



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN ASAM RISINOLEAT MELALUI HIDROLISIS
MINYAK JARAK DALAM LARUTAN BASA**

SKRIPSI

**FIKRI IBRAHIM RAMADHAN
0606076381**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM SARJANA
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMBUATAN ASAM RISINOLEAT MELALUI HIDROLISIS
MINYAK JARAK DALAM LARUTAN BASA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik Kimia**

**FIKRI IBRAHIM RAMADHAN
0606076381**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM SARJANA
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Fikri Ibrahim Ramadhan

NPM : 0606076381

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Fikri Ibrahim Ramadhan
NPM : 0606076381
Program Studi : Teknik Kimia
Judul Skripsi : Pembuatan Asam Risinoleat Melalui Hidrolisis Minyak
Jarsk dalam Larutan Basa

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Sukirno, M. Eng ()
Penguji : Ir. Dewi Tristantini, MT, PhD ()
Penguji : Ir. Setiadi, M. Eng ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 25 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Sukirno, M. Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Mang Izal dan Mas Eko sebagai teknisi laboratorium yang telah membantu saya secara teknis;
3. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Ferry, Yasir, Yogi, dan teman-teman angkatan 2006 yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 25 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fikri Ibrahim Ramadhan

NPM : 0606076381

Program Studi : Teknik Kimia

Departemen : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Pembuatan Asam Risinoleat Melalui Hidrolisis Minyak Jarak dalam Larutan Basa”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 25 Juni 2010

Yang menyatakan

(Fikri Ibrahim Ramadhan)

ABSTRAK

Nama : Fikri Ibrahim Ramadhan
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Pembuatan Asam Risinoleat Melalui Hidrolisis Minyak Jarak dalam Larutan Basa

Diversifikasi minyak jarak menjadi senyawa lain dapat meningkatkan nilai jual minyak jarak. Salah satunya adalah asam risinoleat. Asam risinoleat dibuat melalui dua tahap reaksi yaitu hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH yang menghasilkan sabun dilanjutkan dengan netralisasi sabun dengan HCl. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum proses pembuatan asam risinoleat. Variabel yang divariasikan meliputi konsentrasi NaOH yang digunakan (2,175 M, 3,24 M, 4,67 M, 6,515 M, 8,112 M, dan 10,83 M) dan temperatur reaksi hidrolisis (50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C). Penelitian ini juga mencoba membandingkan netralisasi sabun yang dilakukan tanpa pemanasan dengan netralisasi sabun yang disertai pemanasan untuk melihat pengaruhnya terhadap *yield* asam risinoleat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *yield* asam risinoleat tertinggi, yaitu sebesar 98,4%, dicapai pada hidrolisis minyak jarak yang berlangsung dalam larutan NaOH 6,515 M pada temperatur 70°C yang dilanjutkan dengan netralisasi sabun tanpa disertai pemanasan.

Kata kunci:
Asam risinoleat, minyak jarak, hidrolisis

ABSTRACT

Name : Fikri Ibrahim Ramadhan
Study Program : Chemical Engineering
Title : Synthesis of Ricinoleic Acid by Castor Oil Hydrolysis in Alkaline Solution

Castor oil diversification can increase the economic value of castor oil. One of them is ricinoleic acid. Ricinoleic acid is produced by castor oil hydrolysis in NaOH solution to produce soap followed by neutralizing soap with HCl. The aim of this research is to find out optimum condition of ricinoleic acid process production. Variables varied in this research are concentration of NaOH used (2,175 M, 3,24 M, 4,67 M, 6,515 M, 8,112 M, dan 10,83 M) and hydrolysis temperature (50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, and 100°C). This research also compare soap neutralization carried out without heating and soap neutralization carried out with heating. The result showed that castor oil hydrolysis properly occur in NaOH solution 6,515 M at 70°C followed by soap neutralization without heating.

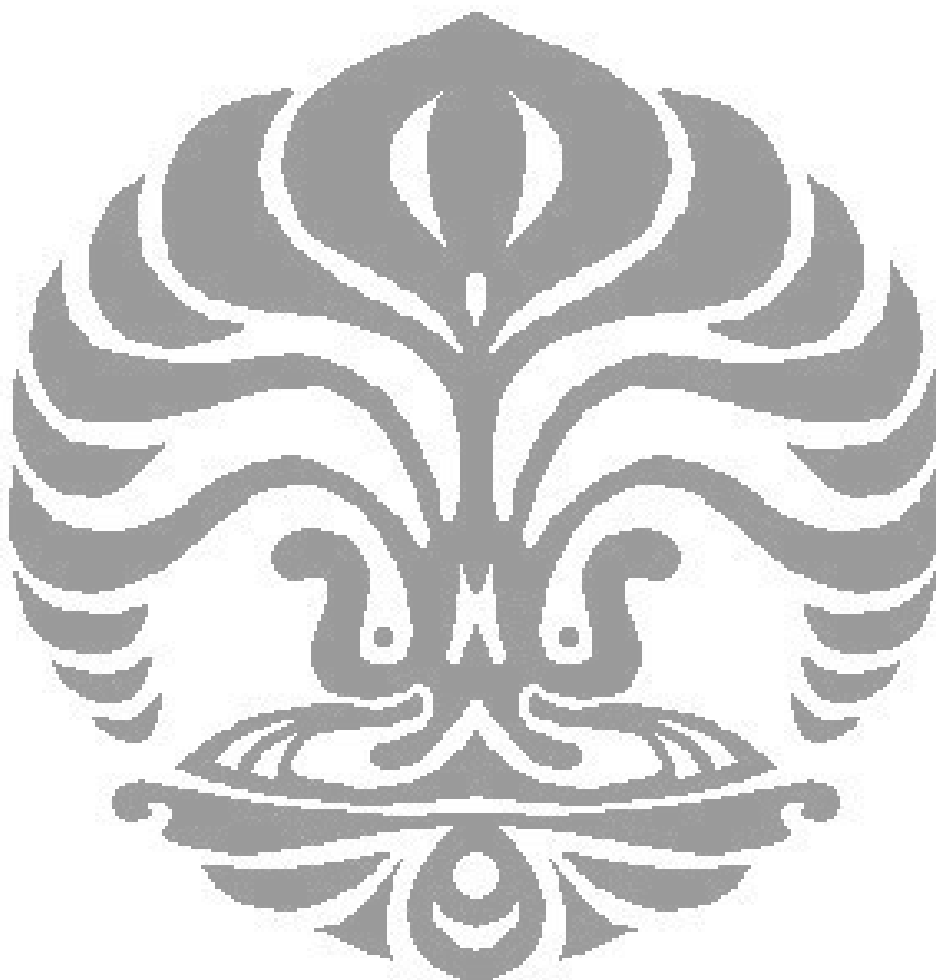
Keywords:

Ricinoleic acid, castor oil, hydrolysis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Asam Risinoleat.....	5
2.1.1 Sifat Fisika dan Kimia.....	5
2.1.2 Kegunaan	6
2.2 Minyak Jarak sebagai Bahan Baku Pembuatan Asam Risinoleat.....	8
2.3 Hidrolisis.....	10
2.3.1 Hidrolisis Murni.....	10
2.3.2 Hidrolisis dalam Larutan Asam.....	10
2.3.3 Hidrolisis dalam Larutan Basa.....	12
2.3.4 Hidrolisis dengan Enzim sebagai Katalis	14
2.5 Analisis Minyak dan Lemak.....	15
2.5.1 Penentuan Sifat Minyak dan Lemak.....	15
2.5.2 Penentuan Kualitas Minyak dan Lemak.....	16
3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Diagram Alir Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	19
3.3 Prosedur Penelitian	20
3.3.1 Karakterisasi Minyak Jarak	20
3.3.2 Hidrolisis Minyak Jarak dalam Larutan Basa.....	21
3.3.3 Netralisasi Sabun	22
3.3.4 Pemisahan Asam Risinoleat	22
3.3.5 Karakterisasi Asam Risinoleat.....	23
3.4 Pengolahan Data	23
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24

4.1 Karakterisasi Minyak Jarak	24
4.2 Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH terhadap <i>Yield</i> Asam Risinoleat.....	25
4.3 Pengaruh Temperatur Reaksi Hidrolisis terhadap <i>Yield</i> Asam Risinoleat	28
4.4 Perbandingan antara Netralisasi Sabun yang Dilakukan Tanpa Pemanasan dengan Netralisasi Sabun yang Disertai Pemanasan	33
5. KESIMPULAN	35
DAFTAR REFERENSI.....	36

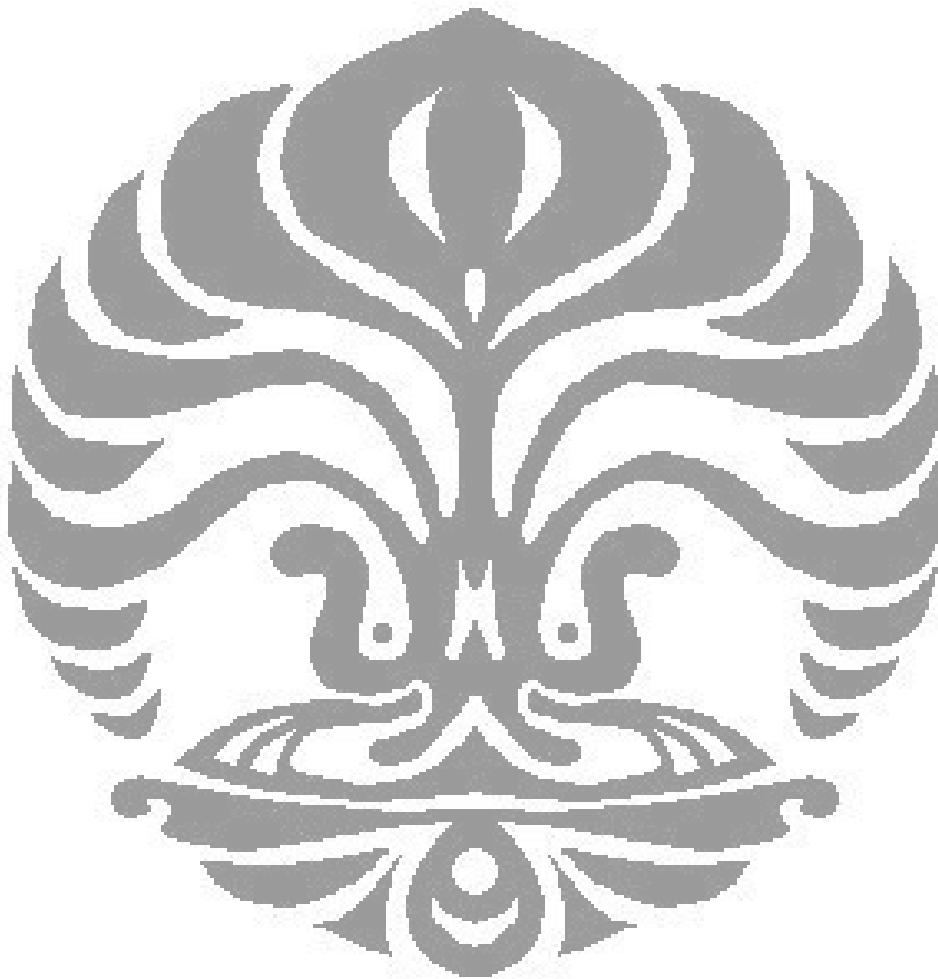


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ikatan rangkap dan dua gugus aktif dalam asam risinoleat	5
Gambar 2.2	Struktur kimia d 12 asetoksi cis 9 oktadekenol	7
Gambar 2.3	Mekanisme reaksi hidrolisis dalam larutan asam	11
Gambar 2.4	Mekanisme reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH	12
Gambar 2.5	Mekanisme reaksi netralisasi	14
Gambar 2.6	Tahapan hidrolisis trigliserida yang dikatalisis oleh lipase	14
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	18
Gambar 3.2	Skema peralatan yang digunakan untuk reaksi	19
Gambar 3.3	Pemisahan asam risinoleat	23
Gambar 4.1	Pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap <i>yield</i> asam risinoleat untuk reaksi hidrolisis minyak jarak yang berlangsung pada temperatur 60°C	25
Gambar 4.2	Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 3,24 M	27
Gambar 4.3	Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 6,515 M	27
Gambar 4.4	Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 8,112 M dan 10,83 M	28
Gambar 4.5	Pengaruh temperatur reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 6,515 M terhadap <i>yield</i> asam risinoleat	29
Gambar 4.6	Mekanisme reaksi oksidasi minyak jarak	31
Gambar 4.7	Mekanisme reaksi dekomposisi hidroperoksida	32
Gambar 4.8	Asam risinoleat yang dihasilkan melalui hidrolisis minyak jarak pada temperatur a. 50°C, b. 60°C, c. 70°C, d. 80°C, e. 90°C dan f. 100°C dalam larutan NaOH 6,515 M	33
Gambar 4.9	Perbandingan antara netralisasi sabun yang dilakukan tanpa pemanasan dengan netralisasi sabun yang disertai pemanasan	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat fisika dan kimia asam risinoleat.....	6
Tabel 2.2 Kandungan minyak jarak.....	8
Tabel 2.3 Sifat fisika dan kimia minyak jarak.....	9
Tabel 4.1 Hasil karakterisasi minyak jarak.....	24



