sedangkan kandungan fraksi DAG yang tinggi pada bahan baku memiliki kecepatan yang lebih rendah. Hal ini terlihat pada produk MDAG yang dihasilkan pada *batch* 1 memiliki fraksi MAG sebesar 46.74±0.91%, DAG 31.29±0.83% dan TAG 6.68±1.00% sedangkan *batch* 2 memiliki fraksi MAG 33.30±0.24%, DAG 33.92±0.91% dan TAG 22.50±0.63%.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh perbedaan bahan baku terutama fraksi asilgliserol terhadap fraksi MDAG produk akhir. Selain itu perlu dilakukan verifikasi sintesis MDAG bahan baku stearin pada skala *pilot plant* agar didapatkan kondisi optimumnya serta pemurnian lanjutan produk MDAG agar dihasilkan MDAG dengan kemurnian yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOCS] American Oil Chemist's Society. 2003. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. Edisi ke-5. Champaign Illinois(US): AOCS.
- [BSN]. Badan Standar Nasional. 1998. SNI mutu RBD Palm Stearin :01-0021-1998. Jakarta (ID) : Badan Standarisasi Nasional.
- Affandi AR. 2011. Studi sintesis mono-diasilgliserol (MDAG) dengan metode gliserolisis skala *pilot plant* [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Arwani A. 2017. Sintesis mono-diasilgliserol (MDAG) dari stearin minyak sawit dengan metode gliserolisis skala laboratorium [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Azizah AN. Perbedaan bahan baku campuran olein dan stearin minyak sawit (85:15) dalam sintesis mono-diasilgliserol (MDAG) dengan metode gliserolisis skala laboratorium [Skripsi]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Becher P. 2001. *Emulsion: Theory and Practice 3rd Edition*. Washington (US): American Chemical Society.
- Berensstahl. 1997. Physicochemical Aspects of an Emulsifier Functionality. Di dalam: Hasenhuettl GL dan Hartel RW (Eds). *Food Emulsifier and Their Applications*. New York (US): Chapman & Hall.
- Caliyadi W. 2006. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Chenrsilp B, Jeamjounkhaw P, H-Kittikun A. 2009. Optimizing an alginate immobilized lipase for monoacylglycerol production by the glycerolysis reaction. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 59: 206-211.
- CheMan YB, Haryati T, Ghazali HM, Asbi BA. 1999. Composition and thermal profil of crude palm oil and its products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 76(2): 237-243.
- Cheng SF, Choo YM, Ma AH, Chuah CH. 2005. Rapid synthesis of palm-based monoacylglycerols. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 82(11): 791-795.
- Cheong LZ, Tan CP, Long K, Yusoff MSA, Arifin N, Lo SK, Lai OM. 2007. Production of a diacylglycerol enriched palm olein using lipase catalized partial hydrolysis: optimization using response surface methodology. *Food Chemistry*. 105: 1614-1622.
- Chetpattananondh P, Tongurai C. 2008. Synthesis of high purity monoglycerides from crude glycerol and palm Stearin. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*. 30 (4): 515-521.
- Damstrup ML, Jensen T, Sparso FV, Kiil SZ, Jensen AD, Xu X. Solvent optimization for efficient enzymatic monoacylglycerol production based on a glycerolysisreaction. *J. Am. Oil Chem. Soc.* Vol.82(8): 559-564.
- De Greyt W, A Huyghehaert dan M Kellens. 1998. Chemical and Physicochemical Modification of Lipids. Di dalam: Armand B. Christophe, editor. *Structured Modified Food Fats: Synthesis, Biochemistry and Use*. Illinois (US) : AOAC Press.
- Departemen Perindustrian. 2007. *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit*. Jakarta(ID): Sekretariat Jendral Departemen Perindustrian.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Devi P, Zhang H, Damstrup ML, Guo Z, Zhang L, Lue BM, Xu X. 2008. Enzymatic synthesis of designer lipids. *OCL* 15(3): 189–195.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. *Statistik Perkebunan Indonesia: Kelapa Sawit 2015-2017*. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Felizardo P, Machado J, Vergueiro D, Gomes JP, Correia MJ, Bordado JM. 2011. Study on the glycerolysis reaction of high free fatty acid oils for use as biodiesel feedstock. *Journal of Fuel processing Technology*. 92 (2011): 1225-1229.
- Fregolente LV, Batistella CB, Filho RM, Maciel MRW. 2006. Optimization of distilled monoglycerides production. *Appl. Biochem. Biotech.* Vol.129-132: 680-693.
- Gunstone FD. 2006. *Modifying Lipids for Use in Food*. Cambridge (UK): Woodhead Publishing Limited.
- Haryadi N. 2010. Sepuluh karakter unggul minyak sawit. [terhubung berkala] https://seafast.ipb.ac.id/article/sepuluh_karakter_minyak_sawit.pdf. Diakses pada 4 Maret 2018.
- Hasenhuettl GL and Hartel RW. 2008. *Food Emulsifiers and Their Applications*. New York (US): Springer Science.
- Hendrix M and Kellens M. 2007. Fractionation processes and devices for oils and fats. World Intellectual Property Organization, No. WO 2007/082766 A1, issued on 26.07.2007.
- Ketaren S. 2005. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta (ID): Universitas Indonesia Press.
- Krog NJ. 1990. Food *Emulsifier* Their Chemical & Physical Properties Di dalam Larson K, Frieberg SF, editor. *Food Emulsion*. New York (US): Marcel Dekker.
- Laksana AJ. 2016. Penggandaan skala produksi mono dan diasilgliserol (MDAG) berbasis kelapa sawit dengan metode gliserolisis [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Moonen H, Bas H. 2004. Mono-and diacylglycerol di dalam: Whitehurst RJ (ed), *Emulsifiers in Food Technology*. Oxford (UK): Blackwell Scientific.
- Murdiati A. 1992. *Pengolahan Kelapa Sawit Pusat Antar Universitas*. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Nawar W. 1996. Lipids di dalam: Fennema OR (ed), *Food Chemistry 3rd ed*. New York (US): Marcel Dekker.
- Nusantoro BP. 2007. Dry fractionation of RBD (Refined Bleached and Deodorized) palm oil. *J. Agritech* 27(4): 171-175.
- Noureddini H, Harkey DW, Gustman MR. 2004. A continuous process for the glycerolysis of soy bean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 87:203-207.
- O'Brien RD. 2009. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications. Third Edition*. Florida (USA) : CRC Press.
- Rachmawati D. 2017. Sintesis mono-diasilgliserol dari *refined bleached deodorized palm oil* dengan metode gliserolisis skala laboratorium. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rohman A, Che Man YB dan Noviana E. 2012. Analysis of Emulsifier in Food Using Chromatographic Techniques. *J. Food Pharm Sci.* 1 (20):1-6.
- Sibuea P. 2014. *Minyak Kelapa Sawit: Teknologi dan Manfaat untuk Pangan Nutrasetikal*. Jakarta (ID): Erlangga.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



