

# **TEKNOLOGI PRODUKSI SURFAKTAN AMIDA**

**Zuhrina Masyithah  
Armansyah Ginting**



## PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat karuniaNya yang tiada berhingga, penulis dapat menyelesaikan buku ini.

Buku ini ditujukan untuk mahasiswa, dosen, serta peneliti di bidang teknologi produksi turunan minyak nabati, mengingat masih terbatasnya buku referensi teknologi produksi pada bidang ini. Buku ini menyajikan kebaruan referensi dari buku teknologi produksi surfaktan umumnya, berupa aplikasi Metode Respon Permukaan untuk mengoptimalkan proses produksi surfaktan amida.

Sebagaimana golongan surfaktan lainnya, surfaktan amida merupakan senyawa yang dapat mengabsorpsi permukaan atau antar muka untuk menurunkan tegangan antar muka suatu cairan, sehingga memungkinkan dua atau lebih senyawa untuk saling bercampur secara homogen. Surfaktan amida sangat luas penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari dan berfungsi sebagai bahan pembasah (*wetting agent*), bahan pengemulsi (*emulsifying agent*) dan bahan pelarut (*solubilizing agent*). Mengingat luasnya penggunaan surfaktan amida, maka pengetahuan tentang teknologi produksi surfaktan amida merupakan subjek yang penting untuk di telaah dan disajikan.

Buku ini menyajikan pengetahuan praktis dan teoritis pada teknologi produksi surfaktan amida yang meliputi:

1. Pendahuluan yang meliputi pengertian dan sifat surfaktan amida, kajian terdahulu dan pentingnya optimasi teknologi produksi surfaktan amida.
2. Penggolongan surfaktan, tahapan dan proses produksi surfaktan amida.
3. Bahan Baku, pelarut dan katalis pada produksi surfaktan amida.
4. Karakterisasi surfaktan amida

5. Aplikasi surfaktan amida pada produk detergen, shampoo, sabun transparan, sabun cair, dan *Oill Spill Dispersant*.
6. Metode optimasi pada produksi surfaktan amida
7. Studi kasus optimasi proses surfaktan amida

Penulis sampaikan banyak terima kasih kepada Widharta Surya Alam, Sabila Gitamara, Farhan Abroor dan Rhoza Dhya Fauziah, dalam membantu menyelesaikan format buku Teknologi Produksi Surfaktan Amida ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Universitas Sumatera Utara yang telah memberikan fasilitas sehingga terbitnya buku ini.

Penulis menyadari buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karenanya koreksi dan masukan dari pengguna buku ini sangat diharapkan. Pada akhirnya, semoga buku ini dapat digunakan untuk menunjang proses pembelajaran dan penelitian di bidang teknologi pengolahan minyak nabati pada tingkat sarjana dan magister di Indonesia.

Medan, Februari 2023

Penulis

# DAFTAR ISI

Prakata .....	i
Daftar Isi .....	iii
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	ix
Daftar Singkatan .....	xiv
Bab 1 Surfaktan Amida.....	1
1.1 Pengenalan Surfaktan .....	1
1.2. Kajian Terdahulu Surfaktan Amida.....	6
1.3. Pentingnya Optimasi Teknologi Produksi Surfaktan Amida.....	8
Bab 2 Penggolongan dan Tahapan Pembuatan Amida.....	13
2.1. Penggolongan Surfaktan.....	13
2.1.1 Surfaktan Kationik.....	13
2.1.2 Surfaktan Anionik .....	14
2.1.3 Surfaktan Non-ionik.....	15
2.1.4 Surfaktan Zwitterionik .....	16
2.1.5 Surfaktan Amfoterik .....	17
2.1.6 Surfaktan Reaktif.....	17
2.2. Reaksi Amidasi dan Transesterifikasi.....	17
2.2.1 Reaksi Amidasi .....	17
2.2.2 Transesterifikasi .....	22
2.3. Tahapan Sintesis Surfaktan Amida.....	23
2.3.1. Sintesis Surfaktan dari Minyak Nabati.....	24
2.3.2. Sintesis Surfaktan dari Asam Lemak .....	25
Bab 3 Bahan Baku, Pelarut Dan Katalis Pada Produksi Surfaktan Amida.....	28
3.1 Bahan Baku dari Minyak Nabati .....	28
3.1.1 Asam Lemak Jenuh .....	29
3.1.2 Asam Lemak Tak Jenuh .....	29
3.1.2.1. Asam lemak tak jenuh -Cis (bentuk alami) .....	30
3.1.2.2. Asam lemak tak jenuh -Trans (bentuk tidak alami) .....	30

3.2. Sumber Minyak Nabati .....	31
3.2.1. Minyak Sawit.....	31
3.2.2 Minyak Kelapa .....	33
3.3. Bahan Baku dari Asam Lemak .....	35
3.3.1 Asam Laurat .....	35
3.3.2 Asam Palmitat.....	36
3.3.3 Asam Oleat .....	37
3.3.4 Asam Stearat .....	38
3.3.5 Asam Suksinat .....	40
3.3.6 Asam Azelat .....	41
3.4 Bahan Baku dari Amina .....	42
3.4.1 Monoetanolamina.....	42
3.4.2 Dietanolamina .....	44
3.4.3 Urea .....	46
3.4.4 N-metyl Glukamina .....	46
3.5. Katalis .....	47
3.5.1 CaO .....	48
3.5.2 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	49
3.5.3 ZrCO <sub>4</sub> .....	49
3.5.4 Enzim Lipase .....	50
3.5.5 Enzim Protease .....	52
3.5.6 CaO Super Basa .....	53
3.6 Pelarut.....	54
3.6.1 Heksana .....	54
3.6.2 Isopropanol.....	54
3.6.3 Tert amil Alkohol .....	55
Bab 4 Produksi dan Aplikasi Surfaktan Amida .....	57
4.1 Proses Produksi Surfaktan Amida.....	57
4.1.1 Proses Pembuatan Surfaktan Amida Melalui Proses Kondensasi .....	59
4.1.2 Proses Pembuatan Surfaktan Amida Melalui Proses Amidasi Metil Ester .....	60
4.1.3 Proses Pembuatan Surfaktan Amida Melalui Proses Amidasi Trigliserida .....	61
4.2 Aplikasi Surfaktan Amida .....	62
4.2.1 Aplikasi Surfaktan Amida pada Produk Shampoo .....	63
4.2.2 Aplikasi Surfaktan Amida Pada Produk Farmasi dan Obat-obatan .....	66