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak jarak merupakan minyak yang dihasilkan dari biji tanaman jarak jenis *Ricinus communis L.* yang banyak tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Minyak jarak mengandung komponen asam lemak yang sebagian besar terdiri dari asam risinoleat. Kandungan asam risinoleat dalam minyak jarak mencapai 87% (Swern, 1979). Adanya asam risinoleat yang terkandung dalam minyak jarak mengakibatkan minyak jarak berbeda dengan minyak nabati lainnya. Hal ini dikarenakan asam risinoleat yang terkandung dalam minyak jarak memiliki ikatan rangkap dan dua gugus aktif, yaitu gugus hidroksil dan gugus karboksil, sehingga menjadikan minyak jarak dapat dimodifikasi dengan mudah.

Di Indonesia, industri berbasis pertanian, terutama yang menggunakan minyak jarak sebagai bahan bakunya, belum dikembangkan. Minyak jarak yang diperoleh dari biji tanaman jarak dijual begitu saja tanpa diolah lebih lanjut. Padahal, minyak jarak yang telah diolah lebih lanjut akan memiliki nilai jual yang lebih tinggi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai jual minyak jarak adalah dengan mengkonversi minyak jarak menjadi asam risinoleat.

Harga asam risinoleat saat ini mencapai US \$57,98/500 ml. Harga ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan harga minyak jarak yang hanya mencapai US \$7,55/l. Selain itu, asam risinoleat sangat dibutuhkan dalam dunia industri. Asam risinoleat dan senyawa-senyawa turunannya banyak digunakan sebagai bahan baku industri terutama industri *surface-active agents*, *plasticizer*, pelumas, dan bahan-bahan kimia seperti *sebacic acid*, *methyl n-hexyl ketone*, *capryl alcohol*, *10-undecylenic acid*, dan *heptaldehid* (Kirk dan Othmer, 1964). Asam risinoleat juga digunakan sebagai bahan obat sakit lambung, emulsifier pada cat dan tinta, serta bahan sabun dan kosmetik (Susanti, 2006).

Asam risinoleat yang terdapat dalam minyak jarak dapat diperoleh melalui hidrolisis minyak jarak. Hidrolisis minyak jarak dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu hidrolisis termik menggunakan suhu tinggi (250°C) dan tekanan tinggi (50 atm), hidrolisis secara enzimatis, dan hidrolisis dalam larutan basa (Susanti, 2006).

Hidrolisis minyak jarak yang dilakukan pada suhu 250°C selama satu jam dapat mencapai konversi hingga 61% (Rahayu dan Agra, 2001). Akan tetapi, penggunaan proses termik, selain membutuhkan energi yang cukup besar dan investasi peralatan yang mahal, dapat menghasilkan produk berwarna gelap dan bau yang relatif kurang disukai konsumen (Susanti, 2006). Sementara itu, proses hidrolisis secara enzimatik belum umum digunakan secara komersial karena memerlukan waktu yang lebih lama, proses kontinyu relatif lebih sulit, dan harga enzim lipase yang lebih mahal (Susanti, 2006). Selain itu, pada reaksi hidrolisis secara enzimatik, lipase tidak dapat digunakan kembali karena terlarut dalam media reaksi (Kirk, Vedel, dan Crone, 2002). Hal ini menyebabkan biaya reaksi yang dikatalisis lipase semakin meningkat. Oleh karena itu, pada penelitian ini, pembuatan asam risinoleat dilakukan melalui hidrolisis dalam larutan basa.

Pembuatan asam risinoleat dari minyak jarak melalui hidrolisis dalam larutan basa berlangsung dalam dua tahap. Hidrolisis minyak jarak dalam larutan basa akan menghasilkan sabun. Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis selanjutnya dinetralisasi dengan asam kuat untuk menghasilkan asam risinoleat.

Temperatur dan konsentrasi reaktan merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi suatu reaksi. Pada umumnya, laju reaksi akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur dan konsentrasi. Atas dasar hal tersebut, pada penelitian ini, temperatur reaksi hidrolisis dan konsentrasi larutan basa yang digunakan divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *yield* asam risinoleat sehingga kondisi optimum proses pembuatan asam risinoleat dapat diketahui. Selain itu, penelitian ini juga mencoba membandingkan netralisasi sabun yang dilakukan tanpa pemanasan dengan netralisasi sabun yang disertai pemanasan untuk melihat pengaruhnya terhadap *yield* asam risinoleat.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi larutan NaOH yang digunakan pada reaksi hidrolisis terhadap *yield* asam risinoleat?
2. Bagaimana pengaruh temperatur reaksi hidrolisis terhadap *yield* asam risinoleat?

3. Bagaimana pengaruh pemanasan pada saat menetralisasi sabun dengan HCl terhadap *yield* asam risinoleat?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum proses pembuatan asam risinoleat dari minyak jarak melalui hidrolisis dalam larutan basa.

1.4 Pembatasan Masalah

Adapun masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Pembuatan asam risinoleat berlangsung dalam dua tahap reaksi yaitu hidrolisis minyak jarak dalam larutan basa yang menghasilkan sabun dan netralisasi sabun oleh asam.
2. Basa yang digunakan pada reaksi hidrolisis adalah NaOH sedangkan asam yang digunakan pada reaksi netralisasi adalah HCl dengan konsentrasi 10,17 M.
3. Pelarut yang digunakan untuk melarutkan NaOH adalah air.
4. Hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH dan netralisasi sabun oleh HCl masing-masing berlangsung selama satu jam.
5. Kecepatan pengaduk yang digunakan adalah 250 rpm.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi penjelasan mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi studi literatur mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian seperti minyak jarak sebagai bahan baku untuk membuat asam risinoleat, proses pembuatan asam risinoleat, hingga metode yang digunakan untuk menganalisis karakteristik asam risinoleat yang dihasilkan.

BAB III METODE PENELITIAN

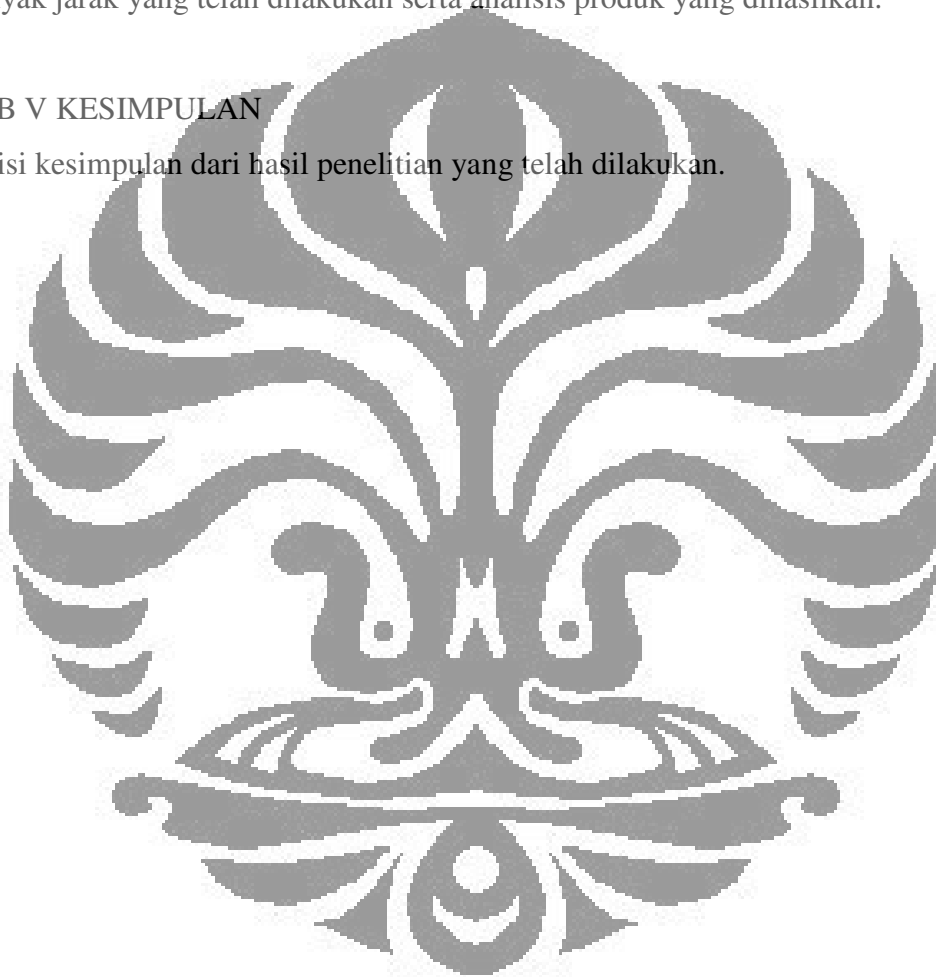
Berisi penjelasan mengenai diagram alir penelitian, mulai dari tahap pembuatan hingga karakterisasi asam risinoleat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil dan pembahasan mengenai proses pembuatan asam risinoleat dari minyak jarak yang telah dilakukan serta analisis produk yang dihasilkan.

BAB V KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

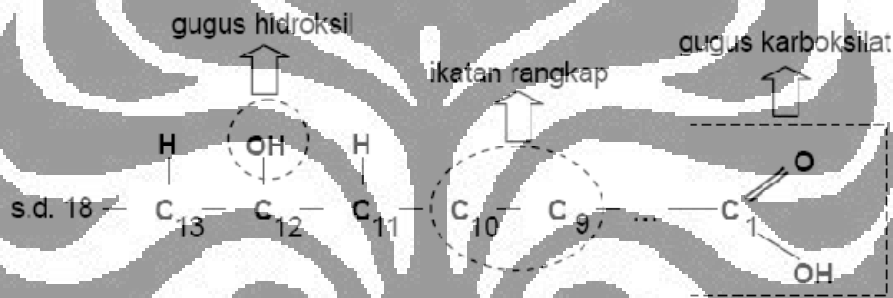


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Asam Risinoleat

Asam risinoleat (asam 12 hidroksi *cis* 9 oktadenoat) merupakan asam lemak yang paling banyak terkandung dalam minyak jarak. Kandungan asam risinoleat dalam minyak jarak sebesar 87% (Swern, 1979). Asam risinoleat pada minyak jarak memiliki ikatan rangkap dan dua gugus aktif yaitu gugus hidroksil dan gugus karboksilat (Ramamurthi, Manohar, dan Mani, 1998). Keberadaan ikatan rangkap dan dua gugus aktif dalam asam risinoleat dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ikatan rangkap dan dua gugus aktif dalam asam risinoleat (Susanti, 2006)

2.1.1 Sifat Fisika dan Kimia

Asam risinoleat memiliki viskositas yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen antar molekul yang terbentuk dari gugus karboksil (-COOH) dan gugus hidroksil (-OH) (Nurandriyan, 2008). Keberadaan gugus hidroksil pada asam risinoleat juga memberikan keunikan dalam hal kelarutannya dalam alkohol (Susanti, 2006).