- Silalahi RLR, Sari DP, Dewi IA. 2017. 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.
- Setyaningsih D, Al-Bahsir B, Silalahi VH, Muna N. 2016. Purification of mono-diacylglycerol through saponification and solvent extraction. *Intl. J. of Environ. Bioen*. 11(1): 1- 11.
- Sumitra NR. 2019. Perbedaan parameter proses dalam sintesis mono-diasilgliserol (MDAG) dari stearin minyak sawit dengan metode gliserolisis skala laboratorium[Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Triana RN. 2014. Sintesis mono dan diasilgliserol (MDAG) dari *fully hydrogenated palm kernel oil* (FHPKO) dengan metode gliserolisis [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Winarno K. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta (ID): PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Whitehurst RJ. 2004. *Emulsifiers in Food Technology*. Northampton (UK) : Blackwell Publishing.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data analisis sintesis MDAG skala *pilot plant batch 1*

Injek ke-	Waktu (menit)	Gliserol (%)	ALB (%)	MAG (%)	DAG (%)	TAG (%)
1	0	0.00	0.00	0.00	3.91	96.09
2		0.00	0.00	0.00	4.22	95.78
\bar{x}		0.00	0.00	0.00	4.07	95.94
SD		0.00	0.00	0.00	0.22	0.22
1	10	5.22	1.6	14.16	18.9	60.11
2		5.08	1.6	14.76	20.1	58.48
\bar{x}		5.15	1.60	14.46	19.48	59.30
SD		0.10	0.00	0.42	0.82	1.15
1	20	4.88	1.71	20.71	24.5	48.18
2		4.52	1.61	19.49	23.1	51.24
\bar{x}		4.70	1.66	20.10	23.83	49.71
SD		0.25	0.07	0.86	0.98	2.16
1	30	6.05	1.55	24.29	26.2	41.86
2		6.46	1.68	23.65	26.7	41.46
\bar{x}		6.26	1.62	23.97	26.49	41.66
SD		0.29	0.09	0.45	0.35	0.28
1	40	7.33	2.04	34.37	32.3	23.99
2		9.08	0	34.07	32.2	24.72
\bar{x}		8.21	1.02	34.22	32.22	24.36
SD		1.24	1.44	0.21	0.06	0.52
1	50	14.64	1.42	42.80	30.48	10.66
2		9.47	0.99	40.42	33.60	15.51
\bar{x}		12.06	1.21	41.61	32.04	13.09
SD		3.66	0.30	1.68	2.21	3.43
1	120	10.08	4.8	47.38	31.9	5.97
2		14.5	1.31	46.1	30.7	7.38
\bar{x}		12.29	3.06	46.74	31.29	6.68
SD		3.13	2.47	0.91	0.83	1.00

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2 Data analisis sintesis MDAG skala *pilot plant batch 2*

Injek ke-	Waktu (menit)	Gli (%)	ALB (%)	MAG (%)	DAG (%)	TAG (%)
1	0	0.00	0.00	0.00	7.07	92.93
2		0.00	0.00	0.00	7.36	92.64
\bar{x}		0.00	0.00	0.00	7.22	92.78
SD		0.00	0.00	0.00	0.21	0.21
1	10	0.53	1.13	5.55	13.72	79.07
2		0.53	1.28	6.82	15.08	76.29
\bar{x}		0.53	1.21	6.19	14.40	77.68
SD		0.00	0.11	0.90	0.96	1.97
1	20	0.74	1.53	6.23	18.08	73.42
2		0.86	1.76	6.80	18.16	72.42
\bar{x}		0.80	1.65	6.52	18.12	72.92
SD		0.08	0.16	0.40	0.06	0.71
1	30	3.93	3.68	14.73	18.21	59.44
2		3.56	3.42	15.65	18.62	58.75
\bar{x}		3.75	3.55	15.19	18.42	59.10
SD		0.26	0.18	0.65	0.29	0.49
1	60	3.07	2.81	18.54	26.83	48.75
2		2.40	2.42	16.26	26.74	52.16
\bar{x}		2.74	2.62	17.40	26.79	50.46
SD		0.47	0.28	1.61	0.06	2.41
1	90	4.46	2.44	23.15	32.17	37.77
2		4.46	2.43	23.92	33.95	35.24
\bar{x}		4.46	2.44	23.54	33.06	36.51
SD		0.00	0.01	0.54	1.26	1.79
1	120	7.27	2.99	33.13	34.56	22.05
2		7.25	3.05	33.47	33.28	22.94
\bar{x}		7.26	3.02	33.30	33.92	22.50
SD		0.01	0.04	0.24	0.91	0.63

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

RIWAYAT HIDUP



Penulis dengan nama Lusita Cahya Agustina lahir di Banyuwangi, 17 Agustus 1996 dari pasangan Ponariyanto dan Samiarsih. Penulis merupakan anak kedua dari lima bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di SDN 3 Kembiritan (2002-2008), SMPN 1 Genteng (2008-2011), SMAN 1 Genteng (2011-2014). Pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi di Institut Pertanian Bogor melalui jalur SNMPTN pada departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian. Selama menjalani studi penulis

aktif mengikuti organisasi kemahasiswaan, diantaranya Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Pangan (Himitepa) pada divisi Peduli Pangan Indonesia (DPPI) 2015-2017 dan Ikatan keluarga mahasiswa daerah Banyuwangi (Lare Blambangan). Selain itu penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan seperti Fateta Day 2016. Penulis juga aktif menjadi relawan pada kegiatan Program Hibah Bina Desa yang diselenggarakan oleh DIKTI 2015. Penulis pernah menjadi asisten Kimia di Program Pendidikan Kompetensi Umum (PPKU) pada tahun 2017 dan asisten praktikum Teknologi Pengolahan Pangan (TPP) pada 2018.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.