

PEMISAHAN ASAM LEMAK TAK JENUH DALAM MINYAK NABATI DENGAN EKSTRAKSI PELARUT DAN HIDROLISA MULTISTAGE

Dwi Ardiana Setyawardhani¹, Sperisa Distantina¹

Hary Sulisty², Suprihastuti Sri Rahayu²

¹Jurusan Teknik Kimia Fak. Teknik UNS

²Jurusan Teknik Kimia Fak. Teknik UGM

ardiana@uns.ac.id

Abstract

Omega-3, omega-6 and omega-9 are unsaturated fatty acids which commonly found in vegetable oil. They are interested for healthy food consumption, preventing atherosclerosis, heart attack and other diseases. Batchwise process of hydrolysis using catalyst was conducted to prepare fatty acid from corn oil. Multistage hydrolysis at low temperature was needed to obtain the acids on high conversion without decomposition. It was an explorative research, which purposed to determine the effect of solven for separating fatty acids, and the number of stages for reaction conversion. The oil hydrolyzed with 1% w /w Hydrochloric as catalyst, 1/1 and 1/3 volume ratio of oil and water. One stage for oil hydrolysis was kept on 3-4 hours. Each stage was analyzed to determine the triglycerides conversion. The process was supposed to be finished when it reached maximum conversion. Then fatty acids separated from glycerol by settling, and processed for the next stage with the same condition. Short chain alcohol was suitable for separating fatty acids from corn oil relatively. More stages gave higher reaction-conversion.

Key word: *multistage hydrolysis, corn oil, fatty acids.*

PENDAHULUAN

Komponen terbesar minyak nabati adalah trigliserida yang merupakan ikatan asam-asam lemak jenuh dan tak jenuh. Asam lemak jenuh berantai lurus bila mengalami alkoholisis akan menjadi ester jenuh berantai lurus. Ester ini dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel (biodiesel) yang memiliki angka cetana tinggi. Angka cetana yang tinggi berfungsi untuk mengurangi ketukan (*knocking*) pada mesin diesel. Asam lemak tak jenuh berantai panjang (misalnya oleat, linoleat, linolenat) merupakan komponen asam-asam lemak omega 3, 6 dan 9 yang sangat bermanfaat bagi kesehatan. Tiap jenis minyak nabati memiliki karakteristik tersendiri, tergantung pada kandungan asam lemak yang terdapat di dalamnya. Penelitian ini bertujuan memisahkan asam lemak tak jenuh dalam minyak nabati untuk diperoleh dalam bentuk konsentrat. Hal ini diperlukan agar khasiat asam lemak tersebut dapat diperoleh tanpa harus dikonsumsi dalam jumlah banyak. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah hidrolisa minyak. Minyak nabati yang dominan mengandung asam lemak tak jenuh di antaranya minyak biji karet, minyak jagung, minyak kemiri, minyak kedelai dan minyak kacang (Ketaren, 1980).

Proses hidrolisa menguraikan minyak nabati menjadi gliserol dan asam lemak penyusunnya. Asam lemak hasil hidrolisa dapat dipisahkan dari campuran hasil reaksi dengan settling.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh jenis pelarut pada pemisahan asam lemak hasil hidrolisis minyak nabati, dan pengaruh jumlah stage hidrolisis terhadap konversinya.

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat, antara lain untuk ilmu pengetahuan akan berperan serta dalam perkembangan aplikasi ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam pemisahan campuran asam lemak dari bahan baku alam. Proses pemisahan yang digunakan diharapkan mampu menyederhanakan proses yang telah ada sebelumnya dengan hasil yang relatif baik. Keberhasilan mengambil kandungan asam lemak tersebut akan memberikan nilai tambah ekonomi pada perkebunan-perkebunan di Indonesia, meningkatkan devisa negara (melalui pengurangan impor, peningkatan ekspor, dan pajak), menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat, dan meningkatkan penghasilan petani.

Hidrolisa Minyak Nabati

Pada penelitian sebelumnya (Setyawardhani dkk, 2006) telah dilakukan hidrolisa terhadap minyak biji karet pada berbagai variasi suhu dan konsentrasi katalis. Perbandingan volume minyak : air sebesar 1 : 3, dengan variasi suhu 40^o, 55^o dan 70^oC. Katalis HCl divariasikan 0,4%, 1 % dan 3% berat minyak dengan waktu reaksi selama 90 menit. Karena konversi reaksi tidak mencapai 100% maka dalam produk reaksi masih terkandung sisa minyak biji karet.

Pada penelitian tahap dua ini akan dilakukan hidrolisa multistage, untuk memperoleh konversi maksimal tanpa harus menaikkan temperatur yang dikhawatirkan akan mendegradasi asam lemak tak jenuh menjadi asam-asam lemak jenuh. Bahan yang dipergunakan adalah minyak jagung. Setiap akhir reaksi dalam 1 batch, fase minyak dipisahkan dari fase air, kemudian dihidrolisa kembali dengan kondisi yang sama dengan reaksi sebelumnya.

Campuran asam lemak yang diperoleh dari hidrolisa multistage akan dimurnikan untuk memisahkan asam-asam lemak jenuh dan tak jenuhnya.

Pemisahan Asam Lemak

Campuran produk hasil reaksi kemungkinan masih mengandung sisa minyak, air dan katalis, karena umumnya reaksi hidrolisa tidak berlangsung dengan sempurna. Untuk memperoleh asam lemak, komponen lain seperti gliserol, katalis dan sisa reaktan harus dipisahkan. Proses ekstraksi dengan solven dinilai cocok untuk pemisahan ini, karena selektivitas pelarut-pelarut tertentu terhadap asam lemak dan gliserol tidak sama. Menurut Sax & Lewis (1987), gliserol tidak larut dalam eter, benzen dan CCl₄, sedangkan asam lemak tidak larut dalam air, tetapi larut dalam alkohol dan hampir semua solven organik, termasuk pelarut hidrokarbon.

Konsentrat asam lemak dapat diperoleh dari kombinasi teknik-teknik seperti penyabunan (saponifikasi), ekstraksi dengan pelarut, inklusi urea, