

**ASAM PROPIONAT SEBAGAI *DISPLACING ACID*
PADA REAKSI HIDROLISIS MINYAK KELAPA
SAWIT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT**

SKRIPSI

Oleh

IRA SETIAWATI
04 04 06 031 4



**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**ASAM PROPIONAT SEBAGAI *DISPLACING ACID*
PADA REAKSI HIDROLISIS MINYAK KELAPA
SAWIT DENGAN KATALIS ASAM SULFAT**

SKRIPSI

Oleh

IRA SETIAWATI
04 04 06 031 4



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**ASAM PROPIONAT SEBAGAI *DISPLACING ACID*
PADA REAKSI HIDROLISIS MINYAK KELAPA SAWIT
DENGAN KATALIS ASAM SULFAT**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 15 Juli 2008

Ira Setiawati

NPM 04 04 06 031 4

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

**ASAM PROPIONAT SEBAGAI *DISPLACING ACID*
PADA REAKSI HIDROLISIS MINYAK KELAPA SAWIT
DENGAN KATALIS ASAM SULFAT**

oleh

IRA SETIAWATI

0404060314

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 9 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 15 Juli 2008

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Ir. Rita Arbianti, M.Si.

NIP. 132 137 888

Tania Surya Utami, ST., MT.

NIP. 132 206 932

UCAPAN TERIMA KASIH

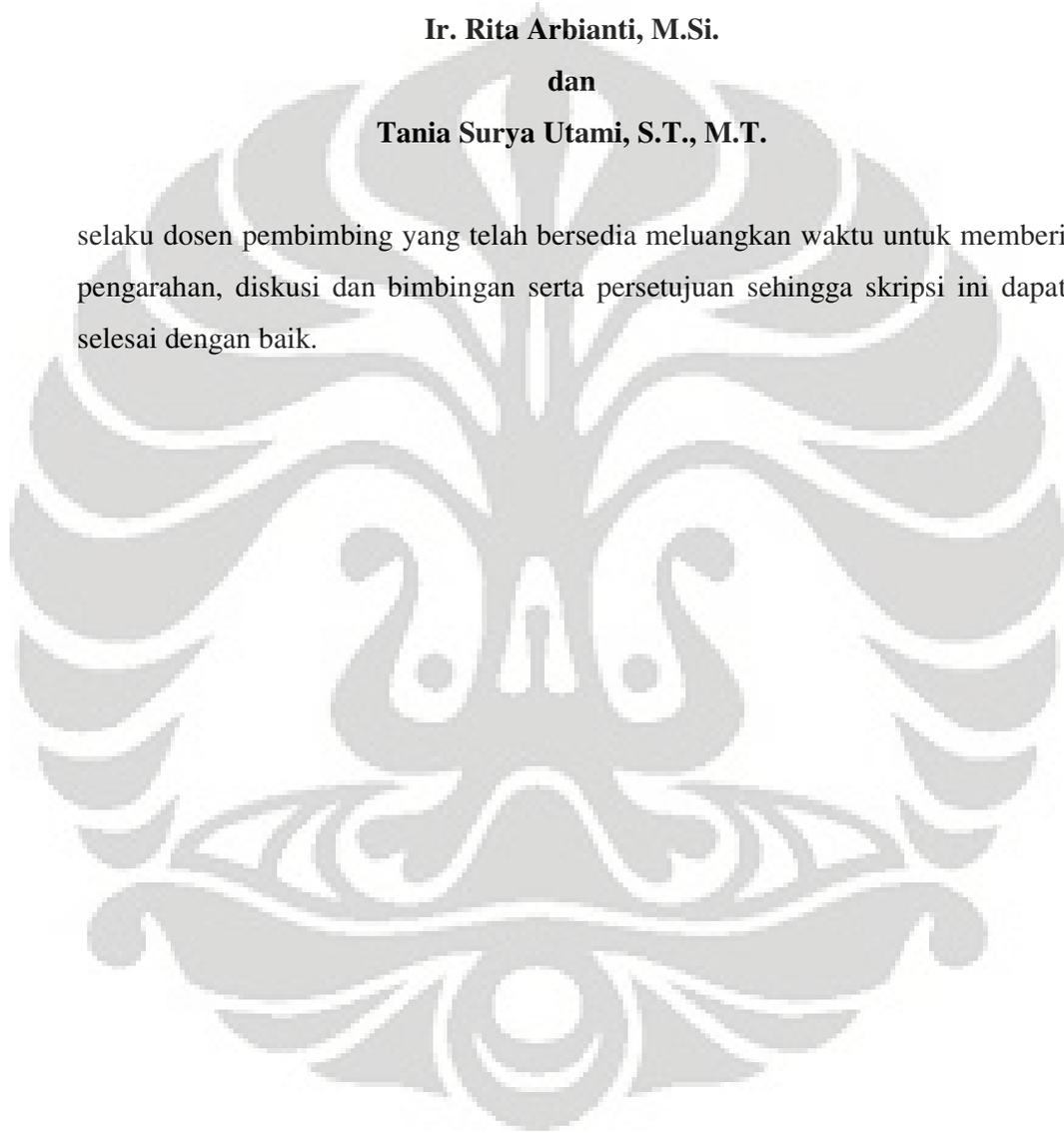
Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Ir. Rita Arbianti, M.Si.

dan

Tania Surya Utami, S.T., M.T.

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



Ira Setiawati
NPM 04 04 06 031 4
Departemen Teknik Kimia

Dosen Pembimbing
I. Ir. Rita Arbianti, M.Si.
II. Tania Surya Utami, ST., MT.

**ASAM PROPIONAT SEBAGAI *DISPLACING ACID*
PADA REAKSI HIDROLISIS MINYAK KELAPA SAWIT
DENGAN KATALIS ASAM SULFAT**

ABSTRAK

Laju pertumbuhan produksi minyak kelapa sawit yang tinggi, mendorong perlunya diversifikasi kelapa sawit menjadi produk lain yang bernilai ekonomi tinggi, dimana salah satunya adalah produk oleokimia seperti surfaktan. Surfaktan yang dibuat dari minyak nabati bersifat *biodegradable* sehingga tidak mencemari lingkungan. Selain itu, kesinambungan pengadaannya terjamin karena berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Sebagian besar produk oleokimia dihasilkan melalui asam lemak hasil reaksi hidrolisis, dimana reaksi tersebut merupakan tahapan awal dari proses produksi oleokimia berbasis minyak nabati. Keberhasilan reaksi ini akan mempengaruhi jumlah asam lemak yang dihasilkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh variable-variabel reaksi pada reaksi hidrolisis dan menentukan kondisi optimum reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis asam sulfat dan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* serta mengkaji pengaruh penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* dalam reaksi hidrolisis tersebut. Proses hidrolisis menggunakan minyak berbasis kelapa sawit dan asam sulfat sebagai katalis untuk menghasilkan asam lemak dan gliserol. Variabel yang divariasikan adalah waktu hidrolisis (60, 90, 120 dan 180 menit), rasio air dengan minyak (1:4, 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, dan 3:1 {gr air:gr minyak}), persen berat katalis asam sulfat (1%, 5%, 7,5%, 9,2%, 12,5% dan 15% {gr katalis/gr minyak}), dan suhu hidrolisis (85, 90, 95, 100, dan 108°C). Selanjutnya, menganalisis produk asam lemak yang dihasilkan untuk mengkaji pengaruh variabel-variabel tersebut terhadap derajat hidrolisis reaksi tersebut.

Derajat hidrolisis ditentukan dengan membagi bilangan asam dan bilangan saponifikasi produk asam lemak. Kedua bilangan tersebut ditentukan secara titrimetrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa derajat hidrolisis optimum diperoleh pada waktu hidrolisis 120 menit, rasio air dengan minyak 1:3, persen berat katalis asam sulfat 12,5% berat minyak, dan suhu hidrolisis 95°C. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa derajat hidrolisis dengan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* pada reaksi hidrolisis adalah lebih besar daripada reaksi hidrolisis tanpa penambahan asam propionat.

Kata kunci : Minyak Kelapa Sawit, Hidrolisis, *Displacing Acid*, Derajat Hidrolisis, Asam Lemak

Ira Setiawati
NPM 04 04 06 031 4
Chemical Engineering Department

Counselors
I. Ir. Rita Arbianti, M.Si.
II. Tania Surya Utami, ST., MT.

PROPIONIC ACID AS DISPLACING ACID IN THE HYDROLYSIS OF PALM OIL WITH SULFURIC ACID CATALYST

ABSTRACT

High growth rate of palm oil production has encouraged palm diversification to be other products with higher economic value, where one of them is oleo chemical product such as surfactant. Surfactant based on vegetable oil is biodegradable so that it won't soil our environment. Besides that, its continuity of provisioning is also ensured because it is a renewable resource. Most oleo chemical products are produced through fatty acid hydrolysis product, where hydrolysis reaction is a first step of the oleo chemical production process that based on vegetable oil. The success of the hydrolysis will influence amount of fatty acid product.

The aims of this research are to discuss the reaction variables effect in the hydrolysis and to determine the optimum condition of palm oil hydrolysis with sulfuric acid catalyst and addition of propionic acid as displacing acid and also to discuss the addition effect of propionic acid as displacing acid in the hydrolysis. The hydrolysis process use oil based on palm oil and sulfuric acid as catalyst to produce fatty acid and glycerol. Variable is varied are hydrolysis time (60, 90, 120, and 180 minutes), ratio between water and oil (1:4, 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, and 3:1 {wt water : wt oil}), percent weight of sulfuric acid catalyst (1%, 5%, 7,5%, 9,2%, 12,5%, and 15% {wt catalyst/wt oil}), and hydrolysis temperature (85, 90, 95, 100, and 108°C). After that, analyze fatty acid product to discuss the reaction variables effect to degree of hydrolysis.

Degree of hydrolysis is calculated by the ratio of acid value and saponification value of fatty acid product. Both of them are calculated by titrimetric method. Result of research indicate that the optimum degree of hydrolysis is obtained on hydrolysis time of 120 minutes, ratio between water and oil of 1:3, percent weight of sulfuric acid catalyst of 12,5% wt oil, and temperature hydrolysis of 95°C. Result of research is also obtained that degree of hydrolysis with addition of propionic acid as displacing acid in the hydrolysis is higher than degree of hydrolysis without addition of displacing acid.

Keywords : Palm oil, Hydrolysis, Displacing Acid, Degree of Hydrolysis, Fatty acid

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	Error! Bookmark no
ABSTRACT	Error! Bookmark no
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	4
1.4 BATASAN MASALAH	4
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 MINYAK KELAPA SAWIT	6
2.1.1 Trigliserida pada Minyak Kelapa Sawit	7
2.1.2 Non Trigliserida pada Minyak Kelapa Sawit	8
2.2 ASAM LEMAK	9
2.2.1 Karakteristik Asam Lemak	10
2.2.2 Aturan Penamaan Asam Lemak	12
2.2.3 Asam Lemak pada Produk Oleokimia	12
2.3 HIDROLISIS	13
2.3.1 Hidrolisis Minyak Kelapa Sawit	15
2.3.2 Displacing Acid pada Reaksi Hidrolisis	18
2.3.3 Derajat Hidrolisis	19

2.4 ANALISIS TITRIMETRIK	19
2.4.1. Titrasi Asam Basa Aqueous	21
2.4.2. Titrasi Asam Basa Non-Aqueous	22
2.5 GC/MS (GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTOMETRY)	22
2.5.1 Kromatografi Gas	23
2.5.2 Spektrometri Massa	25
2.5.3 Analisis Kualitatif	25
2.5.4 Analisis Kuantitatif	26
2.5.5 Spesifikasi GC/MS	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 RANCANGAN PENELITIAN	28
3.2 ALAT DAN BAHAN	30
3.3 PROSEDUR PENELITIAN	31
3.3.1 Penentuan Sifat Kimia Minyak Goreng Kelapa Sawit	31
3.3.2 Reaksi Hidrolisis Minyak Kelapa Sawit	33
3.3.3 Analisis Produk Asam Lemak	34
3.3.4 Pengolahan Data	35
3.4 LOKASI PENELITIAN	36
3.5 GAMBAR ALAT PENELITIAN	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 PENENTUAN SIFAT FISIK MINYAK KELAPA SAWIT	37
4.2 REAKSI HIDROLISIS MINYAK KELAPA SAWIT	38
4.2.1 Pengaruh Variasi Waktu Hidrolisis	39
4.2.2 Pengaruh Variasi Rasio Air dengan Minyak	41
4.2.3 Pengaruh Variasi Porsen Berat Katalis	43
4.2.4 Pengaruh Variasi Suhu Hidrolisis	45
4.2.5 Pengaruh Penambahan Asam Propionat sebagai Displacing Acid	47
BAB V KESIMPULAN	51
DAFTAR ACUAN	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur molekul trigliserida	7
Gambar 2.2 Mekanisme reaksi hidrolisis dengan katalis asam	14
Gambar 2.3 Mekanisme serangan nukleofil dalam reaksi hidrolisis	14
Gambar 2.4 Mekanisme reaksi hidrolisis ester dengan katalis asam	14
Gambar 2.5 Mekanisme reaksi hidrolisis trigliserida	15
Gambar 2.6 Mekanisme reaksi <i>acidolysis</i>	19
Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian	29
Gambar 3.2 Rangkaian alat pada reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit	36
Gambar 4.1 Pengaruh waktu reaksi terhadap derajat hidrolisis	39
Gambar 4.2 Pengaruh rasio air dengan minyak terhadap derajat hidrolisis	42
Gambar 4.3 Pengaruh persen berat katalis H ₂ SO ₄ terhadap derajat hidrolisis	44
Gambar 4.4 Pengaruh suhu reaksi terhadap derajat hidrolisis	46
Gambar 4.5 Pengaruh penambahan asam propionat sebagai <i>displacing acid</i>	48
Gambar 4.6 Hasil analisis GC/MS terhadap produk asam lemak hasil reaksi	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Trigliserida dalam Minyak Kelapa Sawit	7
Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Kelapa Sawit	8
Tabel 2.3 Komposisi Senyawa yang Tak Tersabunkan dalam Minyak Sawit	9
Tabel 2.4 Asam Lemak Bebas dan Sifat Fisiknya	11
Tabel 2.5 Spesifikasi Alat GC/MS tipe Ultra Alloy 1 (MS/HT) Capillary Column	27
Tabel 3.1 Peralatan yang Digunakan dalam Penelitian	30
Tabel 3.2 Bahan-bahan yang Digunakan dalam Penelitian	31
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat dan Kondisi Operasi GC/MS Puslabfor	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Derajat Hidrolisis	54
Lampiran 2. Kromatogram GC/MS Sampel Asam Lemak	55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan masyarakat terhadap minyak sawit mentah dan turunannya semakin meningkat dalam dua dekade terakhir, sehingga menggeser kedudukan minyak nabati lain seperti minyak kedelai. Laju pertumbuhan produksi kelapa sawit dunia hingga tahun 2005 mencapai 8,44 persen per tahun. Permintaan dunia terhadap produk tersebut diproyeksikan akan meningkat dua kali lipat pada tahun 2020. Indonesia sendiri memiliki 5,6 juta hektar lahan kebun sawit dari 11 juta hektar kebun sawit dunia [1]. Peningkatan produksi kelapa sawit tersebut akan berdampak positif terhadap pendapatan negara ataupun besarnya tenaga kerja yang terserap di sektor tersebut. Hal ini akan tercapai jika peningkatan tersebut disertai dengan upaya peningkatan nilai ekonomis kelapa sawit yaitu dengan peningkatan daya guna yang menghasilkan produk bernilai ekonomi tinggi.

Produk pengolahan minyak kelapa sawit di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis masih terbatas pada produk pangan seperti minyak goreng dan produk oleokimia seperti asam lemak, *fatty alcohol*, *metallic soap*, asam stearat, metil ester, dan stearin. Konsumsi minyak kelapa sawit domestik hingga saat ini diperkirakan sekitar 50-60% dari total produksi. Sebagian besar penggunaannya adalah untuk produk pangan yaitu sebesar 80-85%, sedangkan untuk produk oleokimia relatif masih kecil yaitu 15-20% [2]. Berdasarkan *Oil World and Reuter* (2000), industri oleokimia dasar di Indonesia baru mampu menyumbangkan produksi sebesar 3,6% dari produksi oleokimia dunia [3]. Padahal, produk oleokimia tersebut memiliki nilai tambah yang cukup besar dibandingkan dengan produk pengolahan minyak kelapa sawit lainnya, yaitu berkisar 20-600% dari nilai mentahnya [4]. Sehingga, diperlukan upaya diversifikasi minyak kelapa sawit yang lebih beragam untuk meningkatkan nilai ekonomisnya.

Salah satu produk oleokimia yang bernilai ekonomi tinggi adalah surfaktan yang digunakan dalam produk deterjen maupun produk kosmetika. Penggunaan bahan baku dalam produksi surfaktan saat ini cenderung berubah yaitu dari minyak bumi (petrokimia) menjadi minyak nabati. Kelebihan surfaktan yang terbuat dari bahan baku minyak nabati bersifat mudah terurai secara biologi (*biodegradable*) sehingga lebih aman untuk dikonsumsi dan aman untuk lingkungan. Selain itu, kesinambungan pengadaannya lebih terjamin karena minyak nabati merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui [5].

Minyak nabati yang sering digunakan sebagai bahan baku produk oleokimia adalah minyak kelapa sawit karena memiliki distribusi rantai karbon yang sesuai untuk berbagai jenis produk yang akan dihasilkan, sehingga dapat menghasilkan produk yang cukup memuaskan [5]. Komponen penyusun utama dari minyak kelapa sawit yaitu trigliserida. Trigliserida tersebut jika dihidrolisis akan menghasilkan 3 molekul asam lemak rantai panjang dan 1 molekul gliserol [6]. Secara umum, sebagian besar produk oleokimia dihasilkan melalui asam lemak atau asam lemak metil ester hasil reaksi hidrolisis [5].

