

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PRAKATA.....	v
DAFTAR LUARAN.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Kebaruan Penelitian	9
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 <i>Structured lipids</i> dan Aplikasinya	11
2.1.1 <i>Structured lipids</i>	11
2.1.2 <i>Monoacylglycerol</i> dan <i>Diacylglycerol</i>	12
2.2 Palm Stearin dan Palm Olein.....	14
2.3 Sintesis <i>Structured lipids</i>	17
2.3.1 <i>Oil Blending</i> dan Interesterifikasi	17
2.3.2 Gliserolisis	21
2.4 Katalis Heterogen	28
2.5 <i>High Shear Reactor</i>	33
2.5.1 Rancangan Alat dan Prinsip Kerja <i>High Shear Reactor</i>	33
2.5.2 Konsep Pembentukan Emulsi dalam <i>High Shear Reactor</i>	35

2.6 Pengaruh Parameter Operasi Terhadap Kinetika Reaksi Gliserolisis	37
2.6.1 Pengaruh Suhu Terhadap Kinetika Reaksi	37
2.6.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Kinetika Reaksi	39
BAB III. LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS	45
3.1 Landasan Teori	45
3.2 Hipotesis	53
BAB IV. METODE PENELITIAN	54
4.1 Lokasi Penelitian	54
4.2 Bahan Penelitian	54
4.3 Peralatan Penelitian	55
4.4 Prosedur Penelitian	55
4.4.1 Tahap pertama: Penentuan Kinetika Reaksi Gliserolisis – Interesterifikasi	58
4.4.2 Tahap kedua: Sintesis dan Evaluasi Produk SLs kaya MAG dan DAG dari Kondisi Operasi Terbaik	63
4.4.3 Tahap ketiga: Pengujian dan Evaluasi Pengadukan dalam HSR	65
4.5 Analisis Data	67
4.5.1 Perhitungan Kinetika Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi	67
4.5.2 Simulasi Pembentukan Emulsi dalam <i>High Shear Reactor</i>	71
4.5.3 Penentuan Konsentrasi <i>Triacylglycerol</i> , <i>Monoacylglycerol</i> , <i>Diacylglycerol</i> dan <i>Free fatty acid</i>	73
4.5.4 Karakterisasi Produk <i>Structured lipids</i>	74
4.5.5 Analisis Statistik	74
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	75
5.1 Komposisi dan Sifat Fisik Palm Stearin dan Palm Olein	75
5.2 Pengaruh Parameter Kondisi Reaksi dalam Gliserolisis-Interesterifikasi	76
5.2.1 Pengaruh Suhu Reaksi terhadap Perubahan Konsentrasi <i>Triacylglycerol</i> , <i>Monoacylglycerol</i> , <i>Diacylglycerol</i> dan <i>Free fatty acid</i>	76
5.2.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap Perubahan Konsentrasi <i>Triacylglycerol</i> , <i>Monoacylglycerol</i> , <i>Diacylglycerol</i> dan <i>Free fatty acid</i>	80
5.2.3 Mekanisme Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi dengan Katalis Natrium Silikat	84

5.3 Kinetika Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi.....	87
5.3.1 Hubungan Antara Konstanta Kecepatan Reaksi Terhadap Suhu Reaksi....	87
5.3.2 Pemodelan Kinetika Reaksi Fungsi Suhu Reaksi	89
5.3.3 Hubungan Antara Konstanta Kecepatan Reaksi Terhadap Kecepatan Pengadukan	92
5.3.4 Pemodelan Kinetika Reaksi Fungsi Kecepatan Pengadukan.....	95
5.4 Sifat Fisik Produk <i>Structured Lipids</i> Kaya <i>Monoacylglycerol</i> dan <i>Diacylglycerol</i>	97
5.4.1 Komposisi <i>Triacylglycerol</i> , <i>Monoacylglycerol</i> , <i>Diacylglycerol</i> dan <i>Free fatty acid</i>	97
5.4.2 Titik Leleh.....	100
5.4.3 <i>Hardness</i>	104
5.4.4 Warna.....	106
5.4.5 <i>Melting Profile</i> dan <i>Solid Fat Content</i>	109
5.4.6 <i>Polymorphism</i>	112
5.5 Mekanisme Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi dalam <i>High Shear Reactor</i> .	116
5.5.1 Pengaruh Pengadukan Kecepatan Tinggi terhadap Kecepatan Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi	116
5.5.2 Simulasi Pembentukan Emulsi dalam <i>High Shear Reactor</i>	120
5.5.3 Ukuran Globula Emulsi	121
5.6 Pembahasan Umum	122
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	130
6.1 Kesimpulan.....	130
6.2 Saran	131
DAFTAR PUSTAKA	132
LAMPIRAN	148

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kebaruan Penelitian Dibandingkan Penelitian Sebelumnya.....	10
Tabel 2.1 Titik Leleh Asam Lemak Bebas dan Acylglycerol (Feltes <i>et al.</i> , 2013).....	14
Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak pada Palm Oil, Palm Olein dan Palm Stearin (Nor Aini & Miskandar, 2007)	15
Tabel 2.3 Komposisi TAG Utama Berdasarkan Jumlah Karbon pada Palm Oil, Palm Olein dan Palm Stearin (Nor Aini & Miskandar, 2007)	16
Tabel 2.4 Perbedaan Rasio Campuran Palm Stearin dan Palm Olein Terhadap Sifat Fisik Produk dari Berbagai Referensi	17
Tabel 2.5 Viskositas Palm Oil dan Gliserol pada Berbagai Suhu.....	38
Tabel 4.1 Parameter Analisis Sifat Fisik Produk	74
Tabel 5.1 Komposisi dan Sifat Fisik Palm Stearin, Palm Olein dan Palm Stearin-Olein Blend	75
Tabel 5.2 Konstanta Kecepatan Reaksi pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	88
Tabel 5.3 Parameter Arrhenius	90
Tabel 5.4 Konstanta Kecepatan Reaksi pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit).....	93
Tabel 5.5 Parameter Power Law Distribution Model	95
Tabel 5.6 Komposisi <i>Triacylglycerol</i> , <i>Monoacylglycerol</i> , <i>Diacylglycerol</i> dan <i>Free fatty acid</i> Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	98
Tabel 5.7 Komposisi <i>Triacylglycerol</i> , <i>Monoacylglycerol</i> , <i>Diacylglycerol</i> dan <i>Free fatty acid</i> Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit).....	99
Tabel 5.8 <i>Hardness</i> Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	104
Tabel 5.9 <i>Hardness</i> Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit)	105
Tabel 5.10 Profil Warna Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	107
Tabel 5.11 Profil Warna Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit)	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Molekul Monoacylglycerol dan Diacylglycerol (Devi <i>et al.</i> , 2008)	13
Gambar 2.2 Skema Reaksi Interesterifikasi (Sreenivasan, 1978)	19
Gambar 2.3 Skema Reaksi Gliserolisis (Zhong <i>et al.</i> , 2014).....	21
Gambar 2.4 Skema Reaksi Gliserolisis-Hidrolisis (Valério <i>et al.</i> , 2009)	22
Gambar 2.5 Mekanisme Enolat Asilgliserol dengan Katalis Berbasis Natrium (Dijkstra, 2020)	30
Gambar 2.6 Rancangan <i>High Shear Reactor</i> (HSR) serta Komponen Penyusunnya: (A) Rangkaian HSR Keseluruhan, (B) Bagian Statis HSR, dan (C) Bagian Dinamis HSR	33
Gambar 3.1 Skema Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi	46
Gambar 3.2 Perbandingan Ukuran Emulsi <i>Glycerol-In-Oil</i> Terhadap Pori Katalis ...	49
Gambar 3.3 Ilustrasi Emulsi <i>Glycerol-in-Oil</i> dalam Sistem Secara (A) Mikroskopis dan (B) Makroskopis (<i>Pseudo-homogeneous</i>)	51
Gambar 4.1 Bagan Penelitian Keseluruhan	56
Gambar 4.2 Bagan Penelitian Tahap Pertama.....	59
Gambar 4.3 Bagan Penelitian Tahap Kedua	64
Gambar 4.4 Bagan Penelitian Tahap Ketiga	66
Gambar 4.5 Algoritma Perhitungan Kinetika Reaksi Fungsi Suhu	69
Gambar 4.6 Algoritma Perhitungan Kinetika Reaksi Fungsi Kecepatan Pengadukan	70
Gambar 4.7 Algoritma Simulasi Pembentukan Emulsi dalam <i>High Shear Reactor</i> ...	72
Gambar 5.1 Perubahan Konsentrasi <i>Triacylglycerol</i> (A), <i>Monoacylglycerol</i> (B), <i>Diacylglycerol</i> (C), dan <i>Free fatty acid</i> (D) tiap Waktu pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	77
Gambar 5.2 Perubahan Konsentrasi <i>Triacylglycerol</i> (A), <i>Monoacylglycerol</i> (B), <i>Diacylglycerol</i> (C), dan <i>Free fatty acid</i> (D) tiap Waktu pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit)	81
Gambar 5.3 Mekanisme Reaksi Gliserolisis – Interesterifikasi dengan Katalis Natrium Silikat	85
Gambar 5.4 Konstanta Kecepatan Reaksi Awal (<i>Initial reaction</i>) pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	89
Gambar 5.5 Model Kinetika Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi Variasi Suhu Reaksi (A) 80, (B) 90, (C) 100, (D) 110, dan (E) 120°C (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	92