4.2.3 Aplikasi Surfaktan Amida pada Produk Sabun Cair.....	67
4.2.4 Aplikasi Surfaktan Amida pada Kosmetik.....	72
4.2.4.1 Tabir Surya ( <i>Sunscreen</i> ) Berbasis Surfaktan Amida .....	76
4.2.4.2 <i>Skin Lotion</i> Berbasis Surfaktan Amida.....	80
4.2.4.3 <i>Foundation Cair</i> Berbasis Surfaktan Amida .....	84
4.2.5 Aplikasi Surfaktan Amida pada Produk Detergen.....	87
4.2.5.1 Campuran Surfaktan Anionik dan Nonionik Berbasis Alkanolamida.....	88
4.2.5.2 Formulasi Detergen.....	89
4.2.6 Aplikasi Surfaktan Amida pada Produk <i>Oil Spill Dispersant</i> .....	94
4.2.6.1 Sistem Campuran Alkanolamida pada OSD .....	95
4.2.6.2 Formulasi OSD.....	96
 Bab 5 Karakterisasi Surfaktan Amida.....	 99
5.1 Analisis Kualitatif dengan FTIR.....	99
5.2 Analisis Kualitatif dengan <sup>1</sup> H-NMR .....	100
5.3 Analisis Kuantitatif dengan HPLC .....	101
5.4 Analisis Kuantitatif dengan GC-MS.....	102
5.5 <i>Hydrophile-Lipophile Balance</i> (HLB).....	103
5.6. Analisa Bilangan Asam .....	104
5.7 Analisa Bilangan Penyabunan .....	105
5.8 Penurunan Tegangan Permukaan .....	106
5.9 Penentuan pH dan Densitas.....	107
5.9.1 Penentuan Kadar pH.....	107
5.9.2 Penentuan Densitas.....	107
 Bab 6 Metode Optimasi Dalam Pembuatan Surfaktan Amida .....	 109
6.1 Pengertian Optimasi .....	109
6.2 Metode Respon Permukaan.....	109
6.2.1 <i>Central Composite Design</i> (CCD) .....	112
6.2.2 <i>Box-Behnken Design</i> (BBD).....	113
6.3 Analisis Variansi dan Pengujian Model .....	117

6.3.1 Analisis Variansi.....	117
6.3.2. Uji Verifikasi Model .....	118
Bab 7 Studi Kasus Optimasi Produksi Surfaktan Amida.....	122
7.1 Studi Kasus 1:	
Transesterifikasi dan Amidasi Simultan	
Minyak Kelapa Menjadi Cocamide-DEA	
Menggunakan Katalis Heterogen.....	122
7.2 Studi Kasus 2:	
Produksi <i>Coco Fatty Acid Amide</i> Secara	
Katalitik Dua Tahap dari Minyak Kelapa	
Menggunakan Katalis Logam.....	136
7.3 Studi Kasus 3:	
Sintesis <i>Fatty</i> Etanolamida dari Asam Laurat	
dan Asam Palmitat: Optimasi Menggunakan	
Metode Respon Permukaan .....	147
7.4 Studi Kasus 4	
Produksi <i>Coco Fatty Acid Amide</i> Secara	
Katalitik Dua Tahap dari Desain <i>Central</i>	
<i>Composite Rotatable</i> untuk Optimasi Sintesis	
Enzimatis Oleoil-Dietanolamida dalam Sistem	
Bebas Pelarut .....	163
Bab 8 Penutup .....	181
Daftar Pustaka.....	183



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tahapan Optimasi Produksi Surfaktan Amida dari Minyak Kelapa.....	24
Tabel 2.2	Tahapan Optimasi Produksi Pembuatan Surfaktan Amida dari Asam Lemak .....	26
Tabel 3.1	Jenis - Jenis Asam Lemak .....	31
Tabel 3.2	Data Produksi dan Export Minyak Sawit Indonesia.....	32
Tabel 3.3	Komposisi Asam Lemak Pada Minyak Sawit.....	32
Tabel 3.4	Kandungan Asam Lemak pada Minyak Kelapa .....	34
Tabel 3.5	Sifat Fisika dan Sifat Kimia Asam Oleat .....	38
Tabel 4.1	Reaktan Sumber Gugus Asil/Karboksil .....	57
Tabel 4.2	Reaktan Sumber Gugus Amina .....	58
Tabel 4.3	Aplikasi Surfaktan Amida Diberbagai Bidang .....	62
Tabel 4.4	Contoh Formulasi Bahan-Bahan Untuk Pembuatan Sabun Sediaan Cair.....	70
Tabel 4.5	Karakteristik Sabun Cair Nabati Berbasis Surfaktan Amida .....	72
Tabel 4.6	Formulasi Komposisi <i>Sunscreen</i> Berbasis Amida .....	77
Tabel 4.7	Formulasi Komposisi <i>Skin Lotion</i> Berbasis Amida .....	81
Tabel 4.8	Formulasi Komposisi <i>Foundation</i> Cair Berbasis Amida.....	84
Tabel 4.9	<i>Range</i> Komposisi pada Formulasi Produk.....	89
Tabel 5.1	Aplikasi Surfaktan Berdasarkan Range Nilai HLB.....	104
Tabel 6.1	Perbandingan Efisiensi Antara <i>Central Composite Design</i> (CCD), <i>Box-Behnken Design</i> (BBD) and <i>Doehlert Matrix Design</i> (DM) .....	116
Tabel 6.2	Hasil Analisis Variansi Model Regresi .....	117
Tabel 7.1	Variabel dan Level Independen yang Diselidiki dengan Nilai Eksperimen .....	131

Tabel 7.2	Hasil Prediksi Koefisien Regresi.....	131
Tabel 7.3	Level dan Desain Eksperimental.....	142
Tabel 7.4	Eksperimen Sebenarnya .....	143
Tabel 7.5	Hasil Koefisien Regresi.....	143
Tabel 7.6	Variabel dan Level yang Dikembangkan .....	156
Tabel 7.7	Hasil Optimasi Sintesis Lauroil dan Palmitoil Etanolamida .....	157
Tabel 7.8	Prediksi Koefisien Regresi untuk Sintesis Lauroil-Etanolamida .....	158
Tabel 7.9	Prediksi Koefisien Regresi untuk Sintesis Palmitoil-Etanolamida.....	158
Tabel 7.10	Rentang Percobaan Lima Variabel Independen dalam Nilai Aktual dan Terkode .....	174
Tabel 7.11	Kombinasi Level Terkode Untuk Lima Level CCRD dan Hasil Eksperimental .....	175
Tabel 7.12	Koefisien Regresi Yang Diestimasi dan Nilai P untuk Setiap Faktor .....	176

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Skematik Sebuah Molekul Surfaktan.....	2
Gambar 1.2	Molekul Surfaktan Teradsorpsi ke Antarmuka .....	3
Gambar 1.3	Peta Jalan Pengembangan Teknologi Oleokimia.....	9
Gambar 1.4	Peta Keilmuan Produksi Surfaktan Amida .....	12
Gambar 2.1	Bentuk Umum Surfaktan Kationik (Esterquat).....	14
Gambar 2.2	Struktur Senyawa Surfaktan Anionik.....	15
Gambar 2.3	Struktur Non-ionik Surfaktan (Ester <i>fatty alcohol</i> ) .....	16
Gambar 2.4	Struktur Senyawa Amida .....	18
Gambar 2.5	Sintesis Pembuatan Amida.....	18
Gambar 2.6	Reaksi Pembentukan Asam Lemak Dietanolamida .....	20
Gambar 2.7	Reaksi Pembentukan N-lauroyl Diethanolamide dari Asam Laurat dan Dietanolamina .....	21
Gambar 2.8	Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Menjadi Metil Ester .....	22
Gambar 2.9	Tahapan Sistesis Surfaktan Amida dari Minyak Kelapa .....	24
Gambar 3.1	Struktur Asam Stearat (18:0).....	29
Gambar 3.2	Struktur Asam Oleat (Tuminah, 2009).....	30
Gambar 3.3	Struktur Asam Elaidat .....	30
Gambar 3.4	Struktur Senyawa Asam Laurat .....	36
Gambar 3.5	Struktur Senyawa Asam Palmitat .....	36
Gambar 3.6	Rumus Struktur Asam Oleat .....	38
Gambar 3.7	Struktur Senyawa Asam Stearat.....	39
Gambar 3.8	Struktur Surfaktan Stearamida .....	40
Gambar 3.9	Struktur Senyawa Asam Suksinat.....	41
Gambar 3.10	Struktur Kimia Asam Azelat .....	41

Gambar 3.11	Struktur Senyawa Monoetaolamina.....	43
Gambar 3.12	Struktur Senyawa Diethanolamina.....	44
Gambar 3.13	Struktur Enzim Lipase .....	50
Gambar 3.14	Reaksi-Reaksi yang Dikatalisis oleh Lipase .....	51
Gambar 3.15	Struktur Tert-Amil Alkohol .....	55
Gambar 4.1	Jalur Sintesis Amida Secara Kondensasi .....	60
Gambar 4.2	Jalur Sintesis Amida Secara Amidasi Metil Ester.....	60
Gambar 4.3	Jalur Sintesis Amida Secara Amidasi Trigliserida.....	61
Gambar 4.4	Diagram Alir Proses Produksi Shampo Berbasis Surfaktan Amida.....	65
Gambar 4.5	Struktur Interaksi Antara Surfaktan Gemini (C <sub>8</sub> Cys) <sub>2</sub> Cysteine dengan β-siklodekstrin.....	67
Gambar 4.6	Berbagai Jenis Sabun Berdasarkan Fisiknya, (a) Sabun Cair, (b) Sabun Semi Padat Krim, (c) Sabun Padat <i>Opaque</i> , (d) Sabun Padat Transparan.....	68
Gambar 4.7	Diagram Alir Proses Produksi Sabun Cair Nabati Berbasis Amida .....	71
Gambar 4.8	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>1</sub> untuk Krim <i>Sunblock Waterproof</i> .....	78
Gambar 4.9	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>2</sub> dan M <sub>3</sub> untuk Krim <i>Sunblock Waterproof</i> .....	79
Gambar 4.10	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>4</sub> untuk Krim <i>Sunblock Waterproof</i> .....	79
Gambar 4.11	Diagram Alir Pembuatan Krim <i>Sunblock Waterproof</i> .....	80
Gambar 4.12	Diagram Alir Proses Pembuatan Sediaan M <sub>1</sub> .....	82
Gambar 4.13	Diagram alir proses pembuatan sediaan M <sub>2</sub> .....	83
Gambar 4.14	Diagram Alir Proses Pembuatan Sediaan M <sub>3</sub> .....	83
Gambar 4.15	Diagram Alir Proses Pembuatan <i>Lotion</i> .....	84
Gambar 4.16	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>1</sub> untuk <i>Pearly Foundation Cair</i> .....	85

Gambar 4.17	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>2</sub> untuk <i>Pearly Foundation Cair</i> .....	86
Gambar 4.18	Diagram Alir Pembuatan <i>Pearly Foundation Cair</i> .....	86
Gambar 4.19	Unit Operasi Manufaktur Detergen .....	90
Gambar 4.20	Diagram Alir Umum pada Proses Manufaktur Detergen .....	91
Gambar 4.21	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>1</sub> untuk Formulasi Detergen Cair .....	92
Gambar 4.22	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>2</sub> untuk Formulasi Detergen Cair .....	93
Gambar 4.23	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>4</sub> untuk Formulasi Detergen Cair .....	93
Gambar 4.24	Diagram Alir Pembuatan Detergen Cair .....	94
Gambar 4.25	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>1</sub> untuk Formulasi OSD .....	97
Gambar 4.26	Diagram Alir Pembuatan Sediaan M <sub>2</sub> untuk Formulasi OSD .....	97
Gambar 4.27	Diagram Alir Pembuatan OSD .....	98
Gambar 6.1	Representasi Grafis <i>Box-Behnken Design</i> .....	113
Gambar 6.2	Contoh <i>Box-Behnken Design</i> Tiga Faktor .....	114
Gambar 6.3	<i>Response Surface Method</i> dengan 3 Faktor Antara <i>Box-Behnken Design</i> dan <i>Central Composite Design</i> .....	115
Gambar 6.4	Plot Normalitas untuk Distribusi Data Residual .....	120
Gambar 6.5	Plot Residual dengan <i>Fitted Value</i> pada Sintesis Palmitoil-Etanolamida .....	120
Gambar 6.6	Plot Residual dengan <i>Model Order</i> pada Sintesis Palmitoil-Etanolamida .....	121
Gambar 7.1	Pengaruh Rasio Pelarut ( <i>Solvent Ratio</i> ) Terhadap Konversi FAME133 .....	
Gambar 7.2	Pengaruh Rasio Mol Substrat Terhadap Konversi FAME .....	133