Asam risinoleat bersifat sedikit toksik. Hal ini ditunjukkan oleh aktifitas pencahar yang ditimbulkannya jika dikonsumsi (Manurung, 2008). Sifat fisika dan kimia asam risinoleat dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat fisika dan kimia asam risinoleat

Rumus Kimia	$C_{18}H_{34}O_3$
Berat Molekul	298,46
<i>Physical State</i>	Cairan kuning viscous
Titik Lebur	5,5°C
Titik Didih	245°C
<i>Specific Gravity</i>	0,94
Daya Larut dalam Air	Tidak Larut
Densitas Uap	10,3
Titik Nyala	224°C
Bilangan Asam	175 min
Bilangan Hidroksil	150 min
Bilangan Iod	80 – 91
Bilangan Penyabunan	180 min
Colour Gardner	8 max

2.1.2 Kegunaan

Asam risinoleat digunakan sebagai bahan dasar minyak pelumas. Sebagai minyak pelumas dengan bahan dasar minyak nabati, asam risinoleat memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak pelumas yang berbahan dasar minyak mineral atau minyak sintesis (Asosiasi Importir Pelumas Indonesia, 1982). Akan tetapi, karena viskositasnya yang tinggi, penggunaannya sebagai pelumas terbatas pada mesin hidroulik saja. Asam risinoleat juga digunakan dalam bidang kesehatan diantaranya sebagai pencegah kehamilan.

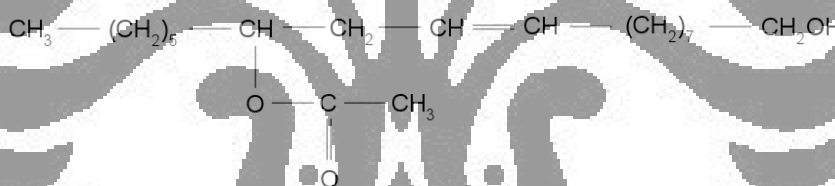
Asam risinoleat lebih banyak digunakan sebagai senyawa-senyawa turunan daripada digunakan secara langsung karena asam risinoleat memiliki gugus fungsi yang memungkinkannya bereaksi dengan senyawa lain. Asam risinoleat dan senyawa-senyawa turunannya digunakan dalam industri *surface-active agents*, *plasticizer*, dan bahan-bahan kimia seperti *sebacic acid*, *methyl n-hexyl ketone*, *capryl alcohol*, *10-undecylenic acid*, dan *heptaldehid* (Kirk dan Othmer, 1964).

Senyawa turunan asam risinoleat yang berupa natrium risinoleat dan sulforisinoleat dapat digunakan dalam formulasi pasta gigi. Selain itu, kemampuan

natrium risinoleat membunuh bakteri menyebabkan asam risinoleat mempunyai peranan yang tinggi sebagai penghilang racun dalam lambung (Susanti, 2006).

Produk hidrogenasi dari asam risinoleat yang berupa asam 12 hidroksi stearat dan ester-esternya dapat digunakan untuk kosmetik, obat salep, lilin sintetik, dan agen anti jamur. Asam risinoleat juga dapat digunakan sebagai bahan aktif permukaan yang sangat baik dengan mereaksikan kelompok karboksil asam risinoleat dengan kelompok hidroksil pertama maupun kedua dari risinoleat alkohol (Kirk dan Othmer, 1964).

Asam risinoleat yang telah diesterifikasi menjadi metil risinoleat, jika direduksi dengan reduktor logam terlarut, gugus metil esternya akan tereduksi tanpa menyerang ikatan rangkap sehingga akan membentuk risinoleil alkohol. Asetilasi risinoleil alkohol akan menghasilkan d 12 asetoksi cis 9 oktadekenol (lihat Gambar 2.2). Senyawa ini sangat berguna dalam pembuatan atraktan atau zat penarik seks pada serangga.



Gambar 2.2 Struktur kimia d 12 asetoksi cis 9 oktadekenol
(Manurung, 2008)

Asam risinoleat dapat diesterifikasi dengan alkohol alifatik rantai panjang ($C_{10} - C_{18}$) secara enzimatis tanpa merusak gugus hidroksil yang terdapat pada asam risinoleat. Alkoholisis asam risinoleat dengan enzim lipase seperti *mocor miehei* menghasilkan monogliserida sebagai hasil sampingnya. Ester alkohol monohidrat rantai panjang dari asam risinoleat merupakan bahan dasar yang potensial untuk pembuatan surfaktan. Esterifikasi asam risinoleat dengan gliserol dan glikol dapat menghasilkan monorisinoleat yang dapat digunakan sebagai bahan emulsifier.

Asam risinoleat dapat dipirolisis menjadi asam undesilat dan heptadehid. Proses pirolisis ini dapat terjadi karena adanya β -hidroksi dan ikatan rangkap.

Perlakuan panas pada asam risinoleat menyebabkan terbentuknya estolida yang dapat dikonversi menjadi gliserida poliester. Senyawa gliserida poliester dapat digunakan sebagai pelumas dan bahan yang memberikan fleksibilitas tekstil dan kulit. Di sisi lain, oksidasi asam risinoleat akan menghasilkan asam azelat dan asam suberat yang dapat direaksikan dengan asam dibasat untuk menghasilkan serat sintetis.

Asam risinoleat dapat dikonversi menjadi amida dan substitusi amida melalui proses sulfonasi untuk membentuk produk yang menyerupai *turkey oil* (SBP Board of Consultants and Engineers, 1983). Kirk dan Othmer (1964) menambahkan bahwa sulfonasi asam risinoleat juga dapat digunakan sebagai emulsifier, agen pendispersi, surfaktan, serta membantu proses pencelupan dan *finishing* dalam pembuatan kain pada industri tekstil.

2.2 Minyak Jarak sebagai Bahan Baku Pembuatan Asam Risinoleat

Minyak jarak adalah minyak alami yang diperoleh dari biji tanaman jarak *Ricinus Communis L.* yang termasuk famili *Euphorbiaceae*. Minyak jarak memiliki kandungan asam lemak yang sebagian besar terdiri dari asam risinoleat. (lihat Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Kandungan minyak jarak

Nama Asam	Persentase Rata-Rata
Asam Risinoleat	87%
Asam Oleat	7%
Asam Linoleat	3%
Asam Palmitat	2%
Asam Stearat	1%

Minyak jarak berwarna kuning pucat tetapi, setelah dilakukan proses *refining* dan *bleaching*, warna tersebut hilang sehingga menjadi hampir tidak berwarna. Minyak kasar yang diperoleh dari pengolahan biji jarak dikenal dengan *Crude Castor Oil Refined Bleached Deodorized (Castor Oil RBD)*. *Castor Oil RBD* mempunyai bau yang khas dan menusuk hidung tetapi mudah dihilangkan.

Minyak jarak mempunyai rasa asam dan dapat dibedakan dengan trigliserida lainnya karena berat jenis, viskositas, dan kelarutannya dalam alkohol relatif tinggi. Minyak jarak larut dalam alkohol pada suhu kamar, pelarut organik yang bersifat polar, dan sedikit larut dalam senyawa hidrokarbon alifatik. Kelarutan minyak jarak dalam petroleum eter relatif rendah dan dapat digunakan untuk membedakannya dengan trigliserida lainnya. Kandungan tokoferol relatif kecil sekitar 0,05% dan kandungan asam lemak esensialnya yang sangat rendah menyebabkan minyak jarak berbeda dengan minyak nabati lainnya. Sifat fisika dan kimia minyak jarak dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Sifat fisika dan kimia minyak jarak

Viskositas (25°C)	6,3 – 8,8 st
Berat Jenis (20°C)	0,957 – 0,963
Bilangan Asam	0,4 – 4,0
Bilangan Penyabunan	176 – 181
Bilangan Iod	82 – 88
<i>Gardner Color</i>	Tidak lebih gelap dari 3
Indeks Bias	1,477 – 1,478
Bilangan Asetil	145 – 154
<i>Autoignition Temperature</i>	449°C
Koefisien Muai/°C	0,00066
<i>Pour Point</i>	33°C
Tegangan Permukaan (20°C)	39,9 dyne/cm

Minyak jarak bersifat sangat toksik. Selain itu, kandungan asam lemak esensialnya juga sangat rendah. Hal ini mengakibatkan minyak jarak tidak dapat digunakan sebagai minyak makan dan bahan pangan.

Minyak jarak merupakan minyak yang serbaguna karena kandungan asam risinoleatnya yang tinggi. Minyak jarak dapat digunakan secara langsung pada pembuatan resin alkyd non kering sebagai pemlastis pada nitroselulosa dan uretan. Sebelum digunakan, minyak jarak umumnya diolah terlebih dahulu menjadi berbagai macam senyawa melalui proses dehidrasi, oksidasi, hidrogenasi, sulfonasi, dan

penyabunan. Minyak jarak dan senyawa-senyawa turunannya digunakan dalam industri cat, *varnish*, pelumas, dan sebagai bahan baku dalam industri plastik dan nilon. Dalam jumlah kecil, minyak jarak dan senyawa-senyawa turunannya juga digunakan untuk pembuatan kosmetik, semir, dan lilin.

2.3 Hidrolisis

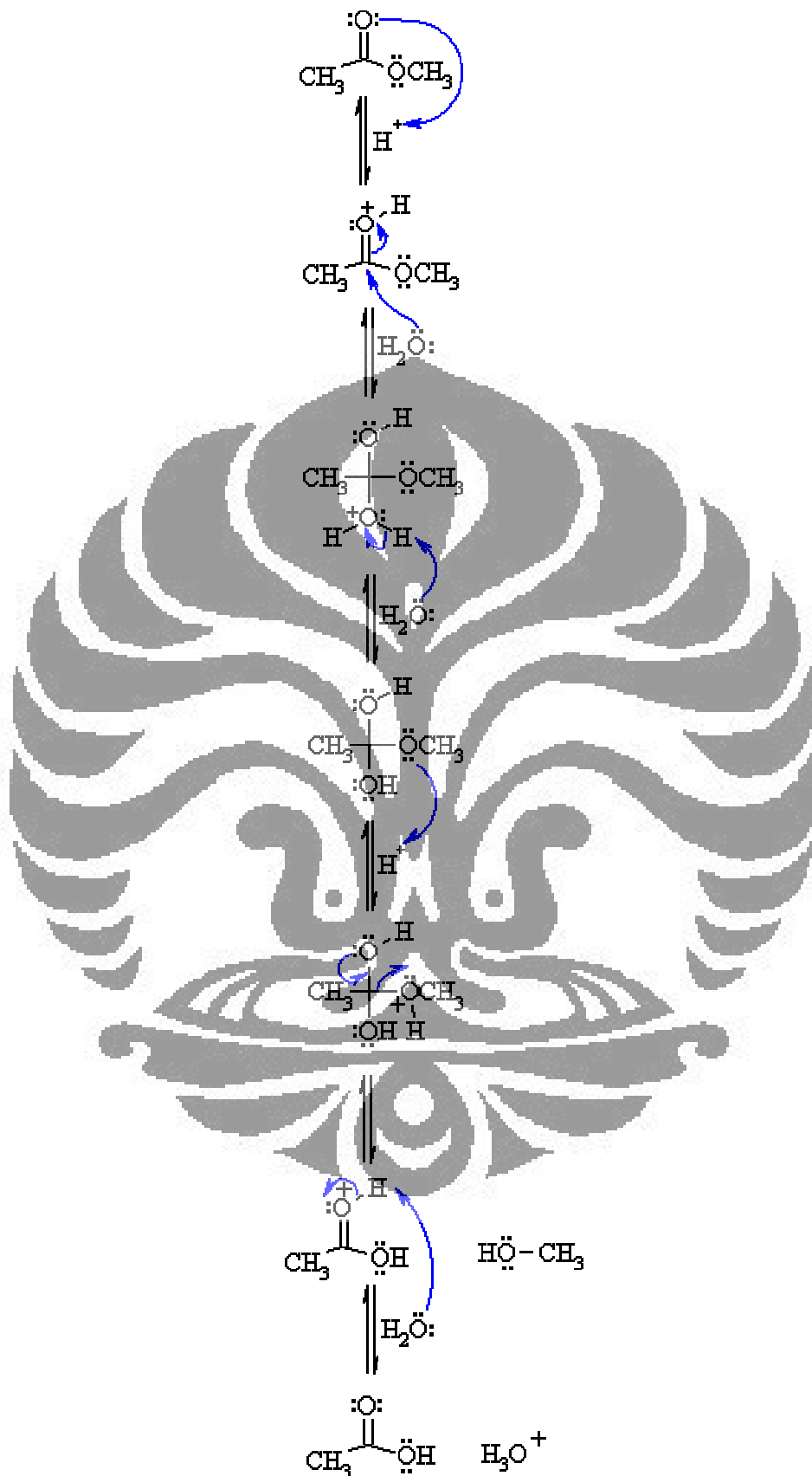
Hidrolisis adalah proses pembentukan gliserol dan asam lemak bebas melalui pemecahan molekul minyak dan penambahan air. Proses hidrolisis ini dapat dibagi menjadi 2 kategori yaitu kimiawi dan enzimatis (Akiyama, Kawazu, dan Kobayashi, 1995). Hidrolisis secara kimia dapat dilakukan dengan air murni, dalam suasana asam, dan dalam suasana basa.