Reaksi hidrolisis minyak nabati telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Anozie dan Dzobo (2006) melaporkan mengenai kinetika reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis asam sulfat 10% volum air dan penambahan surfaktan (*linear alkyl benzene sulfonate*) sebesar 0,5% berat minyak. Reaksi dilakukan melalui proses dua tahap dengan air sebanyak 25% berat minyak. Fraksi konversi yang diperoleh mencapai 0,96 dalam waktu 6 jam dengan total waktu reaksi selama 12 jam pada suhu 100°C [7]. Khairat dan Herman (2003) juga melaporkan mengenai kinetika reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalisator asam klorida 0,5 mg ek/g minyak. Konversi yang diperoleh dari hasil reaksi selama 4 jam pada suhu reaksi 140°C adalah mencapai 51,24% [8]. Selain itu, Logan, *et al.* (1978) melaporkan mengenai reaksi hidrolisis trigliserida dengan air 10-100% berat trigliserida untuk menghasilkan asam karboksilat dengan bantuan katalis asam sulfat 2-20% berat trigliserida dan penambahan katalis *displacing acid* 50-500% berat trigliserida. Dengan proses *batch* pada suhu sekitar 50-180°C, dihasilkan *yield* dengan lebih dari 75%

konversi dalam waktu reaksi kurang dari 1 jam dan lebih dari 90% konversi dalam waktu kurang dari 4 jam reaksi [9].

Pada tahap pra-penelitian ini, telah dilakukan reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan penambahan surfaktan dan etanol sebagai katalis. Pada kondisi reaksi hidrolisis yang hampir sama, diketahui bahwa produk asam lemak yang dihasilkan dengan penambahan *displacing acid* memiliki kandungan asam lemak bebas yang lebih besar dibandingkan dengan asam lemak yang dihasilkan dengan penambahan surfaktan ataupun etanol. Oleh karena itu, penambahan *displacing acid* menjadi variabel yang diamati dalam penelitian ini.

Selain penambahan *displacing acid*, kondisi reaksi hidrolisis juga memegang peranan penting dalam pembuatan asam lemak karena reaksi ini merupakan tahapan awal. Beberapa variabel reaksi hidrolisis yang mempengaruhi dalam penelitian ini diantaranya ialah waktu reaksi, rasio reaktan, persen berat katalis, dan suhu reaksi. Kondisi operasi reaksi hidrolisis tersebut akan menentukan kuantitas dan kualitas asam lemak yang dihasilkan, yang selanjutnya akan menentukan pula kualitas produk oleokimia berbasis minyak kelapa sawit.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dikaji dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variabel-variabel reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis asam sulfat dan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* terhadap derajat hidrolisis reaksi tersebut.
2. Bilamana kondisi optimum reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis asam sulfat dan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* untuk menghasilkan produk asam lemak.
3. Bagaimana pengaruh penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* pada reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis asam sulfat terhadap derajat hidrolisis reaksi tersebut.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengkaji pengaruh variabel-variabel reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis asam sulfat dan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* terhadap derajat hidrolisis reaksi tersebut.
2. Menentukan kondisi optimum reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis asam sulfat dan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* untuk menghasilkan produk asam lemak.
3. Mengkaji pengaruh penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* pada reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan menggunakan katalis asam sulfat terhadap derajat hidrolisis reaksi tersebut.

1.4 BATASAN MASALAH

Penelitian yang dilakukan memiliki batasan masalah sebagai berikut:

1. Proses hidrolisis pada penelitian ini menggunakan minyak goreng berbasis kelapa sawit sebagai reaktan dan asam sulfat sebagai katalis.
2. Variabel-variabel reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit yang dianalisis adalah waktu reaksi hidrolisis, rasio air dengan minyak, persen berat katalis asam sulfat, dan suhu reaksi hidrolisis.
3. *Displacing acid* yang digunakan dalam reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit tersebut adalah asam propionat.
4. Derajat hidrolisis dihitung dengan membagi nilai bilangan asam (*acid value*) dengan bilangan penyabunan (*saponification value*) produk asam lemak yang diperoleh dari reaksi hidrolisis tersebut.
5. Nilai bilangan asam dan bilangan penyabunan diperoleh melalui metode titrimetrik.
6. Analisis produk asam lemak dilakukan dengan menggunakan metode GC/MS (*Gas Chromatography/Mass Spectrometry*).

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dalam skripsi ini dilakukan dengan membagi tulisan menjadi lima bab, yaitu:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan berbagai informasi yang didapatkan dari berbagai pustaka mengenai minyak kelapa sawit, asam lemak, reaksi hidrolisis, *displacing acid*, derajat hidrolisis, dan GC/MS (*Gas Chromatography/Mass Spectrometry*).

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri atas rancangan penelitian, alat dan bahan, dan prosedur penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas hasil penelitian dan analisis terhadap hasil penelitian tersebut.

BAB V : KESIMPULAN

Bab ini terdiri atas kesimpulan dari hasil penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MINYAK KELAPA SAWIT

Minyak kelapa sawit diperoleh dari pengolahan buah kelapa sawit spesies *Arecaceae* atau famili *palma* yang digunakan untuk pertanian komersil. Spesies tersebut yaitu pohon kelapa sawit Afrika, *Elaeis guineensis*, berasal dari Afrika barat di antara Angola dan Gambia, sedangkan pohon kelapa sawit Amerika, *Elaeis oleifera*, berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan [10]. Secara garis besar, buah kelapa sawit terdiri dari 80% serabut buah (*pericarp*) dan 20% inti (*kernel*) [11]. Serabut buah kelapa sawit terdiri dari tiga lapis yaitu:

- a. *Pericarp*, bagian kulit buah berwarna kemerahan dan licin
- b. *Mesocarp*, bagian serabut buah (lapisan sebelah dalam)
- c. *Endocarp*, bagian cangkang pelindung inti (lapisan paling dalam)

Sedangkan, inti kelapa sawit terdiri dari *endosperm* dan embrio dengan kandungan minyak inti berkualitas tinggi.

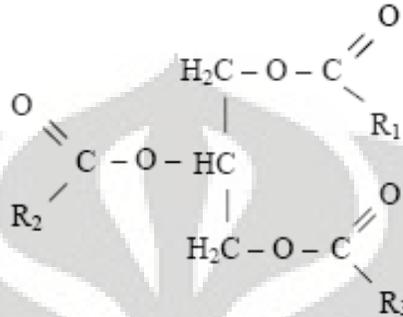
Kadar minyak dalam *pericarp* sekitar 34-40% [11], *mesocarp* mengandung kadar minyak rata-rata sebanyak 56%, dan inti (*kernel*) mengandung minyak sebesar 44%, sementara *endocarp* tidak mengandung minyak [12]. Kandungan minyak bertambah sesuai kematangan buah. Setelah melewati fase matang, kandungan asam lemak bebas (*free fatty acid*, FFA) akan meningkat dan buah akan rontok dengan sendirinya [13].

Minyak kelapa sawit dapat dihasilkan dari inti kelapa sawit yang dinamakan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) dan sebagai hasil samping ialah bungkil inti kelapa sawit (*palm kernel meal* atau *pellet*) [11].

Minyak kelapa sawit seperti umumnya minyak nabati lainnya merupakan senyawa yang tidak larut dalam air. Komponen penyusun utamanya adalah trigliserida dan non trigliserida [12].

2.1.1 Triglicerida pada Minyak Kelapa Sawit

Seperti halnya lemak dan minyak lainnya, minyak kelapa sawit terdiri atas triglicerida campuran yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Struktur molekul triglicerida ditunjukkan pada Gambar 2.1 [6].



Gambar 2.1 Struktur molekul triglicerida

Bila ketiga asam lemak penyusun triglicerida adalah sama atau $R_1 = R_2 = R_3$, maka triglicerida ini disebut triglicerida sederhana. Sedangkan apabila salah satu atau lebih asam lemak penyusunnya tidak sama maka disebut triglicerida campuran. Komposisi triglicerida dalam minyak kelapa sawit dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Triglicerida dalam Minyak Kelapa Sawit

Triglicerida	Jumlah (%)
Tripalmitin	3 - 5
Dipalmito - Stearin	1 - 3
Oleo - Miristopalmitin	0 - 5
Oleo - Dipalmitin	21 - 43
Oleo - Palmitostearin	10 - 11
Palmito - Diolein	32 - 48
Stearo - Diolein	0 - 6
Linoleo - Diolein	3 - 12

Sumber: S. Ketaren, 1986

Karakteristik asam lemak yang terkandung dalam minyak kelapa sawit dan minyak inti sawit menunjukkan perbedaan. Asam lemak yang paling banyak

terkandung dalam minyak kelapa sawit adalah asam lemak dengan rantai karbon panjang, yaitu C₁₆-C₁₈ (atom karbon 16-18). Sedangkan asam lemak terbanyak dalam minyak inti sawit adalah asam lemak dengan rantai karbon C₁₂-C₁₄. Komposisi asam lemak pada minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Kelapa Sawit

Jenis asam lemak	Persen komposisi
Asam laurat (C12:0)	0-0,4
Asam meristat (C14:0)	0,6-1,7
Asam palmitat (C16:0)	41,1-47,0
Asam stearat (C18:0)	3,7-5,6
Asam oleat (C18:1)	38,2-43,6
Asam linoleat (C18:2)	6,6-11,9
Asam linolenat (C18:3)	0-0,6

Sumber: Choo Yuen May, 2004.

Pada suhu ruang, asam lemak berada pada fase padat. Sebaliknya, semakin tidak jenuh asam lemak dalam molekul trigliserida maka semakin rendah titik cair minyak tersebut. Sehingga pada suhu ruang, berada pada fase cair. Jadi, minyak kelapa sawit adalah lemak semi padat yang mempunyai komposisi yang tetap.

2.1.2 Non Trigliserida pada Minyak Kelapa Sawit

Selain trigliserida, senyawa non trigliserida pada minyak kelapa sawit berada dalam jumlah kecil. Senyawa ini antara lain ialah monogliserida, digliserida, fosfatida, karbohidrat, turunan karbonidrat, protein, beberapa bahan berlendir atau getah (*gum*) serta zat-zat berwarna yang memberikan warna serta rasa dan bau yang tidak diinginkan [12].

Dalam proses pemurnian dengan penambahan alkali (biasanya disebut dengan proses penyabunan) beberapa senyawa non trigliserida ini dapat dihilangkan, kecuali beberapa senyawa yang disebut dengan senyawa yang tak tersabunkan seperti tercantum dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Senyawa yang Tak Tersabunkan dalam Minyak Sawit

Senyawa	Persen	PPM
Karotenoida		
α - Karotenoida	36,2	500 – 700
β - Karotenoida	54,4	
γ - Karotenoida	3,3	
Likopene	3,8	
Xantophyl	2,2	
Tokoperol		
α - tokoperol	35	500 – 800
γ - tokoperol	35	
δ - tokoperol	10	
$\Sigma + \mathfrak{H} +$ tokoperol	20	
Sterol		
Kolesterol	4	mendekati 300
Kompesterol	21	
Stigmasterol	21	
β - sitosterol	63	
Phospatida	80	
Alkohol total	26	
Triterpenik alkohol		mendekati 800
Alifatik alkohol		

Sumber: Nurhida Pasaribu, 2004

2.2 ASAM LEMAK

Asam lemak, bersama-sama dengan gliserol, merupakan penyusun utama minyak nabati atau lemak dan merupakan bahan baku untuk semua lipida pada makhluk hidup. Secara alami, asam lemak bisa berbentuk bebas karena lemak yang terhidrolisis maupun terikat sebagai gliserida. Kebanyakan lemak dan

minyak yang terdapat dalam alam merupakan trigliserida campuran, artinya ketiga bagian asam lemak dari gliserida itu tidak sama.

2.2.1 Karakteristik Asam Lemak

Asam lemak merupakan asam karboksilat yang diperoleh dari hidrolisis suatu lemak atau minyak. Asam lemak tersebut umumnya mempunyai rantai hidrokarbon panjang dan tidak bercabang. Hampir semua asam lemak yang terdapat di alam mempunyai jumlah atom karbon yang genap dari C_2 sampai C_{30} karena asam ini dibiosintesis dari gugus asetil berkarbon dua dalam asetil-koenzim A [14].

Berdasarkan atom karbon penyusunnya, asam lemak dibedakan menjadi asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh hanya memiliki ikatan tunggal di antara atom-atom karbon penyusunnya, sedangkan asam lemak tak jenuh memiliki paling sedikit satu ikatan ganda di antara atom-atom karbon penyusunnya, contohnya adalah asam oleat yang tersebar paling merata di alam. Sementara, asam-asam lemak dengan lebih dari satu ikatan rangkap adalah tidak lazim, terutama dalam minyak nabati. Minyak ini disebut *polyunsaturateds* [14].

Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil atau tidak mudah bereaksi dibandingkan asam lemak tak jenuh. Istilah 'jenuh' merupakan kata ganti untuk hidrogen, dimana masing-masing karbon berikatan dengan hidrogen yang dapat berikatan dengannya sebanyak mungkin. Ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen atau mudah teroksidasi. Oleh karena itu, dikenal istilah bilangan oksidasi bagi asam lemak [15].

Konfigurasi di sekitar ikatan rangkap apa saja dalam asam lemak alamiah adalah *cis* yaitu suatu konfigurasi yang menyebabkan titik leleh minyak itu rendah. Asam lemak jenuh membentuk rantai zig-zag yang dapat cocok satu sama lain secara mampat, sehingga gaya tarik van der Waals-nya tinggi. Oleh karena itu, lemak-lemak jenuh itu bersifat padat. Jika beberapa ikatan rangkap *cis* terdapat dalam rantai, molekul itu tak dapat membentuk kisi yang rapi dan mampat, namun cenderung untuk melingkar. Oleh karena itu, trigliserida tak jenuh ganda cenderung berbentuk minyak [14].

Keberadaan ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh menjadikannya memiliki dua bentuk: *cis* dan *trans*. Semua asam lemak nabati alami hanya

memiliki bentuk *cis* (dilambangkan dengan "Z", singkatan dari bahasa Jerman *zusammen*). Asam lemak bentuk *trans* (dilambangkan dengan "E", singkatan dari bahasa Jerman *entgegen*) hanya diproduksi oleh sisa metabolisme hewan atau dibuat secara sintesis yaitu oleh panas hidrogenasi ataupun karena katalis. Akibat polarisasi atom H, asam lemak *cis* memiliki rantai yang melengkung. Asam lemak *trans* karena atom H-nya berseberangan tidak mengalami efek polarisasi yang kuat dan rantainya tetap relatif lurus. Asam lemak tersebut sering disebut dengan *trans fatty acid* [15].

Asam lemak merupakan asam lemah yang terdisosiasi sebagian di dalam air. Umumnya berfase cair atau padat pada suhu ruang (27°C). Semakin panjang rantai C penyusunnya, semakin mudah membeku dan juga semakin sukar larut. Asam lemak dengan atom C lebih dari 12 tidak larut dalam air dingin maupun panas. Asam lemak dari C₄, C₆, C₈ dan C₁₀ dapat menguap, dan asam lemak C₁₄ sedikit menguap. Garam-garam dari asam lemak dengan berat molekul rendah dan tak jenuh lebih mudah larut dalam alkohol dibandingkan garam-garam dari asam lemak dengan berat molekul tinggi dan ikatan jenuh. Tabel 2.4 berikut ini menunjukkan beberapa asam lemak dan sifat fisiknya.

Tabel 2.4 Asam Lemak Bebas dan Sifat Fisiknya

Nama IUPAC	Nama Komersil	Rumus Molekul	Berat Molekul	Titik Leleh(°C)	Titik Didih(°C)
Dekanoat	As. Kaprat	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172.27	31.3	270
Dodekanoat	As. Laurat	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	186.28	44.0	298
Tetradekanoat	As. Miristat	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	228.38	54.4	191.4
Hexadekanoat	As. Palmitat	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	256.43	62.9	210.6
Heptadekanoat	As. Margarat	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270.46	61.3	219.7
Oktadekanoat	As. Stearat	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	284.49	69.6	228.7
(Z)-9-oktadekanoat	As. Oleat	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	282.47	13.4	223
(Z,Z)-9,12-oktadekadienoat	As. Linoleat	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	280.45	-5	224
(Z,Z,Z)-9,12,15-oktadekatrienoat	As. Linolenat	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	278.44	-11	245

Sumber: U. Luthfiana, 2005

2.2.2 Aturan Penamaan Asam Lemak

Beberapa aturan penamaan dan simbol telah dibuat untuk menunjukkan karakteristik suatu asam lemak. Nama sistematis dibuat untuk menunjukkan banyaknya atom C yang menyusunnya. Angka di depan nama menunjukkan posisi ikatan ganda setelah atom pada posisi tersebut. Contoh: asam 9-dekanoat, adalah asam dengan 10 atom C dan satu ikatan ganda setelah atom C ke-9 dari pangkal (gugus karboksil). Nama lebih lengkap diberikan dengan memberi tanda delta (Δ) di depan bilangan posisi ikatan ganda. Contoh: asam Δ 9-dekanoat [15].

Deskripsi untuk sebuah molekul asam lemak dapat dinyatakan dengan jumlah atom karbon dan ikatan rangkap yang dimilikinya. Simbol C diikuti angka menunjukkan banyaknya atom C yang menyusunnya. Angka di belakang titik dua menunjukkan banyaknya ikatan ganda di antara rantai C. Contoh: C18:1, berarti asam lemak berantai C sebanyak 18 dengan satu ikatan ganda. Masing-masing ikatan rangkap dapat berupa konformasi *cis*- maupun *trans*- dan berada pada posisi yang berbeda dilihat dari karbon terminalnya. Oleh karena itu, tidak semua C18:1, misalnya, bersifat identik. Sedangkan lambang omega (ω) menunjukkan posisi ikatan ganda dihitung dari ujung (atom C gugus metil) [15].

2.2.3 Asam Lemak pada Produk Oleokimia

Asam lemak merupakan salah satu *building blocks* utama selain *fatty methyl ester* dan *fatty alcohol* dalam proses produksi oleokimia, khususnya surfaktan berbahan baku minyak nabati. Ketiga senyawa tersebut secara umum digunakan sebagai sumber hidrofobik dalam proses produksi surfaktan [16].