Gambar 7.3	Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Konversi FAME .....	134
Gambar 7.4	Plot Kontur Respon Pengaruh Rasio Mol Substrat Dan Rasio Pelarut.....	134
Gambar 7.5	Plot Kontur Respon Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Mol Substrat.....	135
Gambar 7.6	Plot Kontur Respon Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Pelarut .....	135
Gambar 7.7	Pengaruh Variasi Rasio Molar Substrat dan Waktu Reaksi.....	144
Gambar 7.8	Pengaruh Waktu Reaksi dan Rasio Pelarut .....	145
Gambar 7.9	Profil Interaksi Antara Rasio Pelarut dan Rasio Molar.....	146
Gambar 7.10	Perbandingan Konversi Model dengan Konversi Aktual.....	147
Gambar 7.11	Pengaruh Interaksi Rasio Molar Substrat dan Konsentrasi Katalis Untuk Lauroil-Etanolamida.....	159
Gambar 7.12	Pengaruh Interaksi Rasio Molar Substrat dan Konsentrasi Katalis Untuk Palmitoil-Etanolamida.....	159
Gambar 7.13	Pengaruh Interaksi Rasio Molar Substrat dan Rasio Pelarut Untuk Lauroil Etanolamida.....	160
Gambar 7.14	Pengaruh Interaksi Rasio Molar Substrat dan Rasio Pelarut Untuk Palmitoil-Etanolamida.....	160
Gambar 7.15	Pengaruh Interaksi Konsentrasi Katalis dan Rasio Pelarut Untuk Lauroil Etanolamida.....	161
Gambar 7.16	Pengaruh Interaksi Konsentrasi Katalis dan Rasio Pelarut Untuk Palmitoil Etanolamida.....	161
Gambar 7.17	Spektrum FT-IR Lauroil Etanolamida .....	162
Gambar 7.18	Hasil Spektrum Cocamide DEA.....	162
Gambar 7.19	Spektrum FT-IR Oleil-Dietanolamida Dari Asam Oleat Dan Dietanolamina.....	177

Gambar 7.20	Plot Kontur Konversi Asam Oleat, Selama Amidifikasi Dietanolamina Sebagai Fungsi Rasio Substrat ( $X_4$ ) dan Temperatur ( $X_1$ ), pada $X_2 = 24$ jam, $X_3 = 10\%$ (wt/wtOA), $X_5 =$ tiga tahap .....	177
Gambar 7.21	Plot Kontur Konversi Asam Oleat, Selama Amidifikasi Dietanolamina Sebagai Fungsi Jumlah Enzim ( $X_3$ ) dan Temperatur ( $X_1$ ), at $X_2 = 24$ jam, $X_4 = 5$ (mol DEA/OA), $X_5 =$ tiga tahap .....	178
Gambar 7.22	Plot Kontur Konversi Asam Oleat, Selama Amidifikasi Dietanolamina Sebagai Fungsi Rasio Substrat ( $X_4$ ) dan Waktu ( $X_2$ ), pada $X_1 = 60$ °C, $X_3 = 10\%$ (wt/wtOA), $X_5 =$ tiga tahap .....	178
Gambar 7.23	Plot Kontur Konversi Asam Oleat, Selama Amidifikasi Dietanolamina Sebagai Fungsi Jumlah Enzim ( $X_3$ ) dan Waktu ( $X_2$ ), pada $X_1 = 60$ °C, $X_4 = 5$ (mol DEA/OA), $X_5 =$ tiga tahap .....	179
Gambar 7.24	Plot Kontur Konversi Asam Oleat, Selama Amidifikasi Dietanolamina Sebagai Fungsi Tahap Amina ( $X_5$ ) dan Rasio Substrat ( $X_4$ ), pada $X_1 = 60$ °C, $X_2 = 24$ jam, $X_3 = 10\%$ (wt/wtOA).....	179
Gambar 7.25	Plot Kontur Konversi Asam Oleat, Selama Amidifikasi Dietanolamina Sebagai Fungsi Substrat Rasio ( $X_4$ ) dan Jumlah Enzim ( $X_3$ ), pada $X_1 = 60$ °C, $X_2 = 24$ h, $X_5 =$ tiga tahap .....	180

## DAFTAR SINGKATAN

ASTM	<i>American Standard Testing and Material,</i>
BBD	<i>Box Behnken Design</i>
CCD	<i>Central Composite Design</i>
CMC	<i>Critical Micelle Concentration</i>
CPO	<i>Crude Palm Oil</i>
DEA	<i>Diethanolamide</i>
FT-IR	<i>Fourier Transform – Infra Red</i>
GC-MS	<i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i>
HLB	<i>Hydrophile-Lipophile Balance</i>
HPLC	<i>High-performance liquid chromatography</i>
MEA	<i>Monoethanolamide</i>
MIPA	<i>Monoisopropanolamida</i>
NMR	<i>Nuclear Magnetic Resonance</i>
PS	<i>Pulmonary surfactant</i>
PFAD	<i>Palm Fatty Acid Distillate</i>
PKO	<i>Palm Kernel Oil</i>
POE-MDG	<i>Polyoxyethylene monodiglisericid</i>
RSM	<i>Response Surface Methodology</i>
SNI	<i>Standar Nasional Indonesia</i>



# BAB I

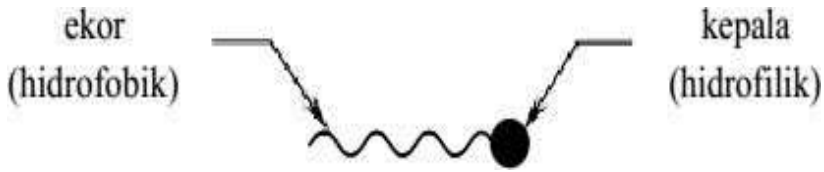
## SURFAKTAN AMIDA

### 1.1 Pengenalan Surfaktan

Surfaktan berasal dari singkatan *surface active agent* yang didefinisikan sebagai molekul yang berpindah ke antarmuka diantara dua fase fisik yang mengakibatkan salah satu fasenya terkonsentrasi lebih banyak di daerah antarmuka daripada di dalam fase yang ada pada larutan. Karakteristik molekuler utama dari surfaktan adalah bersifat amfifilik, dengan bagian hidrofobik dari molekul yang lebih menyukai berada dalam lingkungan lipid (nonpolar) dan bagian hidrofilik lebih suka berada di lingkungan berair (polar) Berdasarkan gugus hidrofiliknya surfaktan dikelompokkan menjadi empat bagian yaitu surfaktan anionik, kationik, amfoterik, dan nonionik. Dari pengelompokan tersebut surfaktan anionik dan nonionik merupakan jenis surfaktan yang banyak digunakan (Sana, 2017).

Bagian hidrofilik biasanya memiliki gugus  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{SO}_3\text{H}$ , dan rantai polyoxyethylene, sementara bagian hidrofobik memiliki gugus  $-\text{Si}$ ,  $\text{CF}$ , dan rantai polyoxypropylene. Ketika hidrofilik memiliki gaya tarik yang lebih kuat dibanding hidrofobik, ini menandakan surfaktan yang larut terhadap air dan demikian sebaliknya. Kelarutan terhadap air atau minyak menandakan pentingnya parameter fisika dan kimia di dalam pengaplikasian surfaktan itu sendiri, hal ini menjadi faktor penting di dalam pemilihan jenis surfaktan yang digunakan (Zhu *et al.*, 2014).

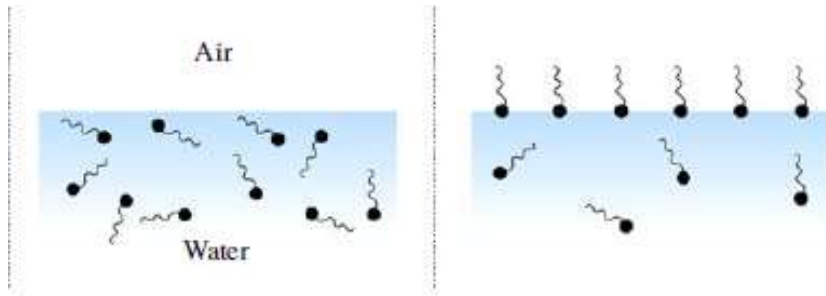
Perbedaan sifat pada kedua ujung molekul menyebabkan surfaktan dapat menarik zat pengotor dari antarmuka atau permukaan yang larut atau tidak larut dalam air. Hal ini dikarenakan surfaktan mempunyai ion atau molekul dengan afinitas tertentu terhadap suatu pelarut. Struktur molekul surfaktan dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Skematik Sebuah Molekul Surfaktan

Surfaktan berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan, membentuk pembusaan, disperse, dan dekontaminasi (Ashari *et al.*, 2018). Dalam mengurangi tegangan antar muka minyak dan air, bagian hidrofobik surfaktan akan berikatan dengan minyak dan bagian hidrofilik berikatan dengan air (Ayuningtyas *et al.*, 2021). Istilah antarmuka merujuk pada batasan antara dua fasa yang tidak saling melarut dan istilah permukaan menunjukkan bahwa salah satunya dalam fasa gas atau udara. Secara umum, terdapat lima antarmuka yang berbeda, yaitu padatan-gas (permukaan), padatan-cairan, padatan-padatan, cairan-gas (permukaan), dan cairan-cairan. Gaya dorong (*driving force*) yang dimiliki surfaktan untuk melakukan adsorpsi pada antarmuka berfungsi untuk mengurangi energi bebas pada batasan fasa.

Salah satu sifat khas dari surfaktan adalah cenderung dapat teradsorpsi pada antarmuka. Sifat lain adalah kecenderungan terbentuknya agregat pada monomer dalam larutan yang disebut misel. Pembentukan misel (miselisasi) merupakan hasil proses adsorpsi yang dapat dilihat pada Gambar 1.2. Surfaktan melakukan adsorpsi pada antarmuka untuk mencegah terikatnya air dengan ekor hidrofobik, sehingga energi bebas pada sistem akan berkurang. Misel dapat terbentuk pada surfaktan dengan konsentrasi kecil pada air. Konsentrasi ketika misel mulai terbentuk didefinisikan sebagai CMC (*critical micelle concentration*/konsentrasi misel kritis) (Kronberg *et al.*, 2014).



Gambar 1.2 Molekul Surfaktan Teradsorpsi ke Antarmuka  
(Manikantan dan Squires, 2020)

Secara umum surfaktan dapat diproduksi dengan sintesis kimiawi dan juga sintesis biokimiawi (Hariawan & Susi, 2004). Surfaktan klasik diproduksi dari bahan baku petrokimia. Penggunaan minyak bumi sebagai bahan baku surfaktan akan menghasilkan surfaktan yang sulit terdegradasi oleh lingkungan sehingga membuat lingkungan menjadi tercemar karena minyak bumi merupakan bahan yang sulit untuk diperbaharui (Yuniasri, 2007). Pertumbuhan konsumen berdampak pada penelitian untuk menghasilkan surfaktan baru dari bahan baku yang terbarukan (Pestman, 1998).

Surfaktan alami adalah jenis surfaktan yang disintesis dari bahan alami. Sumbernya dapat berasal dari tanaman atau hewan dan produknya didapat melalui beberapa proses pemisahan, seperti: ekstraksi, presipitasi, atau distilasi. Sebagai contoh alkil glukosida yang dibuat dari gula (alami) dan *fatty alcohol* (non-alami) yang biasanya disebut sebagai surfaktan alami (Holmberg, 2001). Salah satu surfaktan alami dapat diproduksi dengan menggunakan bahan baku minyak nabati yang bersifat mudah terurai (*biodegradable*) dan ramah lingkungan. Surfaktan *polyoxyethylene monodiglycerid* (POE-MDG) merupakan salah satu contoh surfaktan yang dibuat dari minyak sawit. Surfaktan POE-MDG disintesis dari proses gliserolisis setelah itu dilakukan proses etoksilasi (Putra *et al.*, 2017). Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan surfaktan antara lain minyak sawit, minyak zaitun, minyak kedelai, minyak biji

matahari, dan minyak kelapa (Yuniasri, 2007). Minyak nabati sebahagian besar mengandung asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Pada asam lemak jenuh terdapat beberapa senyawa yaitu asam kaproat, asam kaprilat, asam miristat, asam palmitat dan asam stearat, sedangkan senyawa yang terdapat dalam asam lemak tak jenuh yaitu asam siklopropan pentanoat, asam oleat, dan asam sapienat (Novilla *et al.*, 2017).

Salah satu surfaktan nabati juga dapat diperoleh dari golongan amida. Amida adalah turunan asam karboksilat dimana -OH dari asam telah digantikan oleh -NR<sub>2</sub> dimana R= H, alkil, aril, dan lain-lain. Berbagai metode telah dikembangkan untuk pembuatan amida. Kebanyakan melibatkan reaksi amina dengan senyawa karbonil diaktifkan (yaitu asam klorida), sangat mirip dengan metode yang digunakan untuk membuat ester (Deruiter, 2005). Pembentukan rantai amida sangat penting dalam berbagai macam bidang kimia. Pembentukan rantai katalitik amida menjadi salah satu reaksi yang sangat penting dalam kimia yang ramah lingkungan. Banyak pihak tertarik dalam mengembangkan metode katalitik untuk membentuk rantai amida dari berbagai bahan baku (Allen *et al.*, 2012).

Alkanolamida merupakan surfaktan amida yang banyak digunakan dalam industri kimia, kosmetik, maupun otomotif. Senyawa ini memiliki sifat deterjensi. Sifat-sifat deterjensi ini sangat mendasar dalam sistem kehidupan dimasa fase berair dan berlemak harus berdampingan. Karena sifatnya, alkanolamida dapat berperan sebagai surfaktan. Surfaktan jenis alkanolamida masih sangat diperlukan untuk menghasilkan surfaktan yang murah, ramah lingkungan dan biodegradeable dari sumber terbarukan (Lubis, 2018).

N-acyl alkanolamida adalah salah satu jenis surfaktan non-ionik yang sebagian besar digunakan sebagai pelumas, pengemulsi, detergent, dan kosmetik. Surfaktan nonionik banyak digunakan dalam farmasi, makanan dan industri pertanian. Di industri farmasi misalnya, digunakan untuk meningkatkan kelarutan obat atau untuk meningkatkan

transportasi obat transepitel dan karenanya meningkatkan bio-availabilitasnya (Cavanagh *et al.*, 2019). Sintesis kimia dari N-acyl alkanolamida telah dikembangkan tetapi tidak terlalu spesifik dan memerlukan suhu yang tinggi, diatas 100°C dan biasanya 180°C. Dalam sintesis N-acyl alkanolamida, biasanya digunakan enzim lipase dalam sintesis karena memiliki stabilitas yang tinggi dalam media organik dan kemampuan enzim ini dalam menerima variasi substrat, dan sifat alamiah dalam reaksi (Fernandez, 2003). Selain itu, pembuatan N-acyl alkanolamida juga dapat dilakukan dengan mereaksikan asam lemak atau metil ester asam lemak dengan alkohol amina pada suhu 140-160 °C selama 6-12 jam (Kolancilar, 2004).

Surfaktan sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari baik dalam rumah tangga maupun di industri. Surfaktan pada industri dapat digunakan sebagai *emulsifier*, *corrosion inhibition*, *foaming*, *detergency*, dan *hair conditioning*. Surfaktan sangat banyak digunakan di rumah sakit karena surfaktan mengandung anti kuman yang mana kandungan tersebut dapat digunakan sebagai bahan pencuci yang bersih (Furi & Pamela, 2012). Surfaktan juga digunakan pada industri perminyakan karena dapat menurunkan tegangan antar muka, mengubah kebasahan, menurunkan viskositas, mengecilkan droplet dalam air, membersihkan dispersi butiran minyak dan membersihkan sumur minyak pada sumur yang sudah *highly depleted* sehingga dapat mempermudah proses pengaliran minyak dari reservoir ke lubang sumur produksi (Hambali *et al.*, 2013).

Selain daripada itu penggunaan surfaktan juga dapat memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan. Surfaktan dapat menyebabkan pencemaran air karena surfaktan dapat membunuh mikroorganisme di dalam lingkungan dan menghambat degradasi zat beracun lainnya. Toksisitas surfaktan tertentu dapat masuk ke dalam hewan melalui makanannya dan dengan cara penetrasi kulit. Penggunaan deterjen jangka panjang dapat menyebabkan iritasi kulit dan surfaktan dapat merusak aktivitas enzim sehingga berdampak pada fisik

manusia (Yuan *et al.*, 2014).

Selain itu, surfaktan dapat diaplikasikan sebagai bahan remediasi limbah B3. Salah satunya sebagai *Oil Spill Dispersant* (OSD). Surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan antara kontaminan minyak dengan tanah, sehingga membuat minyak yang terdispersi menjadi butiran kecil. Minyak yang sudah terdispersi dapat membuat proses biodegradasi oleh mikroorganisme menjadi mudah. Surfaktan juga banyak digunakan sebagai *anti-emulsifying agent*. Surfaktan sebagai *anti-emulsifying agent*, memiliki fungsi untuk stabilisasi emulsi minyak dalam air yang dapat mempercepat proses pemecahan emulsi (Syafrinaldi, 2017).