2.3.1 Hidrolisis Murni

Reaksi dengan air murni sangat lambat sehingga tidak pernah digunakan. Reaksi tanpa katalis tidak ekonomis pada temperatur di bawah 210°C sehingga memerlukan metode yang melibatkan temperatur dan tekanan tinggi. *Modern continuous plant* beroperasi pada tekanan 0,6-1,2 MPa dan temperatur 210-260°C tanpa katalis. Tekanan yang ditingkatkan mengakibatkan dua fasa yang saling larut meningkat hingga suatu titik di mana terjadi pembentukan fasa yang kontinu. Penggunaan proses ini, selain membutuhkan energi yang cukup besar dan investasi peralatan yang mahal, juga menghasilkan produk berwarna gelap dan bau yang relatif kurang disukai konsumen (Susanti, 2006).

2.3.2 Hidrolisis dalam Larutan Asam

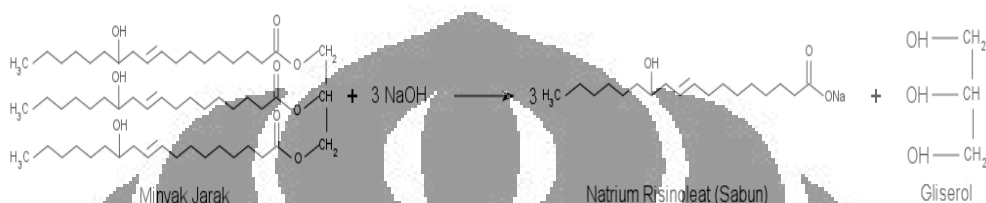
Reaksi ini dikatalisis oleh asam encer dimana minyak dipanaskan di bawah refluks dengan sebuah asam encer seperti asam hidroklorat encer atau asam sulfat encer. Hidrolisis minyak nabati dengan asam sulfat encer, selain menurunkan energi aktivasi, juga menurunkan tegangan muka minyak-air sehingga air menjadi lebih mudah masuk ke dalam fase minyak. Kelarutan air dalam minyak dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu maka semakin banyak air yang dapat larut dalam minyak. Mekanisme reaksi hidrolisis dalam larutan asam dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mekanisme reaksi hidrolisis dalam larutan asam

2.3.3 Hidrolisis dalam Larutan Basa

Reaksi hidrolisis dalam larutan basa biasa disebut dengan reaksi saponifikasi. Reaksi hidrolisis minyak dalam larutan basa melibatkan reaksi dengan ion-ion hidroksida. Reaksi hidrolisis minyak dalam larutan basa menghasilkan sabun dan gliserol. Mekanisme reaksi hidrolisis ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH

Senyawa basa yang biasa digunakan dalam reaksi hidrolisis adalah NaOH dan KOH. Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis dalam larutan NaOH berbentuk padat sedangkan sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis dalam larutan KOH berbentuk cair. Jika larutan basa yang digunakan berlebih, tidak ada minyak yang tersisa. Gliserol yang terbentuk dapat dipisahkan dari sabun dengan cara distilasi.

Pada awalnya, reaksi hidrolisis akan berlangsung lambat karena minyak dan senyawa basa tidak saling larut (*immiscible*). Setelah sabun terbentuk, kecepatan reaksi akan meningkat sehingga reaksi hidrolisis akan bersifat sebagai reaksi autokatalitik di mana pada akhirnya kecepatan reaksi akan menurun lagi karena jumlah minyak yang sudah berkurang (Alexander, Shirrton, Norris, dan Maihl, 1964).

Reaksi hidrolisis dalam larutan basa merupakan reaksi eksotermis sehingga penambahan senyawa basa ke dalam minyak harus dilakukan sedikit demi sedikit sambil diaduk dan dipanaskan agar tidak terjadi panas yang berlebihan (Perdana dan Hakim, 2008). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi hidrolisis minyak dalam larutan basa di antaranya yaitu

- Konsentrasi larutan basa yang digunakan

Konsentrasi larutan basa yang digunakan dihitung berdasarkan stokiometri reaksinya di mana larutan basa yang ditambahkan harus sedikit berlebih dari minyak agar tersabunkan sempurna. Penggunaan larutan basa yang terlalu pekat akan menyebabkan terpecahnya emulsi pada larutan sehingga fasenya tidak homogen sedangkan penggunaan larutan basa yang terlalu encer akan mengakibatkan reaksi berlangsung dalam waktu yang lebih lama.

- Temperatur

Berdasarkan persamaan Arrhenius (lihat persamaan 2.1), kenaikan suhu akan meningkatkan kecepatan reaksi.

$$k = Ae^{-E/RT} \quad (2.1)$$

Akan tetapi, temperatur yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan minyak teroksidasi. Jadi, pada kisaran temperatur tertentu, kenaikan temperatur akan mempercepat reaksi yang berarti meningkatkan konversi dalam waktu yang lebih cepat. Jika kenaikan temperatur telah melebihi temperatur optimumnya, konversi akan mengalami penurunan. Penurunan konversi sebagai akibat dari kenaikan suhu dikarenakan adanya minyak yang teroksidasi.

- Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk memperbesar probabilitas tumbukan molekul-molekul reaktan yang bereaksi. Jika tumbukan antar molekul reaktan semakin besar, kemungkinan terjadinya reaksi semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan persamaan Arrhenius dimana konstanta kecepatan reaksi k akan semakin besar dengan semakin sering terjadinya tumbukan yang disimbolkan dengan konstanta A .

- Waktu

Semakin lama waktu reaksi maka semakin banyak pula minyak yang dapat terhidrolisis. Hal ini berarti konversi yang dicapai juga semakin besar. Akan tetapi, jika reaksi telah mencapai kondisi setimbangnya, penambahan waktu tidak akan meningkatkan jumlah minyak yang tersabunkan.

Untuk memperoleh asam lemak bebas, sabun yang dihasilkan dari hidrolisis minyak dinetralkan dengan asam kuat berlebih seperti asam hidroklorat encer atau asam sulfat encer. Mekanisme reaksinya ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Tingkat keberhasilan reaksi hidrolisis baru dapat ditentukan jika bilangan asam minyak yang telah dihidrolisis ditentukan. Bilangan asam menyatakan jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak. Semakin tinggi bilangan asam maka semakin banyak minyak yang telah terhidrolisis menjadi asam lemak bebas.

Pada umumnya, minyak mengandung asam lemak bebas dalam jumlah sedikit dikarenakan asam-asam lemak yang menyusun minyak masih berikatan dengan gliserol membentuk trigliserida. Jumlah asam lemak yang terdapat dalam minyak baik asam lemak tak bebas yang masih berikatan dengan gliserol maupun asam lemak bebas dinyatakan dengan bilangan penyabunan. Ketika minyak dihidrolisis, ikatan antara asam lemak dengan gliserol putus dan mengakibatkan jumlah asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak meningkat. Jumlah asam lemak bebas yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$Yield = \frac{(A - A_0)}{(A_{T0} - A_0)} \quad (2.2)$$

dengan A merupakan bilangan asam minyak setelah dihidrolisis (mg KOH/g minyak), A_0 merupakan bilangan asam minyak sebelum dihidrolisis (mg KOH/g minyak), dan A_{T0} merupakan bilangan penyabunan minyak (mg KOH/g minyak).

2.5 Analisis Minyak dan Lemak

2.5.1 Penentuan Sifat Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak dapat dibedakan berdasarkan sifatnya. Pengujian sifat minyak dan lemak ini meliputi:

- **Bilangan Penyabunan**

Bilangan penyabunan menunjukkan berat molekul minyak dan lemak secara kasar. Minyak yang disusun oleh asam lemak berantai karbon pendek akan memiliki bilangan penyabunan yang relatif tinggi karena berat molekulnya yang kecil. Sebaliknya, minyak yang disusun oleh asam lemak berantai karbon panjang akan memiliki bilangan penyabunan yang relatif rendah karena memiliki berat molekul yang besar. Bilangan penyabunan dinyatakan sebagai banyaknya miligram NaOH yang dibutuhkan untuk menyabunkan satu gram minyak atau lemak. Bilangan penyabunan dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3).

$$\text{Bilangan Penyabunan} = \frac{(56,1)[(\text{ml KOH} \times \text{N KOH}) - (\text{ml HCl} \times \text{N HCl})]}{\text{g sampel}} \quad (2.3)$$

- Bilangan Ester

Bilangan ester menunjukkan jumlah asam organik yang bersenyawa sebagai ester. Bilangan ester dihitung sebagai selisih antara bilangan penyabunan dengan bilangan asam. Bilangan ester dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4).

$$\text{Bilangan Ester} = \text{Bilangan Penyabunan} - \text{Bilangan Asam} \quad (2.4)$$

- Bilangan Iod

Bilangan iod menunjukkan ketidakjenuhan asam lemak yang menyusun minyak dan lemak. Asam lemak tidak jenuh mampu mengikat iodium dan membentuk senyawa yang jenuh. Banyaknya iod yang diikat menunjukkan banyaknya ikatan rangkap yang terdapat dalam asam lemak. Bilangan iod dinyatakan sebagai banyaknya gram iod yang diikat oleh 100 gram minyak atau lemak. Bilangan iod dihitung dengan menggunakan persamaan (2.5).

$$\text{Bilangan Iod} = \frac{(\text{titrasi blanko} - \text{titrasi sampel})(\text{N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)(12,691)}{\text{g sampel}} \quad (2.5)$$

- Bilangan Reichert-Meissel

Bilangan Reichert-Meissel menunjukkan jumlah asam-asam lemak yang dapat larut dalam air dan mudah menguap. Bilangan ini dinyatakan sebagai jumlah mililiter NaOH 0,1 N yang digunakan untuk menetralkan asam lemak yang menguap dan larut dalam air yang diperoleh dari penyulingan 5 gram minyak atau lemak pada kondisi tertentu. Asam lemak yang mudah menguap dan mudah larut dalam air adalah yang berantai karbon 4 - 6. Bilangan reichert - meissel dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6).

$$\text{Bilangan Reichert - Meissel} = 1,1(t_s - t_b) \quad (2.6)$$

dengan t_s adalah jumlah ml NaOH 0,1 N untuk titrasi sampel dan t_b adalah jumlah ml NaOH 0,1 N untuk titrasi blanko

2.5.2 Penentuan Kualitas Minyak dan Lemak

Faktor penentu kualitas minyak dan lemak meliputi:

- Bilangan Asam

Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terdapat dalam suatu minyak atau lemak. Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah miligram NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam satu gram minyak atau lemak. Bilangan asam dihitung dengan menggunakan persamaan (2.7).