Asam lemak digunakan sebagai salah satu bahan baku utama hidrofobik surfaktan karena asam lemak dapat disintesis dari minyak maupun lemak alami, dimana kesinambungan penyediaan dan pengadaannya lebih terjamin dibandingkan dengan bahan petrokimia. Selain itu, asam lemak memiliki karakteristik rantai karbon yang sesuai dengan jenis surfaktan yang akan dihasilkan. Beberapa karakteristik yang memenuhi kriteria tersebut diantaranya ialah rantai utama asam lemak merupakan rantai karbon lurus dengan jumlah atom karbon sebanyak 8-22 buah, ketidakhajutan dalam rantai karbon merupakan konformasi *cis*- dimana ketidakhajutan tersebut pada umumnya tidak ditemui di

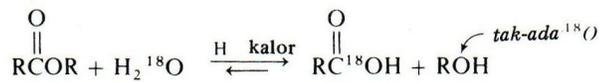
salah satu ujung rantai karbon dan muncul di atom karbon C_{16} atau rantai karbon yang lebih panjang. Karakteristik tersebut berperan dalam menghasilkan produk surfaktan yang lebih baik. Rantai karbon lurus dalam asam lemak memungkinkan surfaktan tersebut bersifat *biodegradable*. Selain itu, panjang rantai karbon dan letak grup reaktif yang dimiliki oleh asam lemak akan memberikan performa surfaktan yang lebih tinggi [16].

Asam lemak pada umumnya digunakan pada surfaktan dengan nilai tambah yang jauh lebih tinggi. Di Eropa, asam lemak memiliki presentase volum sekitar 13% dengan presentase nilai sebesar 17% jika dibandingkan dengan bahan baku hidrofobik lainnya. Dengan persentase volum yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan hidrofobik surfaktan lainnya, asam lemak memiliki presentase nilai yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena asam lemak sebagian besar digunakan dalam surfaktan amphoteric dan kationik, dimana jenis surfaktan tersebut memiliki nilai tambah yang jauh lebih besar dibandingkan dengan surfaktan jenis anionik dan nonionik surfaktan [16].

2.3 HIDROLISIS

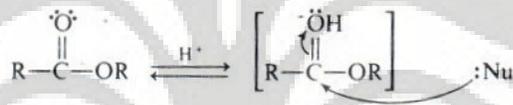
Hidrolisis adalah suatu proses transformasi dimana satu molekul organik, bereaksi dengan air, membentuk suatu ikatan karbon-oksigen (atom oksigen dari molekul air). Reaksi hidrolisis merupakan reaksi kebalikan dari reaksi esterifikasi.

Reaksi esterifikasi asam karboksilat dengan suatu alkohol merupakan reaksi reversibel, dimana hasil yang diperoleh tergantung pada kondisi yang dipilih. Jika asam karboksilat diesterkan, maka digunakan alkohol berlebih. Sedangkan, untuk membuat reaksi kebalikannya, yaitu hidrolisis berkataliskan asam dari ester menjadi asam karboksilat, digunakan air berlebih dengan sedikit larutan HCl atau H_2SO_4 . Kelebihan air tersebut akan menggeser kesetimbangan ke arah sisi asam karboksilat. Jika air yang digunakan diberi oksigen bertanda yaitu oksigen-18 dalam reaksi hidrolisis itu, maka oksigen bertanda ini akan berada dalam asam karboksilat. Hal ini disebabkan oleh air menyerang gugus karbonil, dimana ikatan RO tidak putus dalam reaksi hidrolisis tersebut, seperti dijelaskan oleh Gambar 2.2 [17].



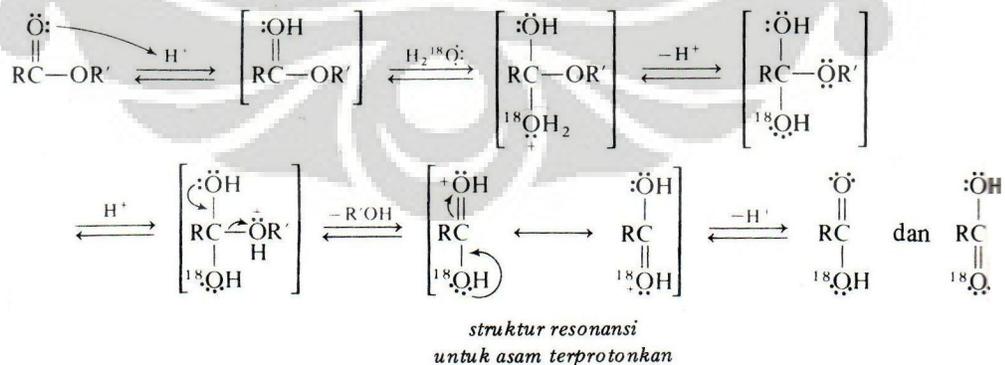
Gambar 2.2 Mekanisme reaksi hidrolisis dengan katalis asam

Reaksi hidrolisis dapat berlangsung dengan menggunakan katalis asam, basa, maupun dengan enzim lipase. Reaksi hidrolisis berkatalis asam merupakan reaksi yang umum digunakan untuk menghasilkan asam karboksilat. Jika menggunakan katalis basa, akan terjadi reaksi samping yaitu pembentukan sabun. Sedangkan reaksi hidrolisis dengan enzim lipase membutuhkan biaya yang mahal. Dalam larutan asam, oksigen karbonil dari suatu ester dapat diprotonkan. Kemudian karbon yang bermuatan positif parsial, dapat diserang oleh nukleofil lemah seperti air. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.3 [17]



Gambar 2.3 Mekanisme serangan nukleofil dalam reaksi hidrolisis berkatalis asam

Mekanisme hidrolisis ester dengan katalis asam terdiri dari beberapa tahap resonansi untuk asam terprotonkan. Tahap pertama dari mekanisme tersebut adalah protonasi yang diikuti dengan adisi H_2O , kemudian eliminasi $\text{R}'\text{OH}$ dan akhirnya disusul dengan deprotonasi. Mekanisme sederhananya ditunjukkan oleh Gambar 2.4 [17].

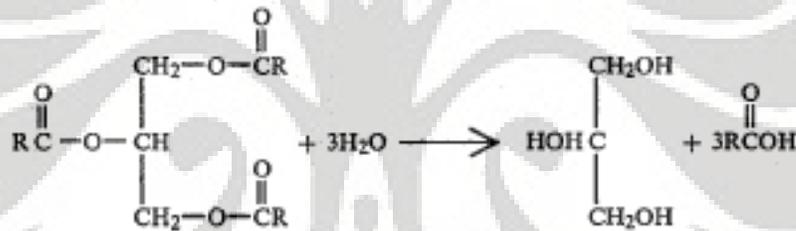


Gambar 2.4 Mekanisme reaksi hidrolisis ester dengan katalis asam

2.3.1 Hidrolisis Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit merupakan bahan baku yang sangat potensial dalam pembuatan asam lemak pada proses produksi surfaktan berbasis minyak nabati selain minyak kelapa dan minyak inti sawit. Hal ini disebabkan ketiga jenis minyak tersebut memiliki bilangan iod kurang dari 100 dan distribusi jumlah atom karbon pada masing-masing minyak menyebar mulai C₆ sampai C₂₀. Bilangan iod yang relatif kecil dapat mencegah terbentuknya senyawa polimer yang tidak diinginkan selama proses hidrolisis. Jika terjadi pembentukan polimer dalam proses hidrolisis, efektivitas perpindahan panas selama proses hidrolisis akan berkurang, sehingga menyebabkan reaksi berlangsung tidak efektif dan menjadi tidak ekonomis [18].

Reaksi hidrolisis pada minyak kelapa sawit sama halnya seperti reaksi hidrolisis umum pada trigliserida yang ditunjukkan oleh Gambar 2.3 [9]:



Gambar 2.5 Mekanisme reaksi hidrolisis trigliserida

Proses hidrolisis trigliserida untuk menghasilkan asam lemak dan gliserin pada industri skala besar, dilakukan pada kondisi tekanan dan temperatur tinggi misalnya, 700 psi dan 250°C. Namun, proses tersebut memerlukan alat yang sangat mahal. Proses hidrolisis trigliserida juga dapat dilakukan melalui proses Twitchell. Proses ini melibatkan reaksi trigliserida dengan air dan asam *petroleum-alkyl benzene sulfonic* dengan *steam* selama 36-48 jam. Proses Twitchell juga kurang menguntungkan karena mengakibatkan perubahan warna produk, memerlukan waktu reaksi yang sangat lama, serta mengkonsumsi *steam* yang sangat banyak.

Beberapa penelitian mengenai proses hidrolisis selain kedua proses tersebut di atas telah banyak dilakukan. Meade *et al.* (1962) melaporkan mengenai reaksi trigliserida dalam asam asetat dengan menggunakan katalis asam kuat serta

penambahan sejumlah air untuk menghasilkan asam karboksilat dan triacetin. Reaksi tersebut serupa dengan konversi trigliserida menjadi asam melalui reaksi *acidolysis* dimana asam karboksilat pertama direaksikan dengan ester gliserida dari asam karboksilat kedua, sehingga asam karboksilat kedua dapat dipindahkan dari gliserida ester oleh asam karboksilat pertama. Dibawah kondisi optimum Meade et al, 2 jam reaksi menghasilkan produk asam karboksilat 65% *yield*, 4 jam reaksi menghasilkan 75% *yield*, 8 jam reaksi menghasilkan 85% *yield*, dan 24 jam reaksi menghasilkan 90% *yield*. Asam lemak kasar yang dihasilkan melalui proses *acidolysis* tersebut mengandung *diacetomono-glycerides*, *acetodiglycerides*, dan *acetoxyacids* jika menggunakan bahan baku minyak atau lemak tak jenuh [19].

Selain itu, Logan *et al.* (1978) juga melaporkan mengenai reaksi hidrolisis untuk menghasilkan asam karboksilat dan gliserin. Reaksi tersebut melibatkan reaksi hidrolisis trigliserida dengan air serta kehadiran katalis *displacing acid* dan katalis asam kuat. Reaksi tersebut berlangsung pada tekanan dan temperatur menengah, yaitu pada temperatur 50-180°C serta pada tekanan atmosferik hingga 125 psig, baik secara *batch* (satu tahap atau multistap) maupun kontinyu.

Dari penelitiannya, Logan *et al.* melaporkan bahwa secara keseluruhan reaksi hidrolisis tersebut berlangsung melalui dua tahap reaksi. Tahap pertama melibatkan reaksi trigliserida dengan *displacing acid* dan terkadang dengan air untuk membentuk air yang terlarut dalam gliserida dan mungkin sejumlah gliserin, serta untuk menghasilkan asam karboksilat. Reaksi tahap ini menggunakan katalis asam kuat, dimana aktivitas katalis tersebut dipromotori oleh kehadiran air. Hal yang penting dalam tahapan tersebut ialah menghasilkan gliserida dengan kelarutan air yang semakin tinggi jika dibandingkan dengan trigliserida aslinya. Selain itu, juga turut berperan untuk mengekstraksi sebagian gliserida ke dalam fase air. Kedua hal ini akan memberikan efek berupa pemindahan produk gliserida dari hasil reaksi tahap pertama sehingga menghasilkan kelarutan trigliserida yang lebih tinggi, yang pada akhirnya akan meningkatkan laju reaksi. Di samping itu, hal tersebut juga akan menghasilkan lingkungan dimana air terlarut dalam gliserida, sehingga akan memudahkan reaksi tahap selanjutnya serta dapat meningkatkan laju konversi ke arah produk [9].

Tahap selanjutnya melibatkan reaksi air yang terlarut dalam gliserida dengan gliserida tersebut untuk menghasilkan gliserin dan asam karboksilat, yang sesuai dengan kandungan asam karboksilat pada trigliserida, serta untuk membebaskan *displacing acid* yang terikat pada rantai gliserin, yang mungkin terjadi selama kedua tahap tersebut. Sama halnya dengan reaksi tahap pertama, tahap tersebut juga menggunakan katalis asam kuat. Produk gliserin terlarut dalam fase air, sementara produk asam karboksilat terlarut pada fase minyak [9].

Reaktan trigliserida yang digunakan pada proses hidrolisis tersebut memiliki asam karboksilat dengan rantai C_6 hingga C_{26} , berupa rantai alifatik yang bersifat jenuh maupun tak jenuh. Dimana, masing-masing rantai asam karboksilat tersebut dapat serupa maupun berbeda. Beberapa jenis trigliserida yang dapat digunakan ialah minyak kelapa, minyak rami, minyak zaitun, minyak kelapa sawit, minyak kernel sawit, minyak kacang tanah, minyak wijen, minyak kedelai, minyak biji matahari hingga lemak babi [9].

Air yang digunakan dalam reaksi hidrolisis tersebut memiliki tiga peran. Pertama, air berperan pada reaksi *acidolysis* trigliserida untuk membentuk air yang terlarut dalam gliserida, dimana air berperan sebagai promotor bagi katalis asam kuat. Hal tersebut meningkatkan aktivitas katalis sehingga dapat meningkatkan laju reaksi. Kedua, membentuk fase air yang berperan untuk mengekstraksi gliserida, yang selanjutnya akan mendorong kelarutan trigliserida sehingga akan meningkatkan reaksi ke arah produk. Ketiga, air bereaksi dengan gliserida untuk menghasilkan gliserin dan asam karboksilat serta untuk membebaskan *displacing acid* sehingga meningkatkan kelarutan trigliserida. Adapun jumlah air yang digunakan dalam reaksi hidrolisis tersebut ialah 10%-100% persen terhadap berat trigliserida [9].

Selain itu, dalam penelitian tersebut digunakan katalis *displacing acid* yang berperan untuk melarutkan trigliserida dengan cara bereaksi dengan trigliserida tersebut, namun dinyatakan sebagai katalis karena tidak dikonsumsi dalam keseluruhan reaksi. Meskipun secara umum berbagai asam karboksilat dengan massa molekul ringan dapat digunakan sebagai *displacing acid*, namun secara praktis kelompok *displacing acid* tersebut terbatas pada asam format, asam asetat, dan asam propionat. Adapun jumlah *displacing acid* yang digunakan ialah

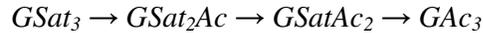
sekitar 10%-1200% berat trigliserida. Jika digunakan *displacing acid* kurang dari 10% akan mengakibatkan reaksi berlangsung sangat lambat. Sedangkan penggunaan *displacing acid* lebih dari 1200% akan membutuhkan peralatan yang cukup besar sehingga meningkatkan biaya. Namun, tanpa adanya penambahan *displacing acid* akan dibutuhkan waktu reaksi berhari-hari atau kondisi reaksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi reaksi tersebut di atas [9].

Selanjutnya, katalis asam yang digunakan dapat berupa asam anorganik maupun organik namun bukan berupa karboksilat. Asam anorganik yang sesuai untuk digunakan ialah asam anorganik yang memiliki nilai pK_a dibawah 4.0 dalam larutan air pada suhu ruang seperti, asam sulfat, asam klorida, asam perklorat, asam nitrat, asam fosforat dan asam fluorat. Sementara asam organik yang sesuai untuk digunakan ialah asam organik nonkarboksilat yang memiliki nilai pK_a dibawah 2.0 dalam larutan air pada suhu ruang diantaranya ialah, *methane sulfonic acid*, *naphthalene sulfonic acid*, *trifluoromethyl sulfonic acid*, dan *toluene sulfonic acid*. Katalis yang disarankan yaitu asam sulfat dengan jumlah sebanyak 2%-20% berat trigliserida [9].

2.3.2 *Displacing Acid* pada Reaksi Hidrolisis

Fungsi katalis *displacing acid* pada reaksi hidrolisis adalah melarutkan trigliserida dan bereaksi dengannya namun dianggap seperti halnya katalis karena tidak dikonsumsi selama keseluruhan reaksi. *Displacing acid* yang dapat digunakan secara umum yaitu berbagai asam karboksilat dengan massa molekul ringan, namun secara praktis kelompok *displacing acid* tersebut terbatas pada asam format, asam asetat, dan asam propionat.

Dalam reaksi *acidolysis*, asam karboksilat berperan sebagai *displacing acid* [9]. Dimana, asam karboksilat tersebut akan dipertukarkan dengan asam karboksilat yang terikat pada gugus ester gliserida. Reaksi *acidolysis* merupakan reaksi hidrolisis yang diikuti dengan reaksi re-esterifikasi [19]. Oleh karena itu, pada reaksi *acidolysis*, *displacing acid* akan bereaksi dengan ester gliserida, sehingga asam karboksilat pada ester gliserida dapat dipindahkan dari ester gliserida tersebut oleh *displacing acid* [9]. Menurut Meade, reaksi *acidolysis* akan berlangsung secara bertahap dengan mekanisme sebagai berikut [19].



Gambar 2.6 Mekanisme reaksi *acidolysis*

$GSat_3$ merupakan trigliserida jenuh yang bereaksi dengan *displacing acid*, yang selanjutnya *displacing acid* akan melepaskan atau menukar posisi asam karboksilat pada salah satu ikatan ester trigliserida tersebut, dan seterusnya. Pada akhir reaksi akan diperoleh trigliserida dengan masing-masing ester terikat dengan *displacing acid* tersebut.

2.3.3 Derajat Hidrolisis

Salah satu parameter analisis produk asam lemak yang dihasilkan melalui reaksi hidrolisis ialah derajat hidrolisis [18]. Sturzenegger merumuskan derajat hidrolisis sebagai rasio asam lemak bebas terhadap asam lemak total dimana keduanya dihitung pada sampel yang sama [20]. Asam lemak bebas dapat diketahui melalui bilangan asam (*Acid Value, AV*), sedangkan asam lemak total dapat diketahui melalui bilangan penyabunan (*Saponification Value, SV*). Derajat hidrolisis tersebut dapat disederhanakan dengan Persamaan 2.1.

$$\text{Derajat Hidrolisis} = \frac{AV}{SV} \times 100\% \quad (2.1)$$

Selain itu, derajat hidrolisis juga dapat diperoleh dengan persamaan Sturm dan Frei sebagai berikut [20].

$$\text{Derajat Hidrolisis} = \frac{3100 \times \% \text{air}}{(31 \times \% \text{air}) + SV \text{ trigliserida}} \quad (2.2)$$

Dalam laporannya, Sturzenegger membandingkan perhitungan derajat hidrolisis yang diperoleh dengan Persamaan 2.1 terhadap perhitungan derajat hidrolisis yang diperoleh dengan menggunakan persamaan Sturm dan Frei (Persamaan 2.2). Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa perhitungan derajat hidrolisis dengan menggunakan Persamaan 2.1 menghasilkan selisih nilai sebesar dua digit dengan perhitungan derajat hidrolisis dengan menggunakan persamaan Sturm dan Frei.