## 1.2 Kajian Terdahulu Surfaktan Amida

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mensintesis dan mengoptimasi surfaktan nabati untuk memenuhi keperluan industri. Surfaktan N-Acyl arginine dapat diperoleh dengan mereaksikan dodecanol, tert amil alkohol, dan katalis natrium metoksida. Surfaktan dengan konversi sebesar 90% dicapai pada kondisi rasio substrat 1:4 (w/w), rasio pelarut 1:3 (w/v), dan persen katalis 3% (w/w) selama 3 jam (Pardede, 2021). Surfaktan Metil Ester Sulfonate (MES) yang diproduksi dari metil laurat pada rasio bahan baku 1:4, katalis  $Al_2O_3$  1,5%, waktu reaksi 4,5 jam, suhu 100 °C, dan kecepatan pengadukan 500 rpm. MES yang diperoleh memiliki stabilitas emulsi 94,5 menit dan penurunan tegangan permukaan 39,3 dyne/cm (Iman *et al.*, 2016).

Surfaktan juga digunakan sebagai bahan pencuci material kain yang mengandung limbah B3. Pembuatan surfaktan ini dilakukan dengan mereaksikan bahan baku 4:1, katalis NaOH 2,6 gram, waktu pengadukan 3 jam dan diperoleh yield surfaktan 98,40% (Putra *et al.*, 2018). Optimasi reaksi biosurfaktan karbohidrat ester dari asam palmitat dan fruktosa dengan menggunakan enzim lipase imobil dapat diperoleh dengan

mereaksikan asam lemak, etanol, dan katalis Novozym 435® dicapai konversi sebesar 61,8% pada waktu reaksi 72 jam, kondisi suhu 55°C, dan persen enzim 12% (Pardede, 2021).

Surfaktan golongan amida juga mulai diteliti secara luas. Pada penelitian yang dilakukan oleh Maugard *et al.* di tahun 1971, diperoleh surfaktan glucamide dengan reaksi amidasi enzimatik dengan konversi amida sebesar 97% dan yield sebesar 100% pada suhu reaksi 90°C dan waktu reaksi 50 jam. Pada penelitian oleh Fernandes *et al.* di tahun 2013, diperoleh surfaktan amida dari dietanolamina dengan konversi amida sebesar 92% dan yield sebesar 90% pada suhu reaksi 60°C dengan pelarut reaksi dioxane dan n-heksana. Surfaktan *Coco Fatty Acid Amide* dapat diperoleh dengan mereaksikan minyak kelapa, monoethanolamine, dan katalis  $ZrCl_4$ . Konversi sebesar 86,22% akan diperoleh pada waktu 3 jam, rasio mol substrat 3:1 dan rasio pelarut 4:1. Surfaktan dietanolamida (DEA) yang diproduksi dari metil ester olein sawit pada rasio bahan baku 2:1, katalis NaOH 30%, waktu reaksi 4 jam, dan kecepatan pengadukan 100 rpm diperoleh hasil surfaktan yang memiliki penurunan tegangan permukaan 15,28 dyne/cm dan konversi reaksi sebesar 92,4% (Meizar *et al.*, 2017). Pada penelitian oleh Patil *et al.*, di tahun 2013, diperoleh sintesis dan karakterisasi surfaktan etanolamida dengan yield sebesar 73,5% pada suhu reaksi 140°C dan waktu reaksi 10 jam.

Selain itu, penelitian untuk mengoptimasi pembuatan surfaktan amida juga mulai dikembangkan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Zhang *et al.* di tahun 2014, diperoleh metode yang paling efisien pada sintesis surfaktan lemak amida dari metil ester minyak kedelai adalah menggunakan katalis CaO dengan yield sebesar 80,2% pada suhu reaksi 130°C dan waktu reaksi 3 jam. Penelitian oleh Masyithah *et al.* di tahun 2016, mengoptimasi pembuatan surfaktan Lauroyl-N-methyl glucamide dengan konversi reaksi sebesar 64,5% dan yield sebesar 96,5% pada konsentrasi katalis enzim lipase sebesar 8% dan suhu reaksi sebesar 50-55°C. Pada penelitian yang dilakukan

oleh Silaen *et al.* di tahun 2017, diperoleh optimasi sintesis biosurfaktan lauril amida dari asam laurat dan dietanolamina menggunakan pelarut hexana dan enzim lipase terimobilisasi dengan konversi reaksi sebesar 86,18% pada rasio substrat 1:1, konsentrasi enzim 7%, dan rasio pelarut sebesar 2:1. Pada penelitian oleh Wang *et al.* di tahun 2016, mengoptimasi pembuatan stan oleil etanolamida dengan mencampurkan pelarut heksana etanol (1:1) dan katalis sodium metoksida diperoleh yield sebesar 70,3% pada konsentrasi katalis sebesar 1,5% dan waktu reaksi 3 jam.

Surfaktan telah diaplikasikan secara luas pada berbagai industri antara lain sebagai *emulsifier*, *emulsiency*, *defoaming*, *detergency*, dan lainnya. Kebutuhan surfaktan di Indonesia meningkat seiring dengan perkembangan industri sedangkan produksi surfaktan terbatas (Rachim *et al.*, 2012). Golongan surfaktan yang paling banyak diminati oleh pasar salah satunya adalah surfaktan golongan amida, seperti alkanolamida. Alkanolamida merupakan surfaktan nonionik yang secara luas digunakan sebagai agen pengemulsi yang stabil. Senyawa ini juga digunakan dalam industri farmasi, kosmetik, kebutuhan rumah tangga seperti *sampho* dan deterjen, serta sebagai agen pengontrol busa, aditif bahan bakar, *corrosion inhibitors* (Amalia, 2012).

Untuk memenuhi kebutuhan produksi surfaktan khususnya jenis surfaktan amida, diperlukan optimasi untuk memaksimalkan konversi reaksi dalam proses pembuatannya. Maka, dalam pembuatan surfaktan yang maksimal dan optimum diperlukan penelitian lebih lanjut tentang bahan baku dan perlakuan yang sesuai untuk mengoptimasi kondisi reaksi.