Gambar 5.6 Konstanta Kecepatan Reaksi Awal (<i>Initial reaction</i>) pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit).....	94
Gambar 5.0.7 Model Kinetika Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi Variasi Kecepatan Pengadukan (A) 800, (B) 1000, (C) 1250, (D) 1500, (E) 1750, dan (F) 2000 rpm (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit)	97
Gambar 5.8 Titik Leleh Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	101
Gambar 5.9 Titik Leleh Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit)	102
Gambar 5.10 Kenampakan Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Suhu Reaksi (Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit). Peningkatan suhu reaksi menyebabkan warna produk semakin gelap.	106
Gambar 5.11 Kenampakan Produk <i>Structured lipids</i> pada Berbagai Kecepatan Pengadukan (Suhu Reaksi 110°C, Waktu Reaksi 300 menit). Peningkatan kecepatan pengadukan tidak mempengaruhi perubahan warna pada produk.	108
Gambar 5.12 (A) <i>Melting Profile</i> dan (B) <i>Solid Fat Content</i> Produk <i>Structured lipids</i> Variasi Terbaik (Suhu Reaksi 110°C, Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit)	110
Gambar 5.13 Profil XRD Produk <i>Structured lipids</i> Variasi Terbaik (Suhu Reaksi 110°C, Kecepatan Pengadukan 2000 rpm, Waktu Reaksi 300 menit).....	113
Gambar 5.14 Perbandingan Ukuran Globula Besar (A) dan Globula Kecil (B) pada Sistem Emulsi <i>Glycerol-in-Oil</i>	117
Gambar 5.15 Mekanisme Reaksi Gliserolisis – Interesterifikasi dalam <i>High Shear Reactor</i> : (A) Dispersi Gliserol dalam Minyak, (B) Perbesaran <i>Interface</i> Emulsi <i>Glycerol-in-Oil</i> , dan (C) Distribusi Gugus Hidrofilik dan Hidrofobik MAG dan DAG pada <i>Interface</i> . Warna kuning menunjukkan fase minyak, warna biru menunjukkan fase gliserol	118
Gambar 5.16 Simulasi Pola Aliran Minyak dan Gliserol dalam <i>High Shear Reactor</i> (A) Sebelum Pengadukan dan (B) Selama Pengadukan	121
Gambar 5.17 Model Reaksi Gliserolisis-Interesterifikasi dalam <i>High Shear Reactor</i> dengan Bantuan Katalis Natrium Silikat: (A) Perbandingan Ukuran Globula Emulsi Terhadap Ukuran Katalis, (B) Perbesaran Gambar Perbandingan Ukuran Globula Emulsi Terhadap Permukaan Katalis, (C) Perbesaran Gambar Kontak Antara Minyak dan Gliserol di <i>Interface</i> pada Permukaan Katalis, (D) Perbesaran Gambar Produk MAG dan DAG Serta Distribusi Gugus Hidrofilik dan Hidrofobik di <i>Interface</i>	127

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Metode Analisis	148
Lampiran 2. Data Penelitian dan Analisis Statistik	150
Lampiran 3. Program Penyelesaian Persamaan Differensial Secara Komputasi	175