2.4 ANALISIS TITRIMETRIK

Tahap pengukuran dalam suatu analisis dapat dilakukan dengan cara kimia, salah satunya yaitu dengan analisis titrimetrik. Analisis titrimetrik tersebut

melibatkan pengukuran volume suatu larutan dengan konsentrasi yang diketahui, yang diperlukan untuk bereaksi dengan analit itu. Analisis tersebut merupakan salah satu bagian utama dari kimia analisis dan perhitungan-perhitungan yang digunakan didasarkan pada hubungan stoikiometri sederhana dari reaksi kimia.

Analisis titrimetrik digunakan untuk mengukur jumlah reagen, atau yang disebut sebagai titran, yang dibutuhkan untuk mencapai reaksi sempurna dengan *analyte*, atau zat yang dianalisis. Reaksi kimia dalam analisis titrimetrik secara umum dinyatakan sebagai persamaan reaksi berikut [21].



Pada reaksi tersebut, *a* yang merupakan molekul analit A bereaksi dengan *t* yaitu molekul reagensia T. Reagensia T, yang disebut titran, ditambahkan sedikit demi sedikit atau secara inkremental ke dalam analit dengan menggunakan buret. Titran tersebut berupa larutan yang konsentrasinya diketahui. Reagensia dapat disebut juga sebagai larutan standar dan konsentrasinya ditetapkan oleh suatu proses yang disebut standarisasi. Penambahan titran diteruskan sampai titik ekuivalen tercapai. Titik ekuivalen merupakan titik dalam suatu titrasi dimana jumlah ekuivalen titran sama dengan jumlah ekuivalen analit.

Umumnya, para ahli kimia menggunakan suatu zat yang disebut indikator untuk mengetahui bilamana penambahan titran itu harus dihentikan. Indikator tersebut akan memberikan perubahan warna saat kelebihan titran. Perubahan warna tersebut dapat atau tidak dapat tepat pada titik ekuivalensi. Titik dalam titrasi pada saat indikator berubah warna bukan titik ekuivalen, namun disebut titik akhir. Sehingga, titik akhir diharapkan sedekat mungkin dengan titik ekuivalen. Oleh karena itu, dengan memilih indikator untuk mengimpitkan kedua titik tersebut merupakan salah satu aspek penting dari analisis titrimetrik.

Istilah titrasi pada analisis ini merujuk ke proses pengukuran volume titran yang diperlukan untuk mencapai titik ekuivalen. Analisis ini sering disebut analisis volumetri karena didasarkan pada pengukuran volume. Namun, istilah analisis titrimetrik merupakan yang lebih tepat karena pengukuran volume tidaklah terbatas pada titrasi [21].

Keberhasilan suatu analisis titrimetrik dapat dipengaruhi oleh beberapa hal sebagai berikut [21]:

1. Larutan titran harus terstandarisasi, baik dengan menggunakan larutan standar tertentu ataupun dengan mentitrasi larutan tersebut dengan larutan standar.
2. Reaksi antara titran dan analit harus berjalan sesuai dengan suatu persamaan reaksi tertentu, tidak boleh ada reaksi samping, berlangsung stabil, cepat, dan mencapai sempurna, serta titik ekuivalen harus dapat dideteksi.
3. Volume atau massa dari titran dan analit harus dapat diketahui secara teliti.
4. Suatu indikator atau instrumen lain dapat digunakan untuk menentukan titik akhir.

Reaksi kimia yang dapat digunakan sebagai dasar untuk penetapan titrimetrik dengan mudah adalah reaksi asam-basa (*Bronsted-Lowry*), reaksi oksidasi-reduksi, reaksi pengendapan dan reaksi pembentukan senyawa kompleks. Titrasi asam basa merupakan titrasi yang paling sering digunakan dalam analisis titrimetrik. Titrasi tersebut terdiri dari 2 jenis yaitu titrasi asam basa *aqueous* dan titrasi asam basa *non aqueous*.

2.4.1. Titrasi Asam Basa *Aqueous*

Titrasi larutan asam-basa *aqueous* sangat sesuai untuk digunakan pada berbagai asam maupun basa *Bronsted*. Titrasi ini melibatkan reaksi perpindahan proton dalam air yang berlangsung cukup cepat. Agar reaksi sempurna antara *analyte* dengan larutan titran dapat tercapai, secara praktis, nilai pK_a atau pK_b dari larutan *analyte* sebaiknya kurang dari 10 (yaitu, pK_a atau $pK_b < 10$) [22].

Pada prinsipnya, asam terkuat yang dapat bertahan dalam air ialah ion hidronium, H_3O^+ dimana, titran asam kuat HA akan bereaksi secara sempurna dengan air membentuk ion tersebut. Sehingga, titrasi *analyte* basa dengan menggunakan asam kuat sama seperti mentitrasi *analyte* dengan ion hidronium. Hal yang serupa, basa terkuat yang dapat bertahan di dalam air ialah ion hidroksida, OH^- [22]. Berikut ialah hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam titrasi asam-basa [22]:

1. Titrasi asam (*acidimetric titration*), menggunakan larutan basa kuat seperti KOH, NaOH maupun Ba(OH)₂. Larutan-larutan tersebut dapat distandarisasi dengan menggunakan KHP (kalium hidrogen phthalate).
2. Titrasi basa (*alkalimetric titration*), menggunakan larutan asam kuat seperti HCl, H₂SO₄, maupun HClO₄. Larutan-larutan tersebut dapat distandarisasi dengan menggunakan *tris* (*hydroxymethyl*), *aminomethane*, (HOCH₂)₃CNH₂, ataupun Na₂CO₃.

2.4.2. Titrasi Asam Basa *Non-Aqueous*

Titrasi asam-basa ini menggunakan pelarut selain air. Berikut ialah beberapa pertimbangan yang digunakan dalam menggunakan titrasi tersebut [22]:

1. Sampel yang akan dianalisis tidak larut dalam air
2. Sampel dan/atau larutan titran dapat bereaksi dengan air
3. Digunakan dalam menganalisis asam maupun basa yang sangat lemah

Beberapa larutan yang dapat digunakan sebagai larutan titran, diantaranya ialah:

1. Titrasi asam
 - KOH dalam etanol, methanol atau isopropanol
 - NaOCH₃ dalam methanol atau klorobenzena
2. Titrasi basa
 - HCl dalam isopropanol
 - HClO₄ dalam asam asetat glasial

2.5 GC/MS (GAS CHROMATOGRAPHY/MASS SPECTOMETRY)

Metode analisis GC/MS (*Gas Chromatography/Mass Spectrometry*) merupakan kombinasi sinergis dua teknik analitik yang sangat potensial. Kromatografi gas memisahkan komponen-komponen suatu campuran berdasarkan waktu dan spektrometri massa mengidentifikasi struktur dari setiap komponen. Kedua instrumen ini dihubungkan dengan suatu instrumen yang disebut *interface*. *Interface* berfungsi untuk menghubungkan sampel yang dipisahkan dengan kromatografi gas ke kromatografi massa agar tidak terjadi pengurangan sampel. *Interface* yang baik secara keseluruhan harus memindahkan analit, mengurangi

tekanan dan laju alir sampel agar spektrometri massa dapat menerima sampel dengan baik.

2.5.1 Kromatografi Gas

Prinsip dasar operasi kromatografi gas meliputi penguapan sampel dalam suatu injektor (*heated inlet port*), pemisahan komponen-komponen campuran dalam suatu kolom khusus, dan pendeteksian setiap komponen dengan suatu detektor. Pemisahan komponen ditentukan oleh distribusi dari setiap komponen antara gas pembawa (fasa gerak) yang membawa sampel dan fasa diam yang menahan sampel secara selektif. Suatu komponen sampel yang tertahan oleh fasa diam akan tertinggal selama waktu tertentu, sedangkan komponen lain yang tidak tertahan atau hanya tertahan selama waktu yang lebih cepat akan terus bergerak dan terelusi lebih cepat. Hal ini menyebabkan komponen-komponen dalam sampel akan terpisah.

Komponen yang tertahan maupun yang tidak tertahan oleh fasa diam tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa karakteristik kimia dan fisik dari setiap komponen tersebut. Karakteristik yang mempengaruhi diantaranya adalah massa molekul, bentuk molekul, dan hubungan molekul dengan permukaan kolom. Molekul dengan massa yang kecil dapat berjalan lebih cepat dibandingkan molekul dengan massa yang besar. Selain itu, bentuk molekul mempengaruhi waktu yang diperlukan untuk keluar kolom. Kondisi unsur-unsur berbeda yang saling berhubungan dapat menyebabkan peningkatan ataupun pengurangan waktu retensi. Interaksi antara molekul sampel dengan permukaan kolom menyebabkan molekul itu tertahan dalam kolom dalam waktu yang berbeda dibanding molekul serupa yang saling berhubungan dengan kolom dengan cara yang berbeda.

Suatu aspek kromatografi gas yang penting adalah penggunaan suatu gas pembawa yang berfungsi untuk memindahkan sampel dari injektor, melalui kolom, dan ke dalam detektor. Gas pembawa harus inert dan tidak dapat diabsorpsi oleh fasa diam kolom, seperti helium, hidrogen, dan nitrogen. Parameter penting dari suatu gas pembawa yaitu kecepatan linear. Kecepatan linear merupakan panjang kolom (cm) dibagi dengan waktu retensi (detik), waktu penginjeksian sampai pendeteksian. Gas pembawa ini ditempatkan dalam sebuah tabung gas bertekanan yang dilengkapi dengan alat pengontrol tekanan dan

kecepatan aliran selama proses berlangsung, sehingga dapat menghasilkan kecepatan gas pembawa yang stabil.

Sebelum masuk kolom, sampel dimasukkan melalui injektor kemudian diuapkan. Suhu dalam injektor dibuat memungkinkan untuk menguapkan sampel tetapi tidak menguraikan sampel. Pada umumnya, suhu injektor berada pada rentang 150-280°C.

Selanjutnya, pemisahan sampel terjadi di dalam suatu tabung berongga yang dipanaskan, yang terdapat dalam kolom. Kolom tersebut berisi lapisan tipis/cairan suatu senyawa kimia yang tidak mudah menguap yang dilapiskan pada bahan penyangga inert (*packed column*) atau dinding kolom (*capillary column*). Lapisan tipis tersebut biasanya disebut fasa diam. Fasa diam yang sangat bagus digunakan dalam kolom GC adalah *dimethylpolysiloxanes* (DB-1) dan *5% phenyl/95% dimethylpolysiloxane* (DB-5). Kolom yang bersifat nonpolar ini dapat menghasilkan resolusi yang lebih bagus dibandingkan dengan yang polar. Umumnya, ketebalan film fasa diam ini adalah sebesar 1µm.

Suhu oven di mana kolom GC berada, pada umumnya ditingkatkan pada 4-20°C/menit sehingga dapat mendidih pada suhu lebih tinggi dan komponen lebih benar-benar ditahan kemudian dilepaskan secara berturut-turut. Kolom GC terbatas untuk campuran yang mudah menguap atau dapat dibuat mudah menguap dan cukup stabil untuk mengalir sepanjang kolom GC tersebut.

Kemudian kolom terhubung oleh detektor. Detektor tersebut berfungsi untuk mendeteksi komponen dari sampel. Sinyal listrik dari detektor diteruskan ke amplifier lalu ke pencatat sinyal. Berdasarkan respon yang diberikan terhadap jumlah komponen yang keluar dari kolom, detektor dibagi menjadi dua, yaitu detektor integral dan detektor diferensial. Detektor integral memberikan respon sebanding dengan jumlah total dari komponen-komponen yang keluar dari kolom. Detektor diferensial memberikan respon sebanding dengan konsentrasi atau *mass flow rate* masing-masing komponen. Terdapat beberapa jenis detektor diantaranya yaitu *Flame Ionization Detector*, *Thermal Conductivity Detector*, dan *Thermionic Specific Detector*, *Flame Photometric Detector*, dan *Electron Capture Detector*. Jenis detector yang paling umum digunakan adalah *Flame Ionization Detector* (FID) karena detektor ini dapat digunakan oleh berbagai jenis senyawa.

2.5.2 Spektrometri Massa

Spektrometri massa merupakan instrument yang mengukur perbandingan massa per muatan (*mass-to-charge*, m/z) dari ion-ion fasa gas dan memberikan pengukuran *abundance* dari setiap jenis ion. Pengukuran tersebut dikalibrasi dengan ion-ion dari m/z yang telah diketahui. Hasil spektral pada metode ini dapat menunjukkan massa setiap fragmen. Jika digabungkan, massa semua fragmen akan membentuk massa molekul keseluruhan. Spektrum massa dari masing-masing senyawa adalah unik. Metode spektrometri massa ini merupakan metode yang sangat tepat untuk mengidentifikasi suatu senyawa karena dapat memberikan penafsiran keluaran yang tepat dalam menentukan massa molekul.

Instrumen yang umum digunakan pada metode ini adalah *magnetic sector*. Proses yang terjadi pada spektrometri massa yaitu sampel keluaran GC yang telah melalui *interface* dimasukan ke dalam *ionization chamber* bertekanan tinggi untuk di-ionisasi, kemudian ion dari sampel tersebut dibenturkan dengan elektron tegangan tinggi untuk memecah ion-ionnya (fragmentasi). Pecahan yang bersifat positif yang membentuk kation dan radikal kation akan dipercepat diruang vakum melalui medan magnet menuju ke *analyzing tube*. Pada *analyzer*, ion yang mempunyai massa atau momentum rendah akan dibelokan oleh medan magnet dan bertabrakan dengan dinding *analyzer*. Ion yang mempunyai momentum tinggi tidak dibelokan tetapi tetap bertabrakan dengan dinding *analyzer*. Ion yang mempunyai massa per muatan yang cukup akan mengikuti alur *analyzer*, keluar melalui *slit* dan bertabrakan dengan kolektor. Hal ini menimbulkan arus listrik yang kemudian dideteksi dan diimplifikasi oleh detektor. Keluaran dari detektor spektrometri massa menghasilkan spektrum massa yang ditunjukkan dengan plot antara intensitas dengan massa per muatan (m/z).

2.5.3 Analisis Kualitatif

Kromatografi sering digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya suatu senyawa dalam campuran. Hasil kromatogram memberikan informasi tentang senyawa yang berada pada campuran berdasarkan waktu retensi. Dalam kromatogram tersebut, ketidakhadiran suatu senyawa pada campuran yang dianalisis (sampel) ditandai dengan tidak adanya puncak pada waktu retensi yang

sama dengan yang dihasilkan oleh kromatogram pada senyawa referensi (standar). Tidak adanya puncak pada waktu retensi yang sama tidak selalu diakibatkan karena ketidakhadiran senyawa tersebut namun dapat juga diakibatkan oleh konsentrasi senyawa (sampel) yang berada dibawah batas deteksi alat.

Ciri-ciri hasil analisis keluaran GC yang ideal yaitu memiliki spektral puncak yang simetris, sempit, terpisah atau tidak *overlap*, dan berupa garis halus. Sebaliknya, hasil yang kurang bagus yaitu menghasilkan spektral puncak yang lebar, *overlap*, dan bentuknya tidak merata. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi hasil tersebut adalah cara penginjeksian sampel. Jika terlalu pelan, maka puncak yang dihasilkan akan melebar.

2.5.4 Analisis Kuantitatif

Pada analisis GC/MS, suatu konsep perkiraan konsentrasi senyawa dari suatu campuran dapat diperoleh dengan menggunakan metode daerah puncak. Metode ini mengasumsikan bahwa persen daerah tersebut hampir sama dengan persen berat suatu senyawa. Konsentrasi suatu senyawa diartikan sebagai perbandingan antara daerah setiap puncak dengan jumlah daerah dari semua puncak. Hal ini dijelaskan melalui persamaan 2.4 [23].

$$\text{Senyawa X\%} = \frac{A_x(100)}{\sum_{n=1}^{n_i=r} A_{n_i}} \quad (2.4)$$

dimana:

A_x : daerah puncak = $H \times W$ (H: tinggi puncak, W: luas puncak)

n: total puncak pada kromatogram

2.5.5 Spesifikasi GC/MS

Analisis GC/MS sangat luas penggunaannya dalam identifikasi suatu senyawa, sejak alat ini terdiri dari gabungan dua alat analisis yang akurat. Beberapa contoh penggunaannya yaitu untuk menguji obat atau racun, untuk pengendalian mutu dalam suatu produksi, dan pengujian lingkungan yang khas. Luasnya penggunaan GC/MS dalam kehidupan menunjukkan bahwa metode analisis ini sangat akurat dan efektif dibandingkan metode lainnya.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi keakuratan hasil analisis adalah spesifikasi dari alat GC/MS tersebut. Penggunaan bahan baku dan kondisi

operasi alat tergantung oleh sampel yang akan dianalisis. Tipe GC/MS yang umum digunakan untuk analisis senyawa-senyawa kimia yaitu Ultra Alloy. Berikut ini merupakan spesifikasi dari satu GC/MS tipe Ultra Alloy 1 (MS/HT) Capillary Column.