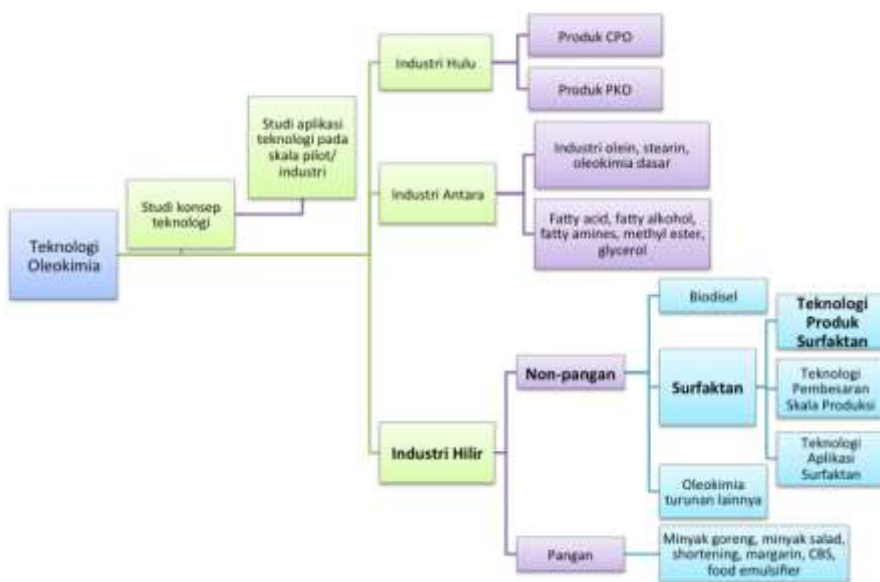
### **1.3 Pentingnya Optimasi Teknologi Produksi Surfaktan Amida**

Indonesia sangat berpotensi menjadi produsen bahan oleokimia yang disintesis dari minyak sawit. Hal ini mengingat



luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang meningkat dengan pesat tiap tahunnya. Indonesia merupakan salah satu produsen terbesar minyak sawit, dan produksi minyak sawit mentah (CPO) Indonesia diperkirakan menyumbang 53,7% dari total CPO global (Dunia Industri, 2017). Oleokimia sendiri merupakan produk kimia yang berasal dari minyak atau lemak, baik nabati maupun hewani.

Prioritas kajian, pada bidang pengembangan teknologi industri oleokimia dari sumber daya alam terbarukan telah mulai dikembangkan, baik industri hulu, industri antara, maupun industri hilir. Peta jalan (*road map*) pengembangan teknologi produksi di bidang oleokimia ditunjukkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Peta Jalan Pengembangan Teknologi Oleokimia

Surfaktan amida merupakan salah satu varian produk industri hilir dari minyak nabati yang perlu terus dikembangkan. Surfaktan amida merupakan golongan surfaktan yang dapat diperoleh dari minyak nabati atau turunannya. Surfaktan ini merupakan komponen penting dalam sintesis senyawa organik

karena memiliki ikatan amida yang sangat stabil pada media yang bersifat alkali, dan terutamanya sangat dibutuhkan hampir disetiap bidang kehidupan sehari-hari maupun industri modern. Sehingga teknologi produksi surfaktan amida yang efisien, efektif dan ekonomis perlu dikaji dan dirumuskan.

Surfaktan amida dari minyak nabati dapat terurai secara hayati dan sebagian besar bersifat *biodegradable*. Surfaktan amida dari minyak nabati merupakan produk oleokimia yang memenuhi prinsip dari ramah lingkungan, yaitu diperoleh dari bahan baku yang dapat diperbaharui, dan bersifat degradatif di alam, sehingga dapat diterima secara ekologis.

Pada sintesis surfaktan amida sering terjadi persaingan antara terbentuknya amida, ester dan amida ester apabila kondisi reaksi tidak diatur dengan baik. Terbentuknya ester ini akan menyebabkan yield/perolehan surfaktan amida yang dihasilkan menjadi rendah. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan yield surfaktan amida adalah dengan mengoptimalkan proses produksi menggunakan Metode Respon Permukaan (*Response Surface Methodology*, RSM). Tujuan dari penggunaan RSM adalah untuk meningkatkan dan mengoptimalkan proses, menentukan pengaruh variabel independen pada proses dan menghasilkan model matematika yang secara akurat menggambarkan proses.

Buku ini disusun sebagai referensi mengenai teknologi produksi surfaktan- surfaktan golongan amida dari minyak nabati yang banyak dijumpai di Indonesia. Kebaruan yang diberikan buku ini berupa teknologi optimasi proses menggunakan Metode Respon Permukaan (RSM) pada produksi surfaktan amida, sehingga akan menghasilkan surfaktan melalui metode sintesis yang sederhana, namun dengan yield yang tinggi.

Sebagai referensi dalam teknologi untuk menghasilkan surfaktan amida dengan metode yang sederhana namun dengan yield yang tinggi, buku ini disusun dan dirumuskan meliputi aspek-aspek sebagai berikut.

- Referensi pengaruh berbagai jenis minyak nabati (minyak sawit dan minyak kelapa), serta asam lemak minyak nabati (asam laurat, asam palmitat, asam oleat, asam stearat, asam suksinat);
- Referensi pengaruh jenis amina (monoetanolamina, dietanolamina, urea, N-metyl glukamina);
- Referensi pengaruh jenis pelarut (n-heksana, tert-amil alkohol, iso-propanol, n-heksana+iso-propanol);
- Referensi pengaruh jenis katalis (CaO, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ZrCO<sub>4</sub>, Enzim Lipase, Enzim Protease, CaO Super Basa);
- Referensi pengaruh rasio bahan baku, konsentrasi katalis, temperatur reaksi, pengadukan, dan rasio pelarut campuran (*mix-solvent*);
- Referensi aplikasi metode optimasi dalam menganalisis pengaruh keseluruhan aspek pada produksi surfaktan amida.
- Referensi karakteristik surfaktan amida.
- Studi kasus optimasi teknologi produksi surfaktan amida dari minyak nabati.

Penyusunan referensi didasarkan atas peta keilmuan produksi surfaktan amida dari minyak nabati yaitu minyak sawit dan minyak kelapa, maupun dari berbagai asam lemak, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.4.