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{(\text{ml KOH})(N \text{ KOH})(56,1)}{\text{g sampel}} \quad (2.7)$$

- Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida menunjukkan tingkat kerusakan minyak atau lemak. Bilangan peroksida dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8).

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{(\text{ml Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)(N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)(1000)}{\text{g sampel}} \quad (2.8)$$

- Asam Thiobarbiturat (TBA)

Minyak yang tengik mengandung senyawa aldehida dan sebagian besarnya adalah monoaldehida. Banyaknya monoaldehida dapat ditentukan dengan melakukan distilasi terlebih dahulu. Monoaldehida kemudian direaksikan dengan Thiobarbiturat hingga membentuk senyawa kompleks berwarna merah. Intensitas warna merah menunjukkan jumlah monoaldehida dan dapat ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 528 nm. Angka TBA dihitung dengan menggunakan persamaan (2.9).

$$\text{Angka TBA} = \frac{\text{mg monoaldehida}}{\text{kg minyak}} \quad (2.9)$$

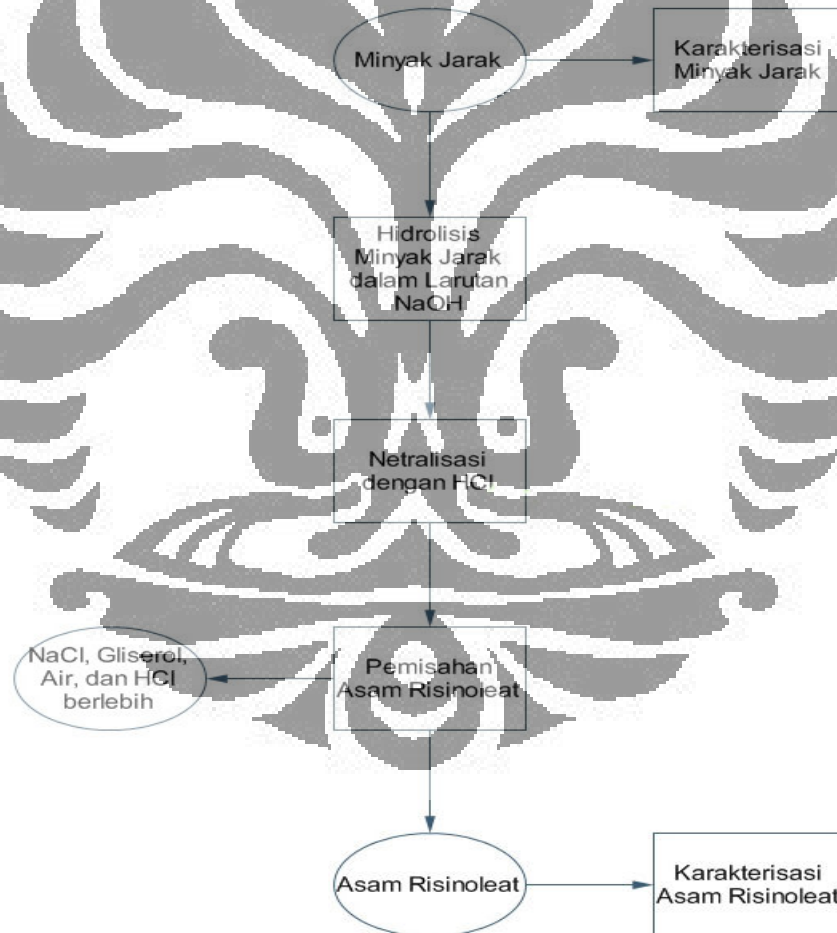
- Kadar Air

Penentuan kadar air dalam minyak dapat dilakukan dengan cara thermogravimetri atau thermovolumetri.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Proses Operasi Teknik (Lab. POT) dan Laboratorium Dasar Proses Kimia (Lab. DPK) Departemen Teknik Kimia Universitas Indonesia. Pada penelitian ini, pembuatan asam risinoleat berlangsung dalam dua tahap yaitu hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH yang menghasilkan sabun dan netralisasi sabun yang dihasilkan dengan HCl. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

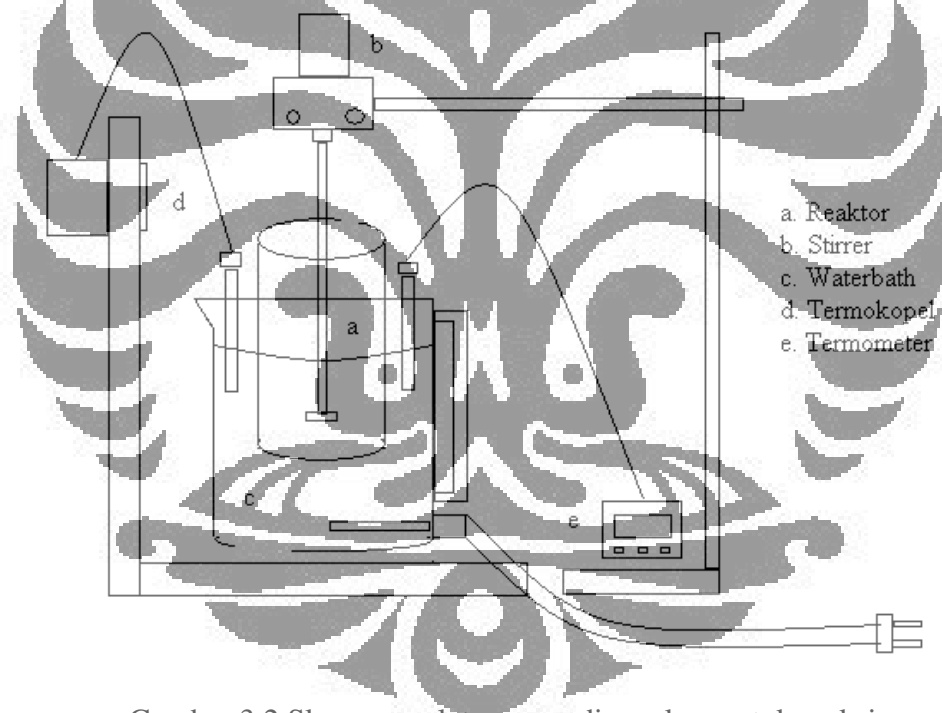
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu:

1. Peralatan yang digunakan untuk reaksi

Skema peralatan yang digunakan untuk reaksi dapat dilihat pada Gambar 3.2. Peralatan yang digunakan untuk reaksi terdiri dari reaktor yang dilengkapi dengan *stirrer*, *waterbath*, termokopel, dan termometer. Reaktor yang digunakan memiliki kapasitas 500 ml. *Waterbath* digunakan sebagai pemanas dan temperatur pemanasan diatur melalui termokopel. Sementara itu, termometer digunakan untuk mengukur suhu air dalam *waterbath*.



Gambar 3.2 Skema peralatan yang digunakan untuk reaksi

2. Peralatan yang digunakan untuk pemisahan

Pemisahan asam risinoleat dari senyawa-senyawa lain yang ikut dihasilkan melalui reaksi dilakukan dengan menggunakan corong pisah.

3. Peralatan yang digunakan untuk analisis

Peralatan yang digunakan untuk analisis meliputi labu erlenmeyer 250 ml, hot plate, magnetic stirrer, dan buret.

4. Peralatan lainnya seperti gelas ukur 10 ml, gelas beaker 100 ml, gelas beaker 1 l, corong, kaca arloji, dan spatula besi.

3.2.2 Bahan-Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

- a. Minyak jarak

Minyak jarak yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari balai penelitian dan pengembangan tanaman jarak kepyar (*Ricinus communis L*) di Malang. Secara fisik, minyak jarak yang digunakan pada penelitian ini berwarna kuning kehijauan, sangat kental, dan memiliki bau yang tidak enak.

- b. NaOH
- c. Aquadest
- d. Alkohol 96%
- e. HCl teknis
- f. KOH
- g. Phenolphthalein

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Karakterisasi Minyak Jarak

Karakterisasi minyak jarak dilakukan untuk mengetahui sifat fisikokimia minyak jarak sebelum dihidrolisis. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi penentuan bilangan penyabunan dan bilangan asam.

3.3.1.1 Penentuan Bilangan Penyabunan

1. 4 – 5 g sampel dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml.
2. 50 ml KOH 0,5 N beralkohol ditambahkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml secara perlahan-lahan dengan pipet.
3. Sampel dipanaskan dengan hati-hati hingga tersabunkan sempurna.
4. Larutan didinginkan.
5. 1 ml phenolphthalein ditambahkan ke dalam larutan.
6. Larutan dititrasi dengan menggunakan larutan HCl 0,5 N hingga warna merah jambu menghilang.
7. Buret dibaca seteliti mungkin hingga dua angka di belakang koma.

8. Bilangan penyabunan dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1).

$$\text{Bilangan Penyabunan} = \frac{(56,1)[(\text{ml KOH} \times \text{N KOH}) - (\text{ml HCl} \times \text{N HCl})]}{\text{g sampel}} \quad (3.1)$$

3.3.1.2 Penentuan Bilangan Asam

1. 10 – 20 g sampel dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml.
2. 50 ml alkohol netral 96% ditambahkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml.
3. Larutan dipanaskan selama 10 menit di atas hot plate sambil diaduk.
4. 2 ml phenolphthalein ditambahkan ke dalam larutan.
6. Larutan dititrasi dengan menggunakan KOH 0,5-N sampai terlihat warna merah jambu.
7. Buret dibaca dan volume KOH yang digunakan dicatat.
8. Bilangan asam dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2).

$$\text{Bilangan Asam} = \frac{(\text{ml KOH})(\text{N KOH})(56,1)}{\text{g sampel}} \quad (3.2)$$

3.3.2 Hidrolisis Minyak Jarak dalam Larutan Basa

Hidrolisis minyak jarak dalam larutan basa akan menghasilkan sabun dan gliserol. Pada penelitian ini, basa yang digunakan adalah NaOH. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Minyak jarak sebanyak 100 g dimasukkan ke dalam reaktor
2. Larutan NaOH ditambahkan ke dalam reaktor yang telah berisi minyak jarak
3. Campuran dipanaskan hingga mencapai suhu yang diinginkan sambil diaduk selama 1 jam.

Ada dua variabel yang divariasikan yaitu:

1. Konsentrasi NaOH yang digunakan

Konsentrasi NaOH divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *yield* asam risinoleat. NaOH yang digunakan memiliki rasio 3:1 terhadap minyak dan dilarutkan dalam 150 ml, 100 ml, 75 ml, 50 ml, 40 ml, dan 30 ml air. Dengan demikian, konsentrasi NaOH yang digunakan masing-masing adalah 2,175 M, 3,24 M, 4,67 M, 6,515 M, 8,112 M, dan 10,83 M.

2. Temperatur reaksi hidrolisis

Temperatur reaksi hidrolisis divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *yield* asam risinoleat. Temperatur reaksi hidrolisis divariasikan pada 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C.

3.3.3 Netralisasi Sabun

Netralisasi bertujuan untuk memperoleh asam risinoleat dari sabun yang dihasilkan dari hidrolisis minyak jarak dalam larutan basa. Netralisasi dilakukan dengan cara mereaksikan sabun dengan asam kuat. Pada penelitian ini, asam yang digunakan adalah HCl. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

1. Sabun yang dihasilkan dari proses saponifikasi dimasukkan ke dalam reaktor
2. HCl teknis ditambahkan ke dalam reaktor yang telah berisi sabun
3. Campuran diaduk selama ± 1 jam

Netralisasi sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Netralisasi sabun yang hanya dilakukan dengan pengadukan
2. Netralisasi sabun yang dilakukan dengan pengadukan dan pemanasan pada temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C

Ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap *yield* asam risinoleat

3.3.4 Pemisahan Asam Risinoleat

Pemisahan asam risinoleat bertujuan untuk memisahkan asam risinoleat dari senyawa-senyawa lain baik yang terbentuk maupun yang tidak bereaksi. Pemisahan ini dilakukan dengan menggunakan corong pisah. Produk yang dihasilkan dari netralisasi sabun dimasukkan ke dalam corong pisah dan dibiarkan selama satu hari. Setelah satu hari, produk yang dihasilkan dari netralisasi sabun akan membentuk campuran dua fasa (lihat Gambar 3.3). Fasa yang terdapat di bagian atas merupakan asam risinoleat sedangkan fasa yang terdapat di bagian bawah merupakan senyawa-senyawa lain yang ikut terbentuk pada saat reaksi seperti NaCl, gliserol dan senyawa lain yang tersisa akibat tidak ikut bereaksi seperti HCl.