Tabel 2.5 Spesifikasi Alat GC/MS tipe Ultra Alloy 1 (MS/HT) Capillary Column

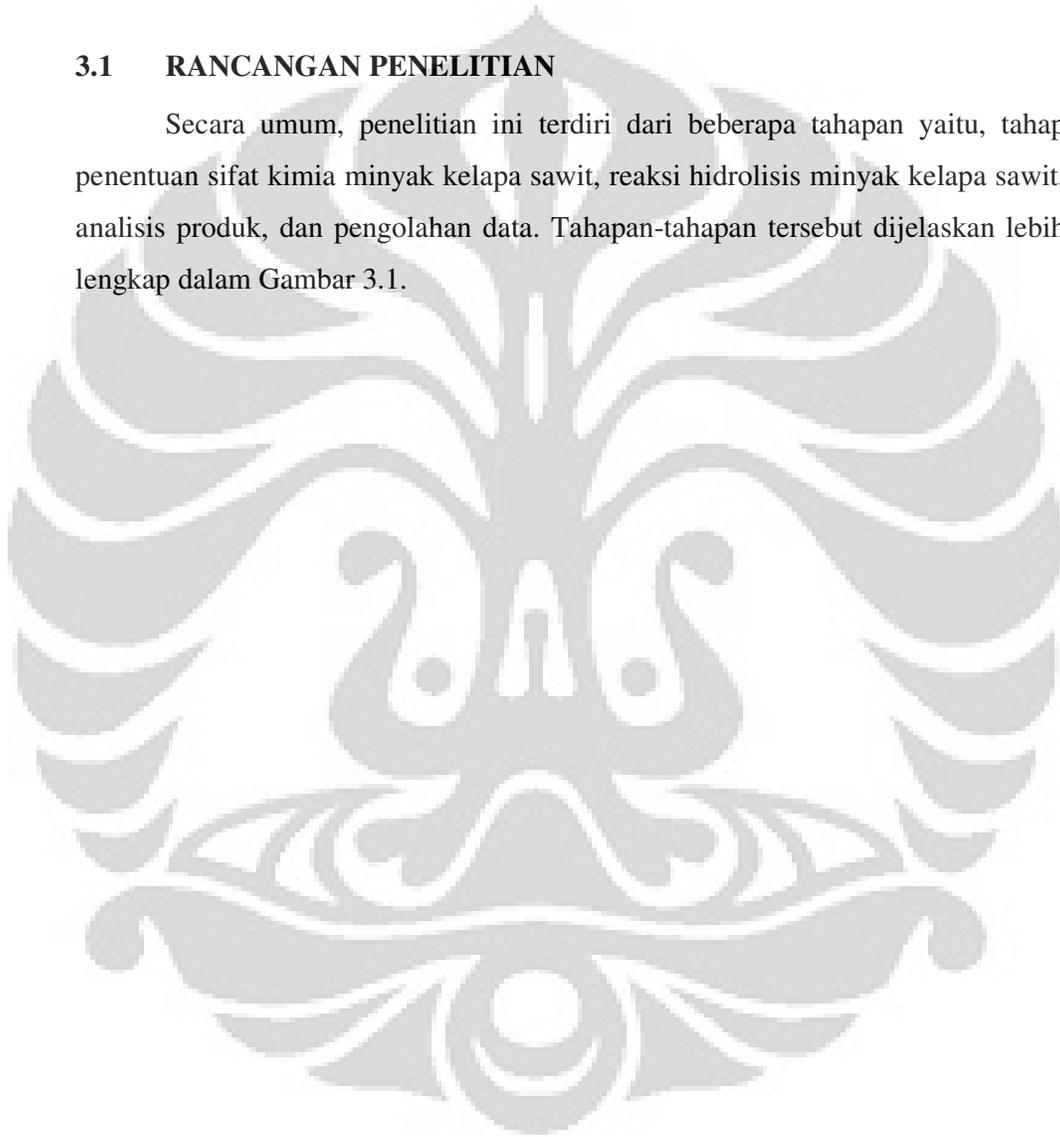
Column Specifications	
Column length	: 30 [m]
Column I.D.	: 0.25 [mm]
Film thickness	: 0.25 [micron]
Max. temperature (Iso./Prog.)	: 450/450°C
Production number	: 412272B
Part number	: UA1(MS/HT)-30M-0.25F
Test Condition	
Injection (Split) temperature	: 300°C
Detector (FID) temperature	: 350°C
Column oven temperature	: 145°C
Carrier gas velocity	: 26.9 cm/sec
Split ratio	: 1/50
Sample concentration	: each 500 ppm
Sample injection volume	: 1 µl
Ultra 1 and Ultra 2	
Non polar	
Ultra 1 : 100% Dimethylpolysiloxane	
Ultra 2 : (5%-Phenyl)-methylpolysiloxane	

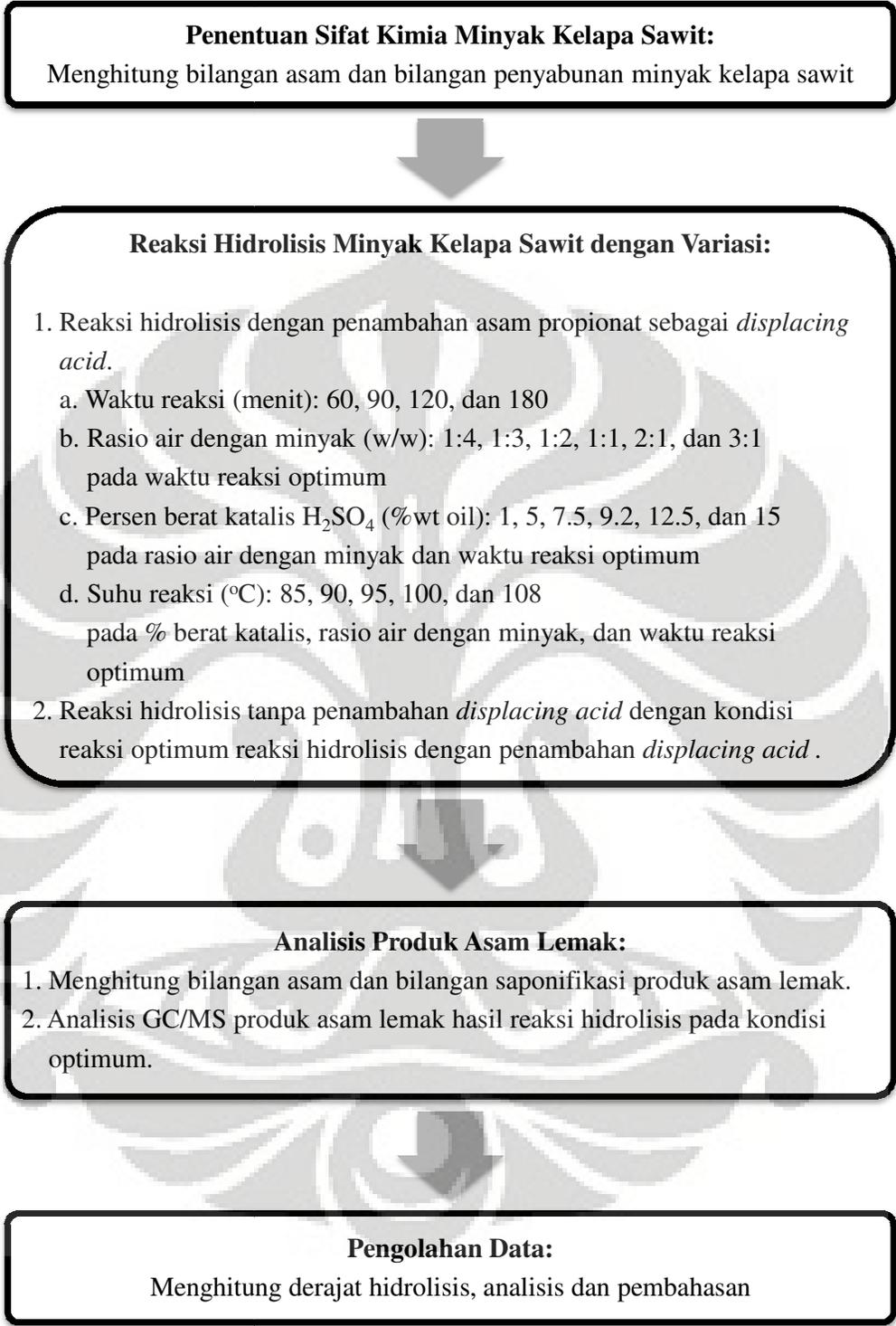
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 RANCANGAN PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu, tahap penentuan sifat kimia minyak kelapa sawit, reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit, analisis produk, dan pengolahan data. Tahapan-tahapan tersebut dijelaskan lebih lengkap dalam Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram alir rancangan penelitian

3.2 ALAT DAN BAHAN

Peralatan yang digunakan dan kegunaannya dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Peralatan yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Peralatan	Kegunaan
1.	<i>Beaker glass</i>	Tempat bahan-bahan kimia habis pakai (pelarut, reaktan) dan tempat pencampuran larutan
2.	Buret	Tempat larutan penitran yang digunakan dalam titrasi
3.	Corong	Memasukkan larutan ke dalam buret atau gelas ukur sehingga larutan tidak tumpah
4.	GC/MS	Menganalisis produk asam lemak
5.	Gelas ukur	Mengukur volume bahan-bahan kimia cair
6.	<i>Hot plate</i>	Memanaskan larutan
7.	Labu erlenmeyer	Tempat pencampuran larutan Tempat larutan titrasi
8.	Labu pemisah	Memisahkan produk asam lemak dan gliserol
9.	Neraca analitik	Mengukur massa bahan kimia padat dan massa produk
10.	Pengaduk	Mengaduk reaktan selama reaksi agar campuran reaktan homogen
11.	Pipet volum	Mengambil bahan-bahan kimia cair dengan volume yang spesifik
12.	Pipet tetes	Mengambil sampel dan bahan-bahan kimia cair dengan volume yang tidak spesifik
13.	Spatula besi	Mengambil bahan-bahan kimia padat
14.	Spatula kaca	Mengaduk larutan dan alat bantu untuk memasukkan produk ke dalam labu pemisah
15.	Reaktor <i>batch</i> kepala tiga	Tempat terjadinya reaksi
16.	Refluks	<i>Recovery</i> air dan katalis asam yang menguap selama reaksi hidrolisis
17.	<i>Stop watch</i>	Menghitung waktu reaksi
18.	Termometer	Mengukur suhu reaktan dan suhu selama reaksi hidrolisis
19.	<i>Water bath</i>	Memanaskan reaktan, katalis, dan <i>displacing acid</i> sehingga suhunya konstan selama reaksi hidrolisis

Sedangkan, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat kegunaannya pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Bahan-bahan yang Digunakan dalam Penelitian

No.	Bahan-bahan	Kegunaan
1.	Minyak goreng kelapa sawit	Reaktan pada reaksi hidrolisis
2.	Aquades	Reaktan pada reaksi hidrolisis, pelarut, dan untuk mencuci alat yang sensitif
3.	Asam sulfat	Katalis pada reaksi hidrolisis
4.	Asam propionat	<i>Displacing acid</i> pada reaksi hidrolisis
5.	Etanol	Pelarut KOH yang digunakan dalam titrasi bilangan asam maupun bilangan saponifikasi
6.	Toluol	Pelarut sampel dalam titrasi bilangan saponifikasi
7.	HCl	Larutan standar dalam titrasi bilangan asam maupun bilangan saponifikasi
8.	KOH	Bahan baku titran yang digunakan dalam titrasi bilangan asam maupun bilangan saponifikasi
9.	Indikator Phenophtalin	Indikator dalam titrasi bilangan asam dan bilangan saponifikasi

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1 Penentuan Sifat Kimia Minyak Goreng Kelapa Sawit

3.3.1.1 Penentuan Bilangan Asam Minyak Kelapa Sawit

Bilangan asam didefinisikan sebagai jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam satu gram minyak atau lemak. Berikut ialah prosedur untuk menentukan bilangan asam [24]:

1. Membuat larutan KOH 0,1 N dalam etanol.
2. Melakukan titrasi 10 ml larutan KOH 0,1 N dengan menggunakan larutan HCl 0,1 N sebagai titran, dengan penambahan indikator phenolphthalein 1% sebanyak 2 tetes. Titrasi dilakukan hingga terjadi

perubahan warna larutan KOH 0,1 N dari ungu menjadi bening. Titrasi tersebut merupakan standarisasi larutan titran yang akan digunakan.

3. Melakukan titrasi 15 ml etanol dengan menggunakan larutan KOH 0,1 N sebagai titran, dengan penambahan indikator phenolphthalein 1% sebanyak 2 tetes. Titrasi dilakukan hingga terjadi perubahan warna etanol dari bening menjadi keunguan.
4. Menambahkan 1 gram sampel ke dalam larutan etanol yang telah dititrasi dan menambahkan indikator phenolphthalein 1% sebanyak 2 tetes.
5. Melanjutkan titrasi sampel dengan menggunakan larutan KOH 0,1 N hingga terjadi perubahan warna larutan etanol dari bening menjadi keunguan.

Selanjutnya, bilangan asam dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [24]:

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{T \times N \times 56,11}{W} \quad (3.1)$$

dimana:

T : volum larutan KOH 0,1 N yang digunakan dalam titrasi sampel, mL

N : normalitas larutan KOH yang digunakan setelah terstandarisasi, N

W: berat sampel yang dititrasi, gr

56,11: berat molekul KOH

3.3.1.2 Penentuan Bilangan Penyabunan Minyak Kelapa Sawit

Bilangan saponifikasi (penyabunan) didefinisikan sebagai jumlah miligram KOH yang digunakan untuk menyabunkan satu gram minyak atau lemak. Bilangan saponifikasi merupakan ukuran yang menyatakan jumlah asam lemak bebas dan trigliserida yang terdapat di dalam sampel. Berikut ialah prosedur untuk menentukan bilangan saponifikasi [24]:

1. Membuat larutan HCl 0,5 N dan larutan KOH 0,5 N dalam etanol.
2. Menimbang 4 gram sampel dan menambahkan larutan etanol-toluol (2:1) sebanyak 25 mL dan larutan KOH 0,5 N sebanyak 50 mL dalam labu erlenmeyer.

3. Memanaskan campuran tersebut dengan penangas pada suhu 60°C dan menghubungkannya dengan kondenser refluks selama 1 jam.
4. Melakukan titrasi campuran tersebut dalam kondisi campuran masih hangat dengan menggunakan larutan HCl 0,5 N sebagai titran, dengan penambahan indikator phenolphtalein 1% sebanyak 2 tetes. Titrasi dilakukan hingga terjadi perubahan warna campuran dari ungu menjadi bening atau putih.
5. Melakukan titrasi terhadap blangko dengan menggunakan larutan HCl 0,5 N sebagai titran. Blangko dibuat dengan mencampurkan 25 ml larutan etanol-toluol (2:1) sebanyak 25 mL dan larutan KOH 0,5 N sebanyak 50 mL.

Selanjutnya, bilangan saponifikasi dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut [24]:

$$\text{Bilangan Penyabunan} = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 56,11}{W} \quad (3.2)$$

dimana:

V_2 : volum larutan HCl 0,5 N yang digunakan dalam titrasi blangko, mL

V_1 : volum larutan HCl 0,5 N yang digunakan dalam titrasi sampel, mL

N : normalitas HCl yang digunakan dalam titrasi, yaitu 0,5N

W : berat sampel yang dititrasi, gr

56,11: berat molekul KOH

3.3.2 Reaksi Hidrolisis Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit direaksikan dengan aquades dengan menggunakan katalis asam sulfat dan penambahan asam asetat sebagai *displacing acid*. Reaksi dilakukan dalam reaktor berpengaduk berkepala tiga yang dilengkapi dengan kondenser refluks. Prosedur reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan 40 gr minyak kelapa sawit dan menambahkan 44 mL asam propionat (100% vol. oil) ke dalam reaktor. Selanjutnya memasukkan reaktor tersebut ke dalam *water bath* yang berisi air dimana suhu pada *water bath* diatur pada suhu yang diinginkan.

2. Setelah suhu campuran minyak kelapa sawit dan asam propionat tercapai, menambahkan aquades dan katalis asam sulfat sesuai dengan rasio jumlah reaktan (% wt oil) dan konsentrasi katalis asam sulfat (% wt oil) yang diinginkan ke dalam reaktor secara perlahan-lahan sambil terus mengaduk. Reaksi dilakukan sesuai dengan waktu reaksi yang diinginkan dengan kecepatan pengadukan ± 160 rpm..
3. Setelah reaksi selesai, mematikan *water bath*, menyiram refluks dengan aquades, dan selanjutnya mendinginkan campuran asam lemak dan gliserol dalam reaktor secara langsung di dalam air untuk menghentikan reaksi.
4. Kemudian memasukkan campuran ini ke dalam labu pemisah selama semalam pada suhu ruang, untuk memisahkan campuran asam lemak dan gliserol.
5. Memisahkan campuran asam lemak dan gliserol, menghitung massa masing-masing produk.

Dalam reaksi ini, variabel bebas yang divariasikan adalah sebagai berikut:

1. Waktu reaksi hidrolisis
2. Rasio reaktan air dengan minyak kelapa sawit (w/w)
3. Konsentrasi katalis asam sulfat (%wt oil)
4. Suhu reaksi hidrolisis
5. Penambahan asam propionat sebagai *displacing acid*

3.3.3 Analisis Produk Asam Lemak

Produk asam lemak yang telah dipisahkan dari gliserol dianalisis dengan menghitung bilangan asam dan bilangan penyabunannya dengan cara seperti prosedur pada bagian 3.3.1.1 dan 3.3.1.2. Kedua tetapan tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menghitung derajat hidrolisis yang menyatakan perbandingan asam lemak bebas terhadap asam lemak total yang ada dalam produk hasil reaksi hidrolisis. Derajat hidrolisis dapat dinyatakan dengan persamaan 3.3 [20].

$$\text{Derajat Hidrolisis} = \frac{AV}{SV} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan:

AV: bilangan asam (*Acid Value*) dari produk asam lemak

SV: bilangan penyabunan (*Saponification Value*) dari produk asam lemak

Analisis produk asam lemak hasil reaksi pada kondisi optimum juga dilakukan dengan menggunakan GC/MS jenis *Ultra Alloy 1 (MS/HT) Capillary Column Test Data* di Pusat Laboratorium Forensik (Puslabfor) Mabes Polri, Jakarta Selatan, dengan spesifikasi alat dan kondisi operasi dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Spesifikasi Alat dan Kondisi Operasi GC/MS Puslabfor

Komponen GC	Spesifikasi Alat dan Kondisi Operasi
Injektor	Mode: Split Suhu <i>heater inlet</i> : 270 °C Tekanan: 9.3825 psi Laju <i>Septum Purge</i> : 3 mL/min Laju gas pembawa: 20 mL/min setelah 5 menit Rasio pemisahan: 200:1 dengan laju 200 mL/min
Kolom	Mode: Flow Tipe : FRONTIER 412272B, 30 m x 250µm x 0,25 µm Fasa gerak: Helium dengan laju 1 mL/min Fasa diam: 100% Dimethylpolysiloxane Suhu operasi: 80°C hingga 290°C dengan peningkatan temperatur 10°C/min dan ditahan selama 30 menit.

3.3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari hasil variasi kondisi reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit terhadap derajat hidrolisis reaksi tersebut. Pengolahan data ini berupa grafik. Berdasarkan variasi yang dilakukan, maka akan diperoleh 4 grafik, yaitu :

- Grafik antara variasi waktu reaksi dengan derajat hidrolisis
- Grafik antara variasi rasio reaktan dengan derajat hidrolisis

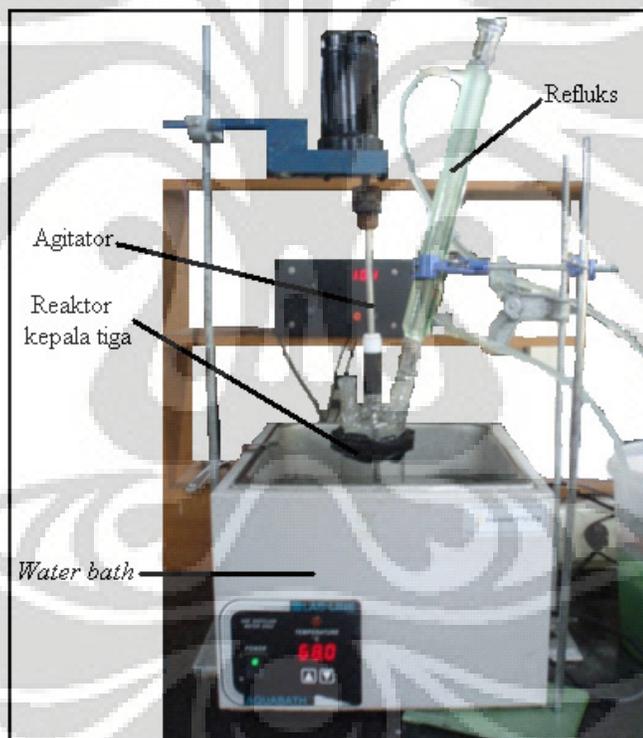
- c. Grafik antara variasi persen katalis asam sulfat dengan derajat hidrolisis
- d. Grafik antara variasi suhu reaksi dengan derajat hidrolisis
- e. Grafik antara variasi penambahan *displacing acid* dengan derajat hidrolisis

3.4 LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Termodinamika Energi dan Lingkungan dan Laboratorium Dasar Proses Kimia Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Jawa Barat.

3.5 GAMBAR ALAT PENELITIAN

Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rangkaian alat pada reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kondisi optimum reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis asam sulfat dengan penambahan asam propionat sebagai displacing acid dan mengkaji pengaruh kondisi tersebut terhadap derajat hidrolisis reaksi tersebut. Variabel yang divariasikan adalah waktu hidrolisis, rasio air dengan minyak, persen berat katalis asam sulfat, dan suhu hidrolisis.

4.1 PENENTUAN SIFAT FISIK MINYAK KELAPA SAWIT

Tujuan dari penentuan sifat fisik ini adalah untuk mengetahui kualitas minyak kelapa sawit yang digunakan. Ada dua sifat fisik yang ditentukan di dalam penelitian ini, yaitu bilangan asam dan bilangan penyabunan. Bilangan asam dan bilangan penyabunan dalam minyak menunjukkan jumlah kandungan asam lemak bebas dan asam lemak total dalam minyak yang digunakan.

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menetralsir asam lemak bebas yang terdapat dalam setiap gram minyak atau lemak. Batasan bilangan asam minyak kelapa sawit yang digunakan untuk industri oleokimia adalah 2-15 mg KOH/gram minyak [7]. Dari hasil penelitian, diperoleh nilai bilangan asam minyak sebesar 0,83 mg KOH/g minyak. Angka tersebut berada di bawah bilangan asam yang diperkenankan dalam produksi oleokimia, sehingga penetralan terhadap minyak kelapa sawit tersebut tidak perlu dilakukan.

Sedangkan, bilangan penyabunan dinyatakan sebagai jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan 1 gram minyak. Bilangan penyabunan juga dapat dikatakan sebagai suatu ukuran berat molekul rata-rata (panjangnya rantai) dari asam lemak total yang ada dalam minyak. Besarnya bilangan penyabunan bergantung dari massa molekul minyak, semakin besar massa molekul semakin rendah bilangan penyabunannya. Hal ini dapat dijelaskan,

dengan semakin panjang rantai hidrokarbon suatu minyak, maka akan semakin kecil proporsi molar gugus karboksilat yang akan bereaksi dengan basa. Batasan bilangan penyabunan minyak kelapa sawit yaitu 196-202 mg KOH/g minyak [7]. Dari hasil penelitian, diperoleh nilai bilangan penyabunan minyak sebesar 177,577 mg KOH/g minyak. Angka tersebut masih mendekati batasan yang diperkenankan, sehingga penetralan terhadap minyak kelapa sawit tersebut tidak perlu dilakukan.

4.2 REAKSI HIDROLISIS MINYAK KELAPA SAWIT

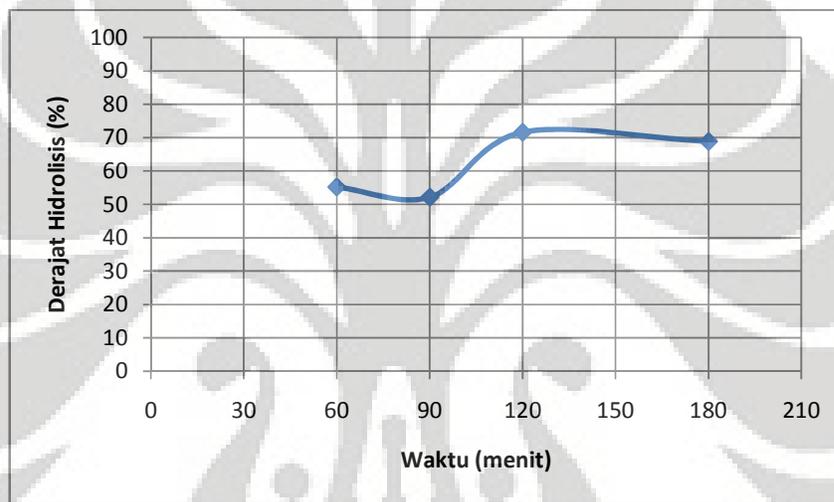
Proses hidrolisis dalam penelitian ini dijalankan melalui proses batch dengan pengaduk listrik. Kecepatan pengadukan pada penelitian ini ditetapkan sebesar ± 160 rpm, karena melalui kalibrasi alat pengaduk listrik, angka ini merupakan kecepatan pengadukan yang cukup cepat namun masih belum menimbulkan pusaran. Kecepatan pengadukan ini dijadikan sebagai variabel tetap karena sulitnya dalam pengaturan kecepatan tersebut.

Reaksi hidrolisis pertama dilakukan sebagai titik awal untuk reaksi dengan variasi selanjutnya. Reaksi tersebut dilakukan berdasarkan kondisi reaksi pada literatur yaitu waktu hidrolisis selama 90 menit, rasio reaktan 1:2, persen berat katalis 9,2% berat minyak, dan suhu reaksi 100 °C. Kondisi reaksi tersebut merupakan kondisi yang cukup optimum untuk reaksi hidrolisis dengan penambahan *displacing acid* [9]. Angka-angka yang ditetapkan pada setiap variabel ditentukan bervariasi agar nantinya dapat dilihat pada kondisi reaksi seperti apa yang menghasilkan derajat hidrolisis optimum.

Kondisi optimum reaksi hidrolisis yang telah dilakukan dapat diketahui melalui jumlah asam lemak yang diperoleh. Tingkat keberhasilan proses hidrolisis dapat ditentukan jika bilangan asam dari asam lemak yang dihasilkan telah ditentukan. Tingkat keberhasilan proses hidrolisis pada penelitian ini dinyatakan sebagai derajat hidrolisis. Derajat hidrolisis pada penelitian ini adalah hasil perbandingan jumlah asam lemak bebas dengan jumlah asam lemak total dari produk asam lemak hasil reaksi hidrolisis. Hal ini sesuai dengan persamaan 2.1 yang dilaporkan oleh Sturzenegger [20].

4.2.1 Pengaruh Variasi Waktu Hidrolisis

Reaksi hidrolisis pada penelitian ini diawali dengan waktu reaksi 90 menit kemudian dilakukan reaksi dengan waktu yang lebih cepat dan lebih lama untuk melihat pengaruh variabel tersebut terhadap derajat hidrolisis yang dihasilkan. Variasi tersebut dilakukan dengan kondisi rasio reaktan 1:2 atau air sebanyak 25% berat minyak, persen berat katalis H_2SO_4 9,2% berat minyak, dan suhu $100^\circ C$, serta penambahan asam propionat 1:1 volume minyak atau 110,33% berat minyak. Pada Gambar 4.1 berikut ini dapat dilihat pengaruh waktu reaksi terhadap derajat hidrolisis.



Gambar 4.1 Pengaruh waktu reaksi terhadap derajat hidrolisis

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi, maka derajat hidrolisis yang diperoleh juga semakin besar hingga mencapai waktu 120 menit yang merupakan waktu optimum reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis H_2SO_4 dan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid*. Secara teoritis, hidrolisis akan mencapai konversi yang lebih besar dalam waktu yang lebih lama [19]. Hal ini dikarenakan semakin lama reaksi terjadi akan menyebabkan tumbukan antara molekul tiap reaktan semakin lama terjadi, sehingga produk yang dihasilkan juga menjadi semakin banyak. Derajat hidrolisis akan semakin besar karena semakin banyak asam lemak yang terbentuk.

Pada Gambar 4.1, derajat hidrolisis mengalami sedikit peningkatan pada saat waktu reaksi dikurangi yaitu 60 menit. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor

kesalahan yang dilakukan pada prosedur penelitian. Namun, peningkatan tersebut tidak terlalu signifikan.

Selanjutnya, pada reaksi hidrolisis yang lebih lama dari 120 menit, terjadi penurunan derajat hidrolisis. Pada waktu reaksi 120 menit, produk asam lemak telah mencapai kesetimbangannya sehingga kenaikan waktu reaksi tidak menghasilkan produk asam lemak secara signifikan. Telah diketahui bahwa reaksi hidrolisis ester dengan katalis asam merupakan reaksi bolak-balik atau *reversible* [6,7,17,25]. Penurunan derajat hidrolisis dalam waktu reaksi yang lebih lama menunjukkan bahwa kenaikan waktu reaksi akan mendorong terjadinya reaksi balik ke arah reaktan, dimana reaksi berlangsung melampaui kesetimbangannya. Sehingga terjadi penurunan produk yang dihasilkan.

Selain itu, reaksi yang terlalu lama, dalam pengertian melampaui waktu kesetimbangan, juga dapat mengakibatkan minyak dengan katalis asam mengalami pemanasan yang cukup lama. Jika asam yang bersifat oksidator kuat terlalu lama dipanaskan akan menyebabkan minyak menjadi rusak sehingga hasil hidrolisis akan berkurang. Oleh karena itu, tidak dilakukan reaksi lebih dari 180 menit untuk menghindari minyak menjadi lebih hangus.

Berdasarkan Gambar 4.1, reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* menghasilkan derajat hidrolisis sebesar 71,58% pada waktu reaksi optimum yaitu 120 menit. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Meade *et al.* (1962) yaitu 65% dengan waktu reaksi yang sama dan suhu yang sama juga [19]. Hal ini dikarenakan jenis *displacing acid* yang digunakan oleh beliau adalah asam asetat yang memiliki rantai hidrokarbon lebih pendek dibandingkan asam propionat. Rantai hidrokarbon tersebut bersifat nonpolar dan hidrofobik. Oleh karena itu, asam propionat bersifat lebih nonpolar dibandingkan dengan asam asetat sehingga lebih mudah berikatan dengan minyak yang juga bersifat nonpolar dan dapat membuat minyak lebih mudah larut dalam air. Hal tersebut dapat menyebabkan reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* terjadi lebih sempurna dibandingkan dengan penambahan asam asetat sehingga produk yang diperoleh lebih banyak.

Namun, reaksi hidrolisis yang dilakukan pada suhu 100°C dan tekanan ruang dengan waktu yang cukup lama (120 menit), menghasilkan *yield* yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penelitian Logan, *et al.* (1978) yang menghasilkan *yield* sebesar 78% pada waktu reaksi hanya 30 menit. Hal ini dikarenakan Logan *et al.* menggunakan suhu dan tekanan yang lebih tinggi yaitu 140°C dan 80 psig. Selain itu, jumlah air dan asam propionat yang digunakan juga lebih banyak yaitu air 60% berat minyak dan asam propionat 300% berat minyak [9]. Oleh karena itu, produk yang dihasilkan lebih banyak.

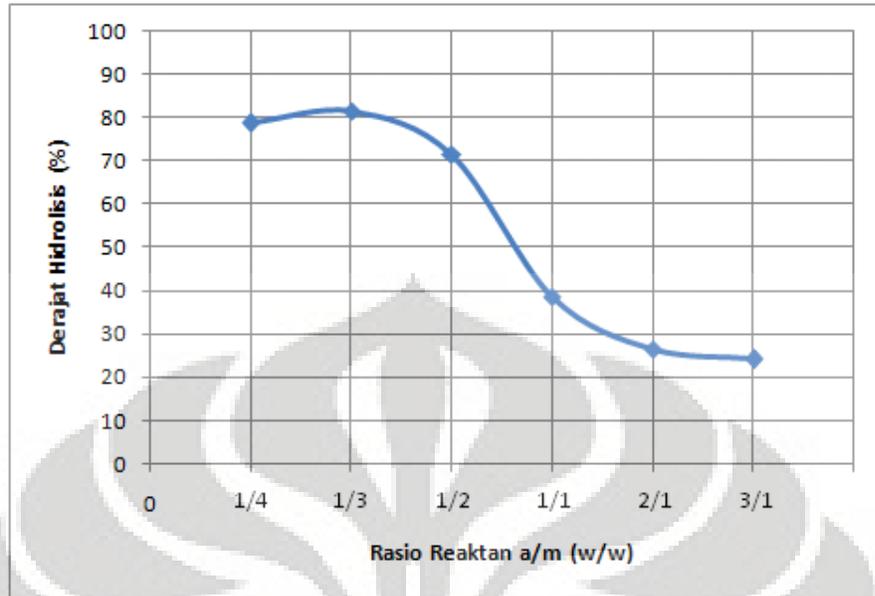
Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa kondisi reaksi hidrolisis yang berbeda dapat mempengaruhi hasil yang diperoleh pada waktu tertentu. Hal ini sesuai dengan teori yang dilaporkan oleh Logan *et al.* (1978) yaitu waktu reaksi hidrolisis tergantung pada beberapa faktor. Secara umum, peningkatan jumlah katalis *displacing acid* dan/atau peningkatan katalis asam kuat dan/atau peningkatan suhu akan meningkatkan laju reaksi [9].

Reaksi hidrolisis pada penelitian ini dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi dan pada tekanan ruang agar tidak membutuhkan biaya peralatan yang mahal. Oleh karena itu, variasi waktu yang dilakukan lebih lama dari 30 menit yaitu 60 menit dan tidak terlalu lama atau tidak lebih dari 180 menit dengan alasan seperti penjelasan sebelumnya.

4.2.2 Pengaruh Variasi Rasio Air dengan Minyak

Variasi rasio air dengan minyak pada penelitian ini diawali dari 1:2 kemudian dilakukan penurunan dan peningkatan rasio air dengan minyak tersebut untuk melihat pengaruh variabel tersebut terhadap derajat hidrolisis yang dihasilkan. Variasi tersebut dilakukan dengan persen berat katalis H₂SO₄ 9,2% berat minyak, suhu 100°C, dan waktu reaksi 120 menit. Gambar 4.2 memperlihatkan pengaruh rasio air dengan minyak terhadap derajat hidrolisis.

Dari gambar tersebut, terlihat bahwa derajat hidrolisis meningkat seiring dengan berkurangnya air dan mencapai titik optimum pada rasio air dengan minyak 1:3 atau air yang digunakan mencapai 33% berat minyak dengan derajat hidrolisis sebesar 81,47%.



Gambar 4.2 Pengaruh rasio air dengan minyak terhadap derajat hidrolisis

Berdasarkan penelitian Anozie dan Dzobo (2006), reaksi hidrolisis dengan rasio air dan minyak yaitu 1:4 menghasilkan *yield* mencapai 96% [7]. Oleh sebab itu, dilakukan variasi rasio air dengan minyak 1:4 sehingga diharapkan menghasilkan *yield* yang besar juga. Namun, hasil yang diperoleh pada Gambar 4.2 hanya mencapai 78,78% untuk rasio reaktan 1:4. Walaupun hasil optimum dari penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian Anozie dan Dzobo, tetap memiliki nilai yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan reaksi yang dilakukan oleh Anozie dan Dzobo menggunakan penambahan surfaktan (*linear alkyl benzene sulfonate*) sebesar 0,5% berat minyak melalui proses dua tahap dan membutuhkan waktu reaksi yang sangat lama yaitu 6 jam dengan total waktu reaksi selama 12 jam [7]. Sedangkan penelitian yang dilakukan pada pembahasan ini hanya dilakukan selama 2 jam sehingga produk yang dihasilkan lebih sedikit.

Sesuai dengan prinsip Le Chatelier, untuk reaksi kesetimbangan, jika reaktan ditambahkan maka reaksi akan bergeser ke arah produk, sehingga akan meningkatkan konversi reaktan menjadi produk. Sesuai dengan prinsip tersebut, derajat hidrolisis semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah reaktan. Semakin besar jumlah reaktan, semakin mendorong reaksi ke arah pembentukan asam lemak dan gliserol, sehingga meningkatkan derajat

hidrolisisnya. Oleh sebab itu, pada penelitian ini ditambahkan reaktan atau air berlebih, sehingga diharapkan reaksi berjalan ke arah produk asam lemak. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini hanya sampai penambahan rasio air dengan minyak 3:1 atau air yang ditambahkan sebesar 300% berat minyak, hal ini dikarenakan terbatasnya volume reaktor yang digunakan.

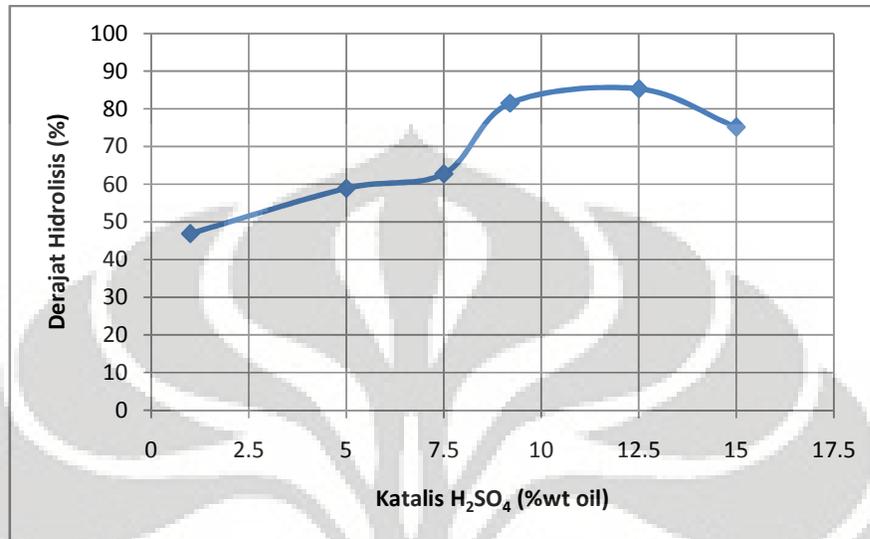
Namun, pada grafik tersebut terlihat bahwa air yang sangat berlebih menyebabkan penurunan produk asam lemak. Hal ini sesuai dengan mekanisme reaksi hidrolisis dengan katalis asam yang diawali oleh tahap protonasi asam terhadap trigliserida kemudian diikuti oleh tahap adisi H_2O [17]. Dimana katalis asam yang bereaksi adalah asam dengan konsentrasi tertentu. Saat ditambahkan air, maka katalis asam tersebut akan larut dengan air dan menyebabkan konsentrasi asam berkurang. Jika konsentrasi asam berkurang, maka kemampuan asam tersebut untuk bereaksi dengan minyak menjadi berkurang. Oleh karena itu, laju reaksi katalis asam dengan minyak menjadi sangat lemah dengan adanya penambahan air yang berlebih, sehingga produk yang dihasilkan berkurang. Hal ini sesuai dengan referensi yang ada yaitu jumlah air yang digunakan tidak lebih dari 100% berat minyak. Jika air yang digunakan lebih dari 100% berat minyak menyebabkan katalis asam kuat yaitu asam sulfat tidak larut langsung dengan minyak dimana laju reaksi pada reaksi tersebut sangat lemah [9].

Reaksi hidrolisis pada penelitian ini dilakukan pada rasio air dengan minyak yang sesuai penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan menyesuaikan ukuran reaktor yang digunakan. Oleh karena itu, variasi rasio air dengan minyak yang dilakukan adalah tidak terlalu kecil yaitu 1:4 agar memudahkan proses pengadukan selama reaksi berlangsung dan tidak terlalu besar yaitu 3:1 agar sesuai dengan volume reaktor yang digunakan.

4.2.3 Pengaruh Variasi Porsen Berat Katalis

Variasi porsen berat katalis H_2SO_4 pada Gambar 4.3 diawali dari porsen berat katalis H_2SO_4 9,2% berat minyak. Kemudian dilakukan pengurangan dan penambahan porsen berat katalis H_2SO_4 tersebut untuk melihat pengaruh variabel tersebut terhadap derajat hidrolisis yang dihasilkan. Variasi tersebut dilakukan pada kondisi rasio air dengan minyak 1:3 atau 33,33% berat minyak, waktu reaksi

120 menit, dan suhu reaksi 100°C. Pengaruh persen katalis asam sulfat terhadap derajat hidrolisis dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Pengaruh persen berat katalis H₂SO₄ terhadap derajat hidrolisis

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa derajat hidrolisis meningkat seiring dengan bertambahnya persentase katalis H₂SO₄ dan mencapai titik optimum pada penambahan katalis H₂SO₄ 12,5% berat minyak dengan derajat hidrolisis sebesar 85,29%. Hal ini sesuai dengan teori yaitu semakin bertambahnya katalis, reaksi akan semakin cepat atau laju reaksi semakin besar. Hal ini dikarenakan dengan waktu reaksi yang sama, penambahan katalis akan menyebabkan peningkatan laju reaksi hidrolisis semakin besar dan reaksi akan bergeser ke arah pembentukan produk, sekaligus meningkatkan produk asam lemak yang terbentuk [19].

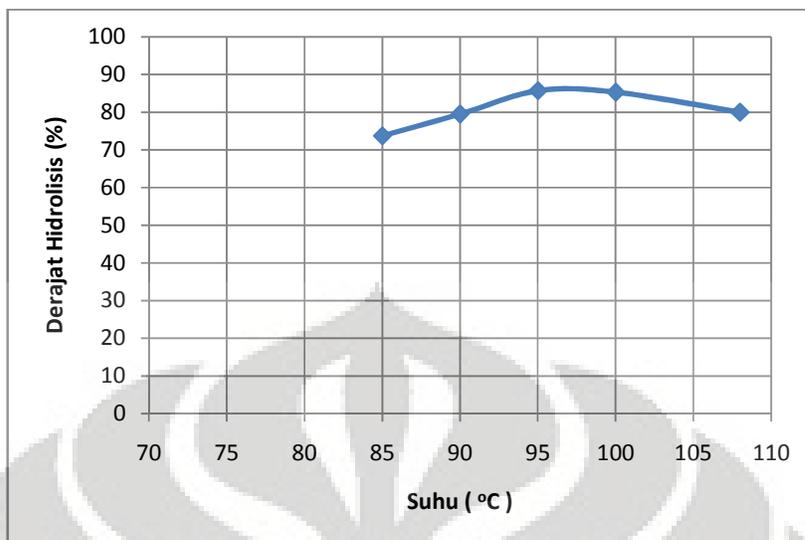
Namun, pada persentase katalis yang lebih besar dari 12,5% berat minyak yaitu 15%, mengakibatkan kondisi campuran di dalam reaktor terlalu asam dan karena asam bersifat oksidator kuat menyebabkan minyak menjadi rusak sehingga hasil hidrolisis akan berkurang. Selain itu, persentase katalis yang cukup tinggi disertai suhu reaksi yang cukup tinggi pula, akan mengakibatkan material logam agitator dikonsumsi oleh katalis tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan warna logam agitator menjadi kehitaman dan perubahan warna larutan menjadi kehijauan seperti penelitian yang dilaporkan oleh Meade *et al.* [19].

Derajat hidrolisis yang diperoleh pada kondisi optimum reaksi ini masih lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Anozie dan Dzobo (2006) yang menghasilkan konversi sebesar 96%. Mereka melakukan reaksi hidrolisis dengan katalis H_2SO_4 yang lebih rendah yaitu 0,5% berat minyak, namun dilakukan penambahan surfaktan (*linear alkyl benzene sulfonate*) sebesar 0,5% berat minyak dan reaksi dilakukan melalui proses dua tahap dengan waktu reaksi yang sangat lama yaitu 6 jam dengan total waktu reaksi selama 12 jam [7]. Kondisi tersebut menyebabkan reaksi berjalan sempurna karena adanya katalis asam yang cukup dan adanya surfaktan yang membantu pencampuran minyak dengan air. Selain itu, waktu yang lama menyebabkan terjadinya tumbukan antar molekul tiap reaktan terjadi lebih lama sehingga reaksi berjalan sempurna dan produk yang dihasilkan semakin banyak. Sedangkan pada penelitian ini, membutuhkan jumlah katalis yang cukup banyak untuk meningkatkan produk yang dihasilkan karena waktu reaksi yang dilakukan sangat cepat yaitu 2 jam. Selain itu, dengan jumlah katalis sebesar 12,5% berat minyak tersebut sudah menunjukkan minyak menjadi rusak akibat kondisi larutan yang cukup asam. Oleh karena itu, produk yang dihasilkan akan berkurang.

Berdasarkan literatur, persen berat katalis asam sulfat yang disarankan yaitu sebanyak 2-20% berat trigliserida [9]. Namun, pada penelitian ini dilakukan variasi penambahan katalis hanya sampai 15% berat minyak. Hal ini dikarenakan pada jumlah tersebut, katalis H_2SO_4 sudah merusak logam agitator seperti pada penjelasan sebelumnya.

4.2.4 Pengaruh Variasi Suhu Hidrolisis

Variasi suhu reaksi pada penelitian ini diawali dari suhu $100^{\circ}C$. Kemudian dilakukan penurunan dan peningkatan suhu reaksi tersebut untuk melihat pengaruh variabel tersebut terhadap derajat hidrolisis yang dihasilkan. Variasi tersebut dilakukan pada kondisi rasio air dengan minyak 1:3 atau 33,33% berat minyak, persen berat katalis H_2SO_4 12,5% berat minyak, dan waktu reaksi 120 menit. Grafik pada Gambar 4.4 berikut ini menunjukkan pengaruh suhu reaksi terhadap derajat hidrolisis.



Gambar 4.4 Pengaruh suhu reaksi terhadap derajat hidrolisis

Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu, maka semakin besar derajat hidrolisis reaksi dan diperoleh suhu optimum pada penelitian ini yaitu pada suhu 95°C dengan derajat hidrolisis 85,70%. Hal ini disebabkan karena reaksi hidrolisis ester merupakan reaksi endotermis sehingga kenaikan suhu akan mengakibatkan reaksi bergerak ke arah pembentukan asam karboksilat. Sesuai teori, meningkatnya suhu reaksi akan meningkatkan konversi sekaligus produk yang dihasilkan [19]. Sebaliknya, penurunan suhu reaksi akan mengakibatkan penurunan laju dan kesempurnaan reaksi ke arah produk asam lemak [7].

Hasil pada kondisi optimum tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan lebih tinggi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Meade *et al.* (1962) yaitu hanya 65%, walaupun kedua reaksi tersebut dilakukan dengan waktu reaksi yang sama dan suhu yang tidak jauh berbeda [19]. Hal ini dikarenakan jenis *displacing acid* yang digunakan oleh beliau adalah asam asetat, sedangkan reaksi hidrolisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan asam propionat. Oleh karena asam propionat bersifat lebih nonpolar dibandingkan dengan asam asetat, maka dapat melarutkan minyak dengan air lebih baik sehingga reaksi berjalan sempurna dan produk yang dihasilkan akan lebih banyak.

Selain itu, jika dibandingkan dengan hasil penelitian Anozie dan Dzobo (2006) yang menghasilkan konversi sebesar 96%, hasil optimum tersebut masih lebih rendah yaitu hanya 85,70%. Hal ini dikarenakan waktu reaksi yang

dibutuhkan lebih cepat dan katalis H_2SO_4 yang digunakan pada penelitian ini lebih banyak dibandingkan reaksi yang dilakukan oleh Anozie dan Dzobo. Oleh karena itu, reaksi hidrolisis yang terjadi kurang sempurna karena minyak telah rusak oleh asam yang bersifat oksidator kuat dan waktu yang cukup cepat sehingga produk yang diperoleh akan berkurang.

Rentang suhu yang dilakukan pada penelitian ini adalah di bawah titik didih senyawa-senyawa yang berada di dalam reaktor yaitu $85-108^\circ C$. Pemilihan suhu tersebut disesuaikan dengan variasi suhu yang dilakukan oleh Anozie dan Dzobo (2006) yaitu $80-100^\circ C$ yang dapat menghasilkan konversi di atas 96%, sehingga diharapkan reaksi ini menghasilkan konversi yang besar pula. Selain itu, suhu yang divariasikan masih berada dalam rentang suhu yang disarankan oleh Logan *et al.* yaitu antara $50-180^\circ C$ [9]. Suhu reaksi penelitian ini tidak terlalu rendah hingga $50^\circ C$ dikarenakan reaksi hidrolisis dengan katalis asam secara umum merupakan reaksi kesetimbangan yang membutuhkan panas atau kalor agar berjalan sempurna dan menghasilkan produk yang optimal. Jika digunakan suhu rendah, laju reaksi akan lambat, sehingga produk yang dihasilkan sedikit. Namun, suhu yang digunakan juga tidak terlalu tinggi atau melebihi titik didih reaktan dan katalis. Jika suhu reaksi tinggi, mengakibatkan baik katalis asam sulfat, *displacing acid* (asam propionat), maupun air dapat menguap. Hal ini menyebabkan kontak antar molekul-molekul reaktan dan katalis belum benar-benar sempurna, namun reaktan dan katalis sudah berkurang, sehingga hasil hidrolisis berkurang pula.

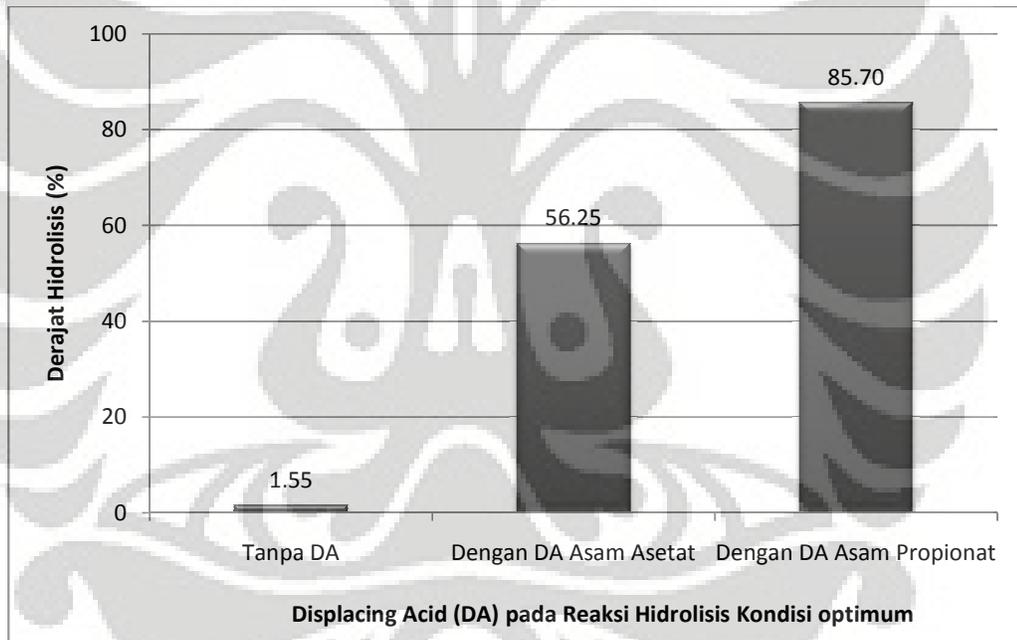
4.2.5 Pengaruh Penambahan Asam Propionat sebagai Displacing Acid

Untuk melihat pengaruh penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* pada reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit ini, sebagai pembanding dilakukan reaksi hidrolisis tanpa penambahan asam propionat. Reaksi tersebut dilakukan dengan menggunakan kondisi operasi optimum dari reaksi dengan penambahan asam propionat yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil yang diperoleh yaitu derajat hidrolisis reaksi tanpa asam propionat sebesar 1,55%. Angka tersebut jauh lebih rendah dari derajat hidrolisis reaksi dengan asam propionat yang mencapai 85,70%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa penambahan asam propionat dalam reaksi hidrolisis dapat meningkatkan derajat hidrolisis. Hal ini dikarenakan, dalam

larutan asam, oksigen karbonil dari suatu ester dapat diprotonkan. Kemudian karbon yang bermuatan positif parsial, dapat diserang oleh nukleofil lemah seperti air. Sehingga hasil hidrolisis yang diperoleh meningkat [17]. Selain itu, minyak kelapa sawit dan air sebagai reaktan tidak dapat tercampur secara sempurna tanpa adanya *displacing acid* yang berperan untuk melarutkan kedua reaktan tersebut [9]. Hal ini mengakibatkan sedikitnya kontak antara kedua reaktan, yaitu terbatas pada daerah antar permukaan saja, sehingga reaksi tidak dapat berlangsung sempurna.

Selain itu, jenis *displacing acid* juga mempengaruhi derajat hidrolisis yang diperoleh. *Displacing acid* yang biasa digunakan adalah asam asetat dan asam propionat [9]. Pengaruh penambahan *displacing acid* tersebut terhadap derajat hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 4.5.



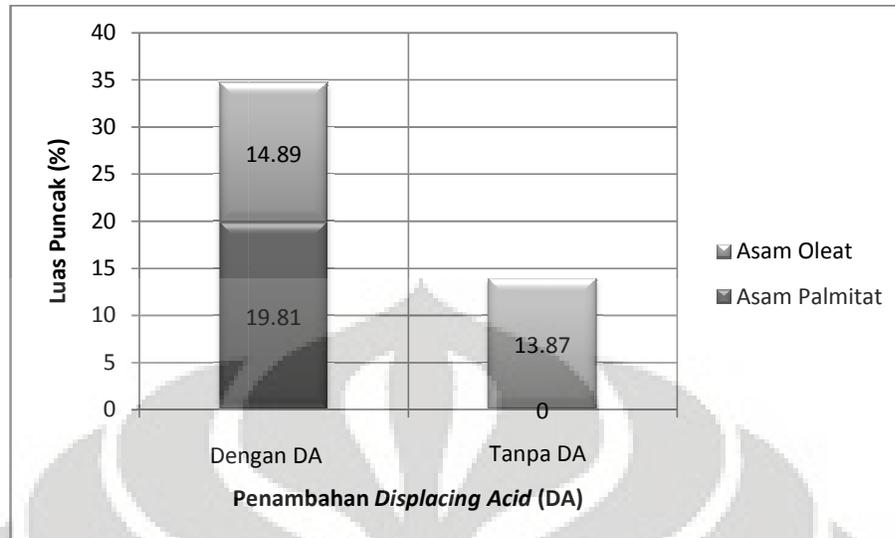
Gambar 4.5 Pengaruh penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* terhadap derajat hidrolisis hasil reaksi pada kondisi optimum

Pada gambar tersebut, dapat diketahui bahwa asam propionat menghasilkan derajat hidrolisis yang lebih besar dibandingkan asam asetat. Derajat hidrolisis yang diperoleh dari hasil penelitian Eki Listya Rini (2008) dengan penambahan asam asetat hanya sebesar 56,25% [26]. Oleh karena itu, asam propionat berfungsi sebagai *displacing acid* lebih baik daripada asam asetat

pada hidrolisis minyak kelapa sawit. Hal ini disebabkan asam propionat memiliki rantai hidrokarbon yang lebih panjang dibandingkan asam asetat.

Asam propionat dan asam asetat merupakan asam karboksilat. Rantai pada asam karboksilat terdiri dari dua bagian yaitu bagian kepala atau gugus karboksil (-COOH) dan bagian ekor atau rantai hidrokarbon (R-). Gugus karboksil tersebut bersifat polar dan mudah berikatan hidrogen dengan molekul air atau hidrofilik. Sedangkan rantai hidrokarbon tersebut bersifat nonpolar dan hidrofobik. Kelarutan asam karboksilat dalam air semakin berkurang seiring dengan bertambahnya berat molekul asam karboksilat [27]. Maka, dapat dikatakan bahwa semakin panjang rantai hidrokarbon atau semakin besar berat molekul asam karboksilat, semakin nonpolar asam tersebut. Dengan ukuran kepala atau gugus karboksil yang sama besar, asam propionat yang memiliki rantai hidrokarbon yang lebih panjang daripada asam asetat. Oleh karena itu, asam propionat bersifat lebih nonpolar sehingga lebih mudah berikatan dengan minyak yang juga bersifat nonpolar dan dapat membuat minyak lebih mudah larut dalam air. Dengan kata lain, asam propionat dapat bersifat sebagai surfaktan atau penurun tegangan permukaan antara air dengan minyak. Hal ini dapat menyebabkan reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* terjadi lebih sempurna dibandingkan dengan penambahan asam asetat.

Analisis produk asam lemak juga dilakukan dengan menggunakan analisis GC/MS. Dari analisis tersebut dapat diketahui jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam produk. Berdasarkan literatur, perkiraan konsentrasi asam lemak bebas dapat diperoleh dengan menggunakan metode daerah puncak [23]. Metode ini mengasumsikan bahwa persen daerah atau luas puncak hasil kromatogram GC/MS sebanding dengan konsentrasi asam lemak bebas pada produk. Konsentrasi asam lemak bebas dalam produk hidrolisis minyak kelapa sawit pada kondisi optimum, baik dengan penambahan *displacing* maupun tidak, dapat dilihat pada Gambar. 4.6. Hasil analisis GC/MS tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi asam lemak bebas dalam produk hidrolisis dengan penambahan *displacing acid* lebih besar dibandingkan dengan asam lemak bebas dalam produk hidrolisis tanpa penambahan *displacing acid*.



Gambar 4.6 Hasil analisis GC/MS terhadap produk asam lemak hasil reaksi dengan dan tanpa *displacing acid* pada kondisi reaksi optimum

Sesuai literatur, kandungan asam lemak yang paling besar dalam minyak kelapa sawit adalah asam palmitat dan asam oleat [11]. Oleh karena itu, pada pembahasan ini hanya menampilkan asam lemak bebas jenis asam palmitat dan asam oleat saja. Berdasarkan Gambar 4.6, hidrolisis dengan penambahan *displacing acid* menghasilkan produk asam palmitat dan asam oleat masing-masing sebesar 19,81% dan 14,89%. Sedangkan, hidrolisis tanpa penambahan *displacing acid* menghasilkan produk asam palmitat dan asam oleat masing-masing hanya sebesar 0% dan 13,87%.

Berdasarkan literatur, *displacing acid* pada reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit, tidak hanya berperan sebagai surfaktan yaitu mencampurkan reaktan air dan minyak secara homogen sehingga memperluas kontak reaktan, namun juga menyebabkan terjadinya reaksi *acidolysis* yang dijelaskan oleh Meade *et al.* [19]. Dalam mekanisme reaksi *acidolysis*, asam propionat berperan dalam pemutusan ikatan asam lemak dengan gliserol secara bertahap. Namun, hasil analisis GC/MS menunjukkan hasil reaksi *acidolysis* yang sangat sedikit. Jadi, pada proses hidrolisis ini, asam propionat hanya bereaksi sebagai surfaktan atau penurun tegangan permukaan antara air dengan minyak sehingga meningkatkan produk asam lemak yang dihasilkan dan meningkatkan derajat hidrolisis yang dicapai.

BAB V

KESIMPULAN

Dari percobaan yang telah dilakukan dan hasil-hasil analisis yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Derajat hidrolisis meningkat seiring dengan lamanya waktu reaksi hidrolisis. Derajat hidrolisis optimum diperoleh saat waktu reaksi berlangsung selama 120 menit yaitu 71,58%.
2. Derajat hidrolisis meningkat seiring dengan berkurangnya air. Derajat hidrolisis optimum diperoleh pada kondisi reaktan 1:3 g air/g minyak yaitu 81,47%.
3. Derajat hidrolisis meningkat seiring dengan bertambahnya persentase katalis H_2SO_4 . Derajat hidrolisis optimum diperoleh saat katalis yang digunakan sebesar 12,5% berat yaitu 85,29%.
4. Derajat hidrolisis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu reaksi hidrolisis. Derajat hidrolisis optimum diperoleh pada suhu $95^\circ C$ yaitu 85,70%.
5. Kondisi optimum yang diperoleh untuk reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit adalah pada waktu reaksi 120 menit, rasio air dengan minyak 1:3, persen katalis asam sulfat 12,5% dan suhu reaksi $95^\circ C$, dengan derajat hidrolisis yang diperoleh adalah sebesar 85,70%.
6. Reaksi hidrolisis dengan penambahan asam propionat sebagai *displacing acid* menghasilkan derajat hidrolisis lebih besar dengan nilai 85,70% daripada reaksi hidrolisis tanpa penambahan asam propionat yang menghasilkan derajat hidrolisis hanya sebesar 1,55%.

DAFTAR ACUAN

- [1] Syamsul Rahman (2005). *Prospek Pengembangan Produk Sawit*. Diakses 6 Maret 2007, dari Portal Tribun Timur Makasar.
<http://www.Tribun-timur.com>
- [2] Didiék Hadjar Goenadi, *et al.*, *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa Sawit di Indonesia* (Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2005), hal. 9.
- [3] Didiék Hadjar Goenadi, *et al.*, *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa Sawit di Indonesia* (Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2005), hal. 42.
- [4] Didiék Hadjar Goenadi, *et al.*, *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa Sawit di Indonesia* (Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian Republik Indonesia, 2005), hal. 48.
- [5] M. Nakamura, "Fatty Acid Methyl Ester and Its Relative Products from Palm Oil," *Journal Oleo Science*, 50(5) 2001 : hal. 445 – 452.
- [6] S. Ketaren, *Minyak dan Lemak Pangan* (Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia, 1986), hal. 5-11.
- [7] Ambrose N. Anozie, Joselin M. Dzobo, "Kinetics of The Hydrolysis of Palm Oil and Palm Kernel Oil", *Journal of American Chemical Society* 45 2006: hal. 1604 – 1612.
- [8] Khairat, Syamsu Herman, "Kinetika Reaksi Hidrolisis Minyak Kelapa Sawit dengan Katalisator Asam Klorida", *Jurnal Natur Indonesia* 6(2) 2004 : hal. 118-121.
- [9] Ted J. Logan, David C. Underwood, dan Tom C. Rheinecker, 1980, "Hydrolysis of Triglycerides", United States Patent 4218386.
- [10] Sekretariat Jendral Departemen Perindustrian, *Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit* (Jakarta: Departemen Perindustrian Indonesia, 2007), hal. 1
- [11] S. Ketaren, *Minyak dan Lemak Pangan* (Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia, 1986), hal. 250-255.
- [12] Nurhida Pasaribu, *Minyak Buah Kelapa Sawit* (Sumatera Utara: Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara, 2004), hal. 1-3.

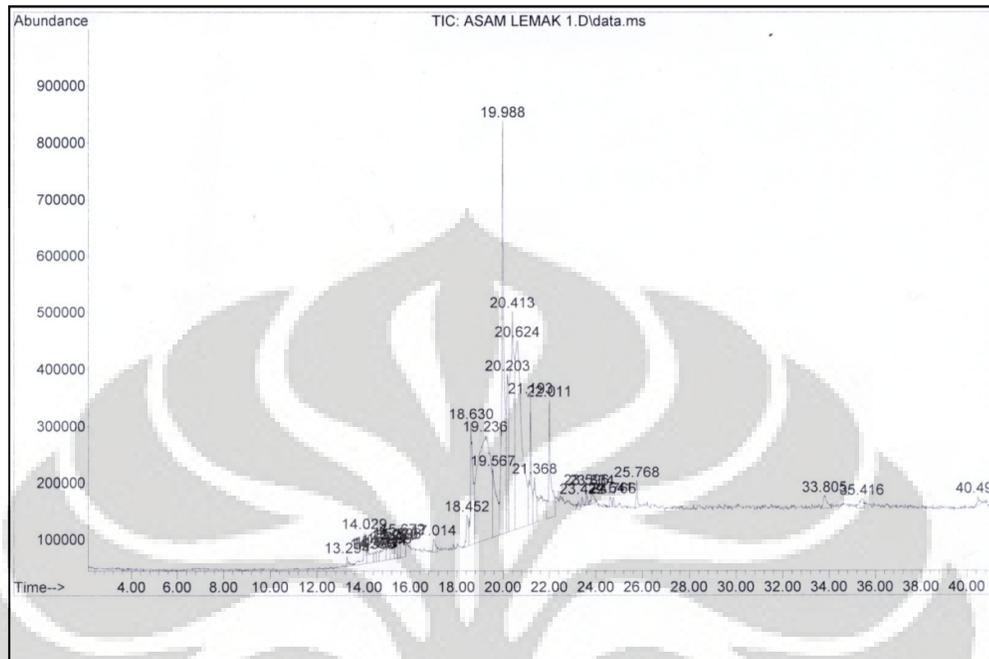
- [13] “Kelapa Sawit”. Diakses 6 Maret 2007, dari Wikipedia Indonesia.
<http://www.wikipedia.co.id>
- [14] Ralp J. Fessenden, Joan S. Fessenden, *Kimia Organik, terj.A.Hadyana P., jilid 2, edisi Ketiga* (Jakarta: Penerbit Erlangga, 1995), hal 408-409.
- [15] “Asam Lemak”. Diakses 19 Januari 2008, dari Wikipedia Indonesia.
<http://www.wikipedia.co.id>.
- [16] P. E. L. Axel, “Fatty Acids; A Versatile and Suistainable Source of Raw Materials for The Surfactants Industry” *Oleagineux, Crop Gras, Lipides* 8(2) 2001: hal 145-151.
- [17] Ralp J. Fessenden, Joan S. Fessenden, *Kimia Organik, terj.A.Hadyana P., jilid 2, edisi Ketiga* (Jakarta: Penerbit Erlangga, 1995), hal. 125-126.
- [18] M. Yusuf Ritonga, *Destilasi Asam Lemak* (Sumatera Utara: Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, 2004), hal 3-5.
- [19] Edwin M. Meade, Dilys M. Walder, “Acetolysis of Glycerides,” *Journal of The American Oil Chemists’ Society* 39 1962: hal 1-6.
- [20] August Sturzenegger, Hermann Sturm, “Hydrolysis of Fats at High Temperatures”, *Journal of Industrial Engineering Chemistry* 43(2) 1949 : hal 510-515.
- [21] R. A. Day Jr. dan A. L. Underwood, *Analisis Kimia Kuantitatif, terj.A.Hadyana P., edisi 5* (Jakarta: Erlangga, 1989).
- [22] Stephen Bialkowski (2005). *Volumetric (Titrimetric) Analysis*. Diakses 23 Juni 2008, dari Utah State University.
<http://www.chem.usu.edu/htm>
- [23] Fulton G. Kitson, Barbara S. Larsen, Charles N. McEwen, *Gas Chromatography and Mass Spectrometry* (San Diego: Academic Press, 1990).
- [24] S. Ketaren, *Minyak dan Lemak Pangan*, (Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia, 1986) hal 30-32.
- [25] O. J. Ackelsberg, “Fat Splitting”, *Journal of The American Oil Chemists’ Society* 35 1958 : hal 635-640.
- [26] Eki Listya Rini, “Pengaruh Penambahan Asam Asetat sebagai *Displacing Acid* pada Reaksi Hidrolisis Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Asam Sulfat”, Skripsi, Departemen Teknik Kimia FTUI, Depok, 2008.
- [27] Antony C. Wilbraham, Michael S. Matta, *Pengantar Kimia Organik dan Hayati, terj.Suminar Achmadi*, (Bandung: Penerbit ITB, 1992), hal. 138-139.

LAMPIRAN

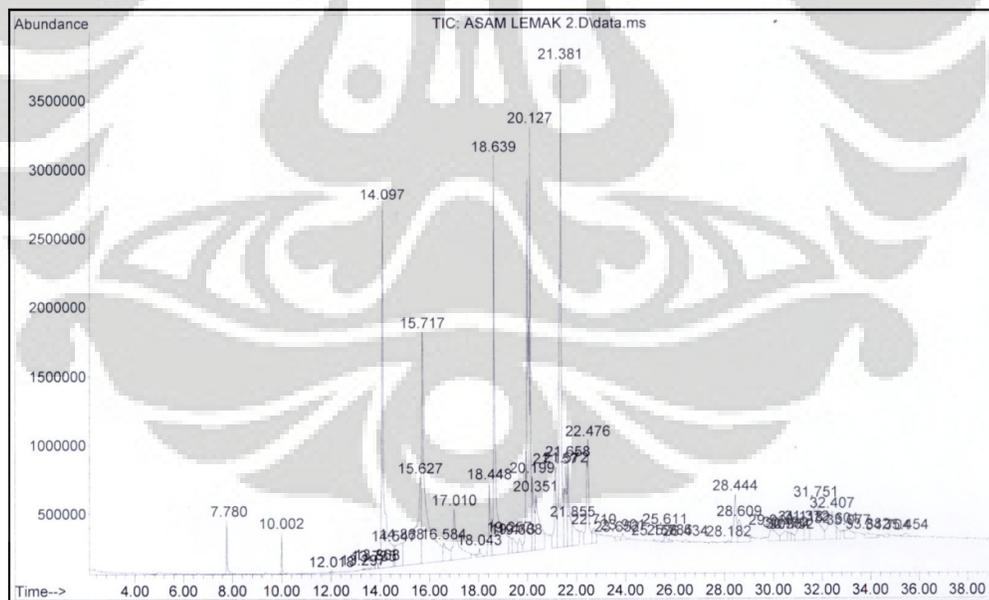
Lampiran 1. Perhitungan Derajat Hidrolisis

Reaksi hidrolisis variasi waktu reaksi						
Rasio a/m (w/w)	Suhu (°C)	Waktu reaksi (menit)	Katalis H ₂ SO ₄ (% wt oil)	Asam Lemak		Derajat Hidrolisis (%)
				AV	SV	
1:2	100	60	9.2	176.535	319.825	55.20
		90		173.393	332.569	52.14
		120		232.179	324.360	71.58
		180		213.650	310.482	68.81
Reaksi hidrolisis variasi rasio a/m						
Rasio a/m (w/w)	Suhu (°C)	Waktu reaksi (menit)	Katalis H ₂ SO ₄ (% wt oil)	Asam Lemak		Derajat Hidrolisis (%)
				AV	SV	
1:4	100	120	9.2	229.541	291.371	78.78
1:3				239.233	293.652	81.47
1:2				232.179	324.991	71.44
1:1				131.326	339.984	38.63
2:1				87.251	328.991	26.52
3:1				75.572	313.280	24.12
Reaksi hidrolisis variasi % katalis						
Rasio a/m (w/w)	Suhu (°C)	Waktu reaksi (menit)	Katalis H ₂ SO ₄ (% wt oil)	Asam Lemak		Derajat Hidrolisis (%)
				AV	SV	
1:3	100	120	1	161.340	344.323	46.86
			5	206.003	350.191	58.83
			7.5	221.465	352.871	62.76
			9.2	239.233	293.652	81.47
			12.5	262.250	307.490	85.29
			15	219.339	292.058	75.10
Reaksi hidrolisis variasi suhu reaksi						
Rasio a/m (w/w)	Suhu (°C)	Waktu reaksi (menit)	Katalis H ₂ SO ₄ (% wt oil)	Asam Lemak		Derajat Hidrolisis (%)
				AV	SV	
1:3	85	120	12.5	213.366	289.429	73.72
	90			238.279	299.706	79.50
	95			346.420	404.223	85.70
	100			262.250	307.490	85.29
	108			321.86	402.398	79.99
Reaksi hidrolisis variasi penambahan displacing acid pada kondisi reaksi optimum						
Kondisi reaksi (reaktan 1:3, katalis 12,5% wt oil, 120 menit, 95 °C)				Asam Lemak		Derajat Hidrolisis (%)
				AV	SV	
Reaksi tanpa penambahan asam propionat				2.792	179.683	
Reaksi dengan penambahan asam propionat				346.420	404.223	85.70

Lampiran 2. Kromatogram GC/MS Sampel Asam Lemak



Gambar a. Kromatogram sampel asam lemak hasil hidrolisis tanpa penambahan asam propionat



Gambar b. Kromatogram sampel asam lemak hasil hidrolisis dengan penambahan asam propionat