Gambar 3.3 Pemisahan asam risinoleat

3.3.5 Karakterisasi Asam Risinoleat

Karakterisasi asam risinoleat dilakukan untuk mengetahui apakah produk yang dihasilkan adalah asam risinoleat. Pada penelitian ini, karakterisasi asam risinoleat dibatasi pada penentuan bilangan asam. Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas. Semakin tinggi bilangan asam maka asam lemak bebas yang dihasilkan semakin banyak. Prosedur penentuan bilangan asam dapat dilihat pada sub-bab 3.3.1.

3.4 Pengolahan Data

Data yang diambil pada penelitian ini meliputi bilangan penyabunan minyak jarak, bilangan asam minyak jarak, serta bilangan asam produk yang dihasilkan. Data-data tersebut selanjutnya diolah untuk menghitung persentase hidrolisis. Persentase hidrolisis dihitung dengan menggunakan persamaan 3.3.

$$\% \text{ Hidrolisis} = \frac{(A - A_0)}{(A_{T0} - A_0)} \quad (3.3)$$

dengan A merupakan bilangan asam produk yang dihasilkan (mg KOH/g minyak), A_0 merupakan bilangan asam minyak jarak (mg KOH/g minyak), dan A_{T0} merupakan bilangan penyabunan minyak jarak (mg KOH/g minyak).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Minyak Jarak

Minyak jarak yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari balai penelitian dan pengembangan tanaman jarak kepyar (*Ricinus communis L*) di Malang. Secara fisik, minyak jarak yang digunakan pada penelitian ini berwarna kuning kehijauan, sangat kental, dan memiliki bau yang tidak enak. Karakterisasi minyak jarak dilakukan untuk mengetahui sifat fisikokimia minyak jarak sebelum dihidrolisis. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini meliputi penentuan bilangan penyabunan dan bilangan asam.

Bilangan penyabunan menunjukkan banyaknya asam lemak total yang terdapat dalam minyak. Besarnya bilangan penyabunan bergantung pada berat molekul minyak. Semakin besar berat molekulnya maka bilangan penyabunannya semakin rendah. Bilangan penyabunan minyak jarak berkisar antara 176 – 181 mg KOH/g minyak (Ketaren, 1986).

Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak. Bilangan asam merupakan parameter penting dalam penentuan kualitas minyak. Semakin tinggi bilangan asam maka semakin banyak minyak yang telah terhidrolisis. Bilangan asam minyak jarak berkisar antara 0,4 – 4 mg KOH/g minyak (Ketaren, 1986).

Bilangan penyabunan dan bilangan asam minyak jarak yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil karakterisasi minyak jarak

Bilangan Penyabunan (mg KOH/g minyak)	221,2
Bilangan Asam (mg KOH/g minyak)	23,59

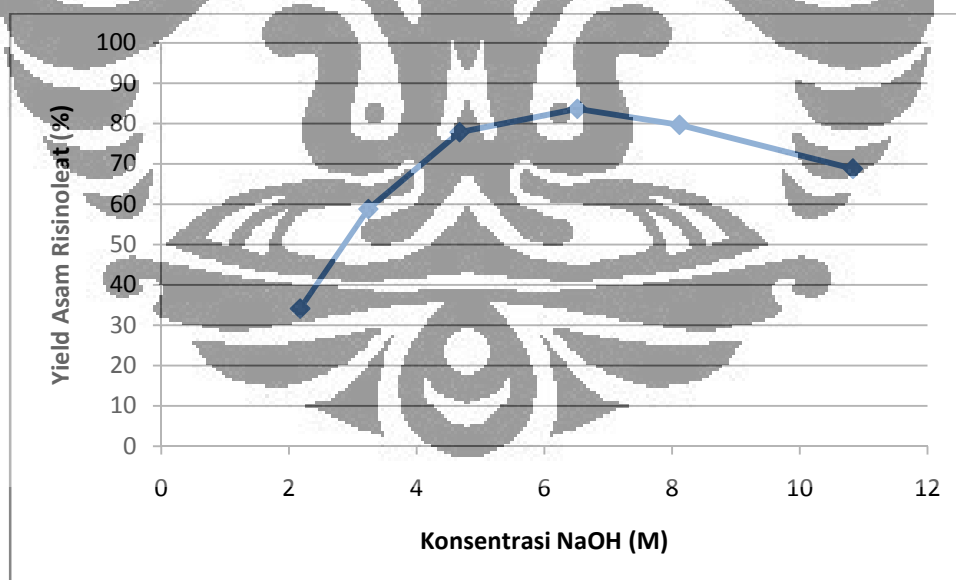
Tabel 4.1 menunjukkan bahwa bilangan penyabunan dan bilangan asam minyak jarak yang digunakan pada penelitian ini berada di luar rentang nilai bilangan penyabunan dan bilangan asam menurut Ketaren (1986). Hal ini dapat disebabkan karena minyak jarak yang digunakan berasal dari tanaman jarak yang tumbuh pada

daerah yang berbeda sehingga memiliki kandungan yang berbeda. Menurut Weiss (1971), karakteristik minyak jarak di beberapa tempat dipengaruhi oleh faktor iklim.

Cara pengolahan yang berbeda juga akan menghasilkan minyak dengan sifat dan kualitas yang berbeda (Marlina, dkk, 2004). Minyak jarak yang dihasilkan oleh Marlina, dkk. (2004) melalui proses sokletasi biji jarak dengan menggunakan pelarut n-heksana memiliki bilangan penyabunan dan bilangan asam yang sangat tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Liestiyani (2000) juga menunjukkan hal yang sama. Minyak yang dihasilkan dari proses ekstraksi pelarut memiliki sifat-sifat fisikokimia yang lebih baik dibandingkan dengan minyak yang dihasilkan dari proses pengempaan panas.

4.2 Pengaruh Konsentrasi Larutan NaOH terhadap *Yield* Asam Risinoleat

Konsentrasi larutan NaOH merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi reaksi hidrolisis minyak. Pengaruh konsentrasi larutan NaOH yang digunakan pada reaksi hidrolisis terhadap *yield* asam risinoleat dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengaruh konsentrasi larutan NaOH terhadap *yield* asam risinoleat untuk reaksi hidrolisis minyak jarak yang berlangsung pada temperatur 60°C

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi dapat meningkatkan jumlah asam risinoleat yang dihasilkan. Berdasarkan Gambar 4.1, *yield* asam risinoleat terus

mengalami kenaikan hingga konsentrasi 6,515 M. Reaksi hidrolisis yang berlangsung dalam larutan NaOH dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari 6.515 M mengakibatkan jumlah asam risinoleat yang dihasilkan mengalami penurunan.

Untuk reaksi yang melibatkan larutan, meningkatkan konsentrasi reaktan dapat meningkatkan laju reaksi. Reaksi ditentukan oleh bagaimana molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi saling bertumbukan. Menurut teori tumbukan (*collision theory*), tumbukan yang terjadi antara molekul-molekul reaktan merupakan langkah pertama dalam reaksi kimia. Laju reaksi akan sebanding dengan jumlah tumbukan yang terjadi setiap satuan waktu. Dengan meningkatkan konsentrasi, frekuensi tumbukan yang terjadi antara molekul-molekul reaktan akan meningkat. Dengan demikian, laju reaksi akan meningkat karena lebih banyak molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi. Dengan meningkatnya laju reaksi, reaksi akan lebih cepat mencapai konversi yang diinginkan.

Pada reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH, semakin tinggi konsentrasi larutan NaOH yang digunakan maka peluang molekul minyak jarak untuk dapat bertumbukan dengan molekul NaOH semakin besar karena molekul NaOH yang terlibat dalam reaksi semakin banyak. Dengan demikian, semakin banyak minyak jarak yang bereaksi dengan NaOH untuk menghasilkan sabun. Banyaknya minyak jarak yang bereaksi dengan NaOH dapat dilihat dari karakteristik sabun yang dihasilkan.

Reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH menghasilkan sabun yang berbentuk padat. Sementara itu, sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 2,175 M dan 3,24 M menghasilkan sabun yang berbentuk cair (lihat Gambar 4.2) dan sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 4,67 M menghasilkan sabun yang berbentuk gel.



Gambar 4.2 Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 3,24 M

Ini menunjukkan bahwa minyak jarak belum seluruhnya bereaksi dengan NaOH. Sabun yang berbentuk padat dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 6,515 M (lihat Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 6,515 M

Akan tetapi, penggunaan konsentrasi NaOH yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan pecahnya emulsi pada larutan sehingga fasanya tidak homogen (lihat Gambar 4.4). Fase yang tidak homogen ini menunjukkan bahwa minyak jarak belum bercampur seluruhnya dengan larutan NaOH secara merata. Padahal, untuk mengkonversi minyak jarak seluruhnya menjadi sabun, minyak jarak harus bercampur dengan larutan NaOH secara merata. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya bahwa, agar reaksi dapat terjadi, molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi harus saling bertumbukan terlebih dahulu. Dengan bercampur secara merata, seluruh molekul minyak jarak dapat dengan mudah mengalami tumbukan dengan molekul NaOH.



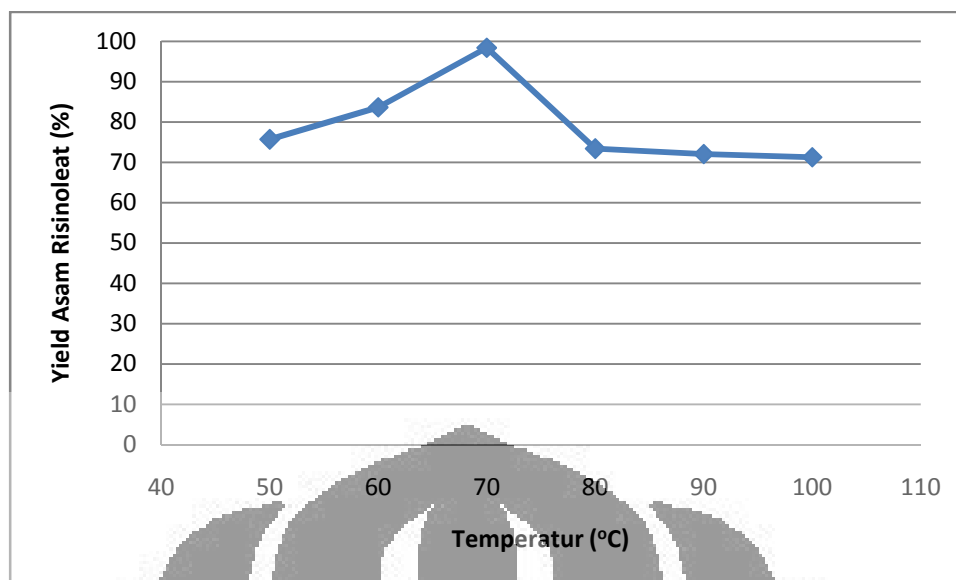
Gambar 4.4 Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 8,112 M dan 10,83 M

Berdasarkan Gambar 4.4, meskipun telah berbentuk padat, sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 8,112 M dan 10,83 M tidak homogen sebagaimana ditunjukkan dari warnanya. Ini menunjukkan bahwa minyak jarak belum bercampur seluruhnya dengan larutan NaOH secara merata. Hal inilah yang mengakibatkan jumlah asam risinoleat yang dihasilkan mengalami penurunan.

Oleh karena itu, berdasarkan Gambar 4.1, dapat disimpulkan bahwa reaksi hidrolisis minyak jarak berlangsung optimum dalam larutan NaOH 6,515 M dimana jumlah asam risinoleat yang dihasilkan mencapai 83,62%.

4.3 Pengaruh Temperatur Reaksi Hidrolisis terhadap Yield Asam Risinoleat

Faktor lain yang juga turut mempengaruhi reaksi hidrolisis minyak dalam larutan basa adalah temperatur. Pengaruh temperatur reaksi hidrolisis terhadap *yield* asam risinoleat dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengaruh temperatur reaksi hidrolisis minyak jarak dalam larutan NaOH 6,515 M terhadap *yield* asam risinoleat

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa jumlah asam risinoleat yang dihasilkan mengalami kenaikan dari temperatur 50°C hingga temperatur 70°C kemudian mengalami penurunan hingga temperatur 100°C.

Untuk sebagian besar reaksi kimia, menaikkan temperatur dapat meningkatkan laju reaksi. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya bahwa reaksi ditentukan oleh bagaimana molekul-molekul yang terlibat dalam reaksi saling bertumbukan. Akan tetapi, tidak setiap tumbukan yang terjadi antara molekul-molekul reaktan mengakibatkan reaksi. Hanya sebagian kecil dari tumbukan-tumbukan tersebut yang efektif. Hal ini dikarenakan, selama bertumbukan, molekul-molekul reaktan memiliki energi yang rendah sehingga tidak mampu mengalami reaksi. Tumbukan akan mengakibatkan reaksi jika molekul-molekul reaktan saling bertumbukan dengan cukup energi. Energi minimum yang diperlukan agar reaksi dapat berlangsung disebut dengan energi aktivasi. Dengan dipanaskan, molekul-molekul reaktan akan memiliki energi yang mampu melebihi energi aktivasi. Semakin tinggi temperaturnya maka energi yang dimiliki oleh molekul-molekul reaktan akan semakin besar. Tidak hanya itu, molekul-molekul reaktan akan bergerak semakin cepat seiring dengan kenaikan temperatur. Hal ini mengakibatkan proses tumbukan akan lebih sering terjadi sehingga laju reaksi akan meningkat.

Dengan meningkatnya laju reaksi, reaksi akan lebih cepat mencapai konversi yang diinginkan.

Berdasarkan Gambar 4.5, kenaikan jumlah asam risinoleat yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis pada temperatur 50°C hingga temperatur 70°C menunjukkan bahwa, pada temperatur yang lebih rendah, minyak jarak belum seluruhnya bereaksi dengan NaOH. Hal ini dapat dilihat dari karakteristik sabun yang dihasilkan. Sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis pada temperatur 50°C dan 60°C berbentuk seperti lilin dimana, meskipun sabun telah berbentuk padat, sabun yang dihasilkan masih dapat dibentuk tanpa memecah strukturnya. Sebaliknya, sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis pada temperatur 70°C berbentuk padat dan sangat keras. Sama halnya dengan sabun yang dihasilkan pada temperatur 80°C, 90°C, dan 100°C.

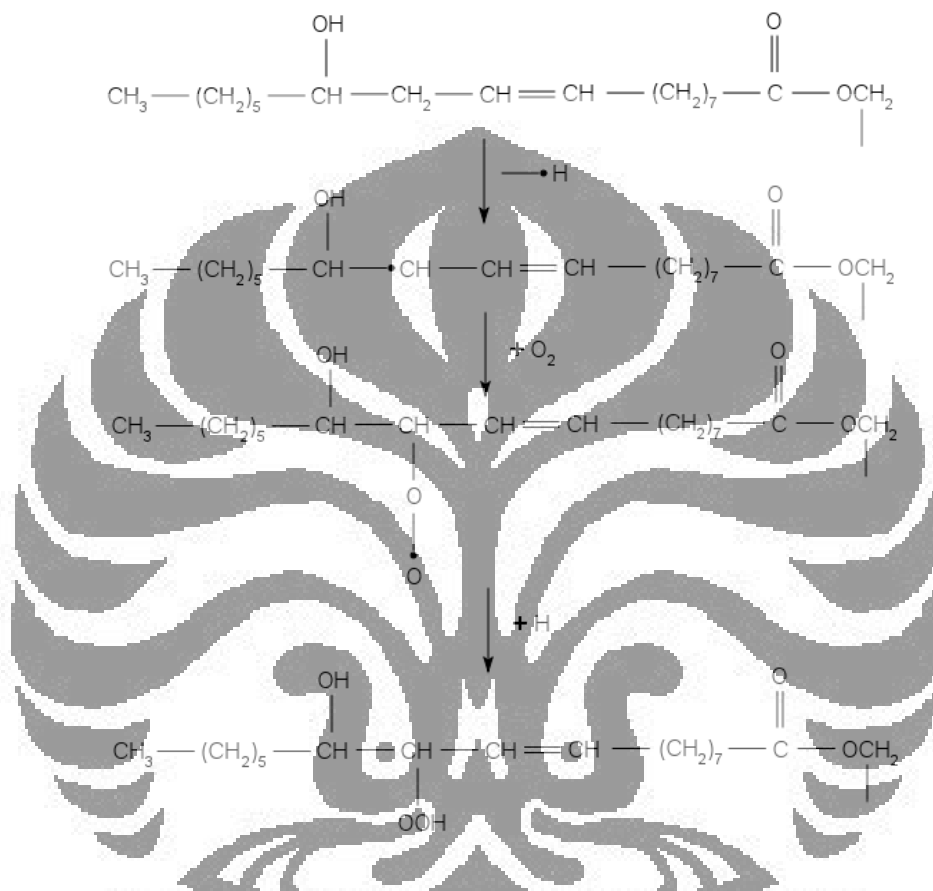
Akan tetapi, dari temperatur 70°C hingga temperatur 100°C, jumlah asam risinoleat yang dihasilkan mengalami penurunan. Reaksi hidrolisis minyak dalam larutan basa merupakan reaksi eksotermis sehingga kenaikan temperatur dapat mengakibatkan penurunan konversi. Akan tetapi, ini hanya berlaku jika reaksi bersifat bolak-balik (*reversible*). Reaksi hidrolisis minyak dalam larutan basa merupakan reaksi searah (*irreversible*) sehingga sabun yang telah terbentuk tidak akan terkonversi kembali menjadi minyak. Dengan demikian, minyak akan terkonversi seluruhnya menjadi sabun dan gliserol.

Penurunan jumlah asam risinoleat yang dihasilkan pada rentang temperatur 70°C hingga 100°C dapat disebabkan oleh oksidasi minyak jarak. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya bahwa reaksi hidrolisis minyak dalam larutan basa merupakan reaksi eksotermis dimana reaksi yang terjadi diiringi dengan pelepasan panas. Adanya panas yang dilepaskan pada temperatur reaksi yang tinggi dapat mengakibatkan sistem mengalami panas yang berlebihan. Panas berlebihan inilah yang selanjutnya memicu terjadinya oksidasi pada minyak jarak.

Minyak jarak memiliki kandungan asam lemak yang sebagian besar terdiri dari asam risinoleat. Asam risinoleat yang terkandung dalam minyak jarak merupakan asam lemak tidak jenuh karena memiliki ikatan rangkap. Ikatan rangkap bersifat kurang stabil dan cenderung mengalami oksidasi.

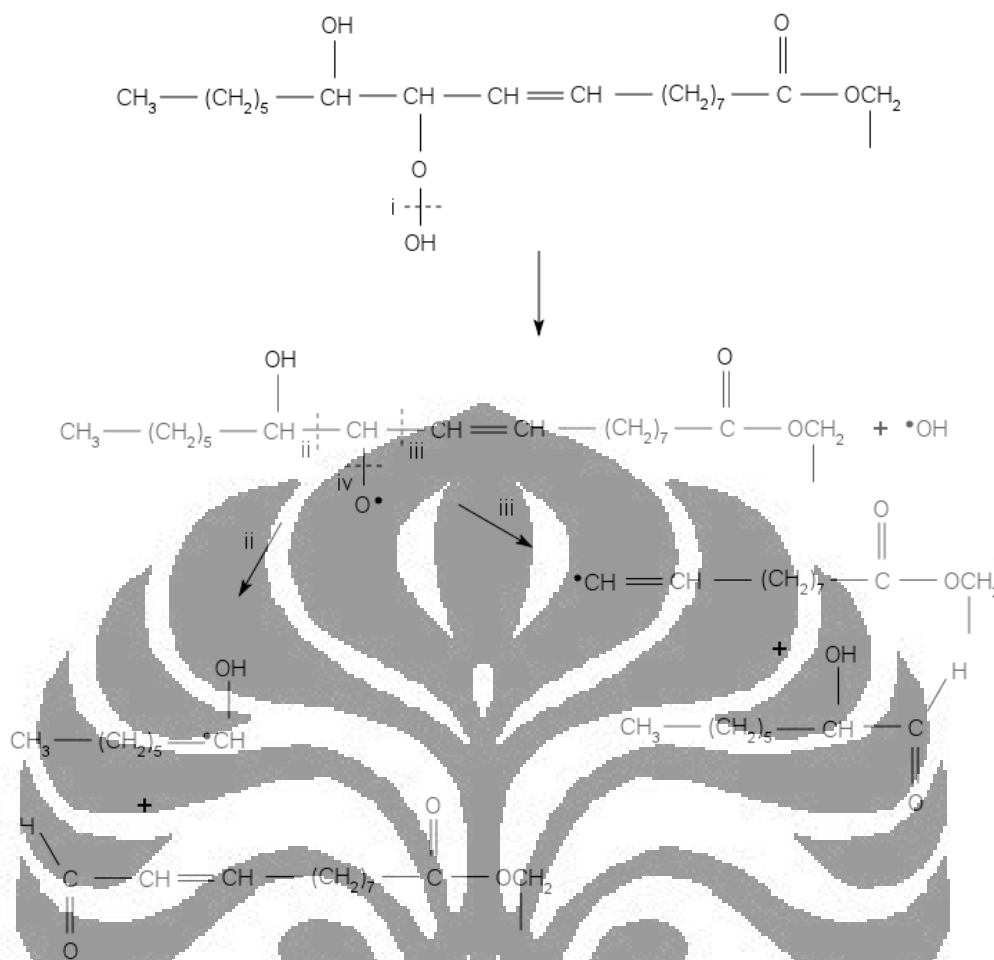
Oksidasi asam lemak tidak jenuh yang terdapat dalam minyak didasarkan pada serangan oksigen pada ikatan rangkap untuk membentuk senyawa

hidroperoksida tidak jenuh. Reaksi oksidasi diawali dengan pemutusan atom hidrogen pada atom karbon yang terletak di sebelah ikatan rangkap untuk membentuk senyawa radikal. Mekanisme reaksi oksidasi yang terjadi pada minyak jarak dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Mekanisme reaksi oksidasi minyak jarak

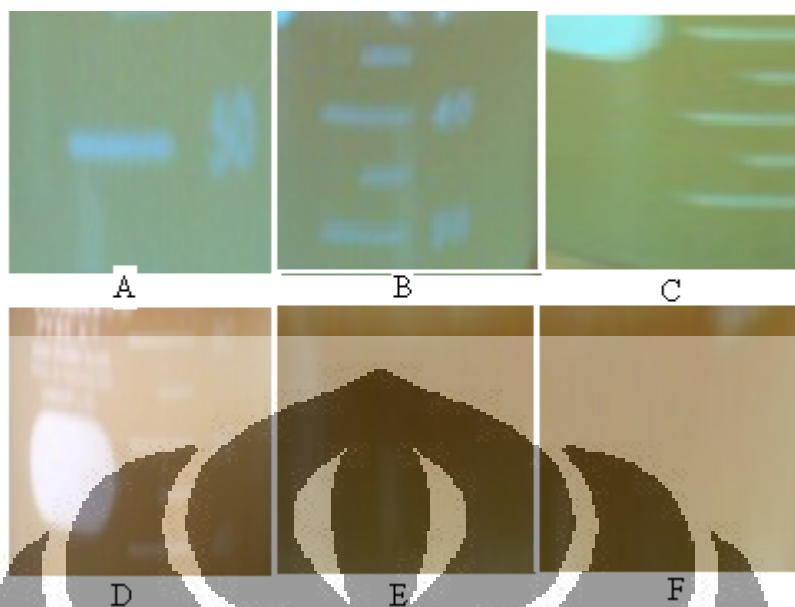
Senyawa hidroperoksida yang dihasilkan dari reaksi oksidasi bersifat tidak stabil dan mudah mengalami dekomposisi. Dekomposisi hidroperoksida dapat menghasilkan senyawa-senyawa seperti alkohol, aldehida, dan asam lemak tidak jenuh dengan berat molekul lebih rendah. Mekanisme reaksi dekomposisi hidroperoksida dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Mekanisme reaksi dekomposisi hidroperoksida

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa dekomposisi senyawa hidroperoksida menghasilkan senyawa aldehida dan senyawa radikal. Senyawa aldehida yang dihasilkan dapat mengakibatkan bau tengik pada minyak. Sementara itu, senyawa radikal yang dihasilkan akan bereaksi dengan senyawa radikal lain untuk membentuk senyawa yang stabil.

Oksidasi pada minyak, selain ditandai dengan bau tengik yang dihasilkan, juga ditandai dengan terjadinya perubahan warna pada minyak (lihat Gambar 4.8). Minyak mengandung tokoferol yang merupakan sumber vitamin E dan sangat aktif terhadap oksidasi sehingga dapat digunakan sebagai antioksidan. Tokoferol yang teroksidasi akan menimbulkan warna coklat pada minyak. Warna coklat juga dapat disebabkan oleh reaksi browning nonenzimatik yaitu reaksi antara karbohidrat dengan protein bila terdapat panas.

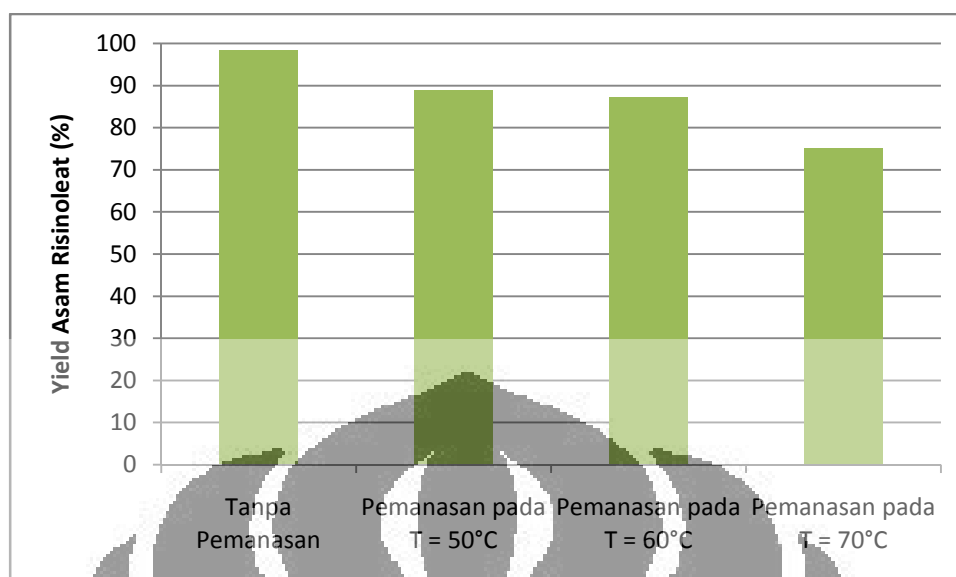


Gambar 4.8 Asam risinoleat yang dihasilkan melalui hidrolisis minyak jarak pada temperatur a. 50°C, b. 60°C, c. 70°C, d. 80°C, e. 90°C dan f. 100°C dalam larutan NaOH 6,515 M

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa asam risinoleat yang dihasilkan dari hidrolisis minyak jarak pada temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C memiliki kesamaan warna. Sementara itu, hidrolisis minyak jarak yang dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi menghasilkan asam risinoleat dengan warna kuning kecoklatan. Ini membuktikan bahwa telah terjadi peristiwa oksidasi pada asam risinoleat yang dihasilkan dari hidrolisis minyak jarak pada temperatur 80°C, 90°C, dan 100°C.

4.4 Perbandingan antara Netralisasi Sabun yang Dilakukan Tanpa Pemanasan dengan Netralisasi Sabun yang Disertai Pemanasan

Pada umumnya, reaksi akan berlangsung lebih cepat jika dipanaskan. Reaksi yang disertai dengan pemanasan akan lebih cepat mencapai konversi yang diinginkan jika dibandingkan dengan reaksi yang tidak disertai dengan pemanasan. Hal ini dikarenakan molekul-molekul reaktan akan bergerak lebih cepat sehingga proses tumbukan lebih sering terjadi. Perbandingan antara netralisasi sabun yang dilakukan tanpa pemanasan dengan netralisasi sabun yang disertai pemanasan dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Perbandingan antara netralisasi sabun yang dilakukan tanpa pemanasan dengan netralisasi sabun yang disertai pemanasan

Sabun yang dinetralisasi dihasilkan dari hidrolisis minyak jarak pada temperatur 70°C dalam larutan NaOH 6,515 M.

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa netralisasi sabun yang disertai pemanasan mengakibatkan jumlah asam risinoleat yang dihasilkan mengalami penurunan. Penurunan jumlah asam risinoleat yang dihasilkan dapat dikarenakan asam risinoleat mengalami oksidasi. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya bahwa ikatan rangkap yang terdapat pada asam risinoleat bersifat kurang stabil dan cenderung mengalami oksidasi. Oksidasi asam risinoleat, selain dapat disebabkan oleh temperatur yang tinggi, juga dapat disebabkan oleh lamanya kontak dengan panas.

Netralisasi merupakan suatu proses untuk mendapatkan asam risinoleat dari sabun yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis dengan cara mereaksikan sabun dengan asam kuat. Asam kuat yang digunakan pada penelitian ini adalah HCl. HCl bersifat sangat korosif. Semakin lama sabun mengalami kontak dengan HCl dalam keadaan dipanaskan maka jumlah asam risinoleat yang dihasilkan akan mengalami penurunan dan asam risinoleat yang dihasilkan akan berwarna coklat (Arbianti, dkk., 2008).

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa

1. *Yield* asam risinoleat akan meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi NaOH yang digunakan hingga mencapai konsentrasi 6,515 M kemudian *yield* asam risinoleat akan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan konsentrasi.
2. *Yield* asam risinoleat akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur hingga mencapai temperatur 70°C kemudian *yield* asam risinoleat akan mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur.
3. *Yield* asam risinoleat tertinggi dicapai pada reaksi hidrolisis minyak jarak yang berlangsung dalam larutan NaOH 6,515 M pada temperatur 70°C dilanjutkan dengan netralisasi tanpa disertai pemanasan.
4. Netralisasi sabun yang disertai dengan pemanasan dapat mengakibatkan penurunan *yield* asam risinoleat.

DAFTAR REFERENSI

- Agra, I. B., dan Warnijati, S. (1972). Hidrolisis minyak kelapa dengan katalisator asam sulfat. *Forum Teknik*, 2, 31 – 40.
- Akiyama, K., Kawazu, K., dan Kobayashi, A. (1995). A novel method for chemoenzymatic synthesis of eliciter-active chitosan oligomer and partially n-deacetylated chitin oligomers using n-acylated chitotrioses as substrates in a lysozyme-catalyzed transglycosylation reaction system. *Carbohydrate Research*, 338, 1283 – 1290.
- Alexander, J., Shirrton, Swern D., Norris, F. A., dan Maihl, K. F. (1964). *Bailey's industrial oil and fat product* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Arbianti, Rita, Utami, Tania S., Hermansyah, Heri, Setiawati, Ira, dan Rini, Eki L. (2008, April). *Asam propionate sebagai displacement acid pada reaksi hidrolisis minyak kelapa sawit dengan katalis asam sulfat*. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, Bandung, 1 – 5.
- Assosiasi Importir Pelumas Indonesia. (1982). *Pengetahuan dasar minyak pelumas dan kumpulan peraturan-peraturan tataniaga pelumas di Indonesia* (pp. 24). Jakarta: Radar Jaya Offset.
- Brockman, H.L. (1984). General feature of lipolisis reaction schem: Interfacial structure and approach in brongstrom and brockman. *Lipases*, 443 – 469.
- Hasnisa, dan Salimon, Jumat. (2008). Kajian pengoptimuman tindak balas hidrolisis minyak kacang soya. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 12, 205 – 209.
- Ketaren, S. (1986). *Pengantar teknologi minyak dan lemak pangan*. Jakarta: UI Press.
- Kirk, Ole, Vedel, Torben, dan Crone, Clause. (2002). Industrial Enzyme Application. *Current opinion on biotechnology*, 13, 345 – 351.
- Kirk, R. E., dan Othmer, D. F. (1964). *Encyclopedia of chemical technology Vol. 3*. New York: The Interscience Encyclopedia Inc.
- Liestiyani, Dessy. (2000). *Pengaruh suhu pemanasan biji jarak, waktu, dan tekanan pengempaan dingin terhadap mutu minyak biji jarak (Ricinus communis L.)*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Manurung, Simon. (2008). *Sintesis n-etanol 9, 10, 12 trihidroksi stearamida yang diturunkan dari minyak jarak (Ricinus Communis Linn)*. Universitas Sumatera Utara. <http://repository.usu.ac.id>.
- Marlina, Surdia, N. M., Radiman, C. L., dan Achmad, S. (2004). Pengaruh konsentrasi oksidator pada proses hidrosilasi minyak jarak (castor oil) dengan atau tanpa proteksi gugus hidroksi. *ITB Sains & Tek*, 36 A, 33 – 43.
- Nurandrian, Rifky. (2008). *Senyawa-senyawa hasil s-butilasi asam risinoleat dengan 2-bromo butane dan natrium hidroksida dalam 2 butanol*. Skripsi. Universitas Negeri Malang, Malang.
- Perdana, Farid Kurnia, dan Hakim, Ibnu. (2008). *Pembuatan sabun cair dari minyak jarak dan soda q sebagai upaya meningkatkan pangsa pasar soda q*. Program Kreativitas Mahasiswa. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rahayu, Suprihastuti Sri, dan Agra, Ida Bagus. (2001). Hidrolisis minyak jarak pada tekanan tinggi (*Hydrolysis of castor oil at high pressure*). *Forum Teknik*, 25, 136 – 145.
- Ramamurthi, S., Manohar, V., dan Mani, V. V. S. (1998). Characterization of fatty acid isomers in dehydrated castor oil by gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry techniques. *AOCS Press*.
- Savitri, Emma, Adiarto, Tokok, dan Anggen, Maria Yunita. (2009, Oktober). *Pengaruh konsentrasi HCl dan temperatur hidrolisis pada berat molekul dan derajat deasetilasi kitosan*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia, Bandung, 1 – 8.
- Susanti, Hevy. (2006). *Pengaruh laju alir udara dan lama inkubasi terhadap hidrolisis in situ minyak jarak dalam biji jarak untuk produksi asam risinoleat*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Swern, D. (1979). *Bailey's industrial oil and fat products* (4th ed.). New York: John Wiley and Son.
- Weiss, E.A. (1971). *Castor, sesame and safflower*. New York: Leonard Hill Books.

Lampiran 1 Hasil Analisis Bilangan Asam dari Asam Risinoleat

Konsentrasi (M)	Bilangan Asam
2,175	91
3,24	139,72
4,67	177,44
6,515	188,82
8,112	181
10,83	159,44

T (°C)	Bilangan Asam
50	173,08
60	188,82
70	218,05
80	168,55
90	165,96
100	164,38

	Bilangan Asam
Tanpa Pemanasan	218,05
Pemanasan pada T = 50°C	199,04
Pemanasan pada T = 60°C	196,03
Pemanasan pada T = 70°C	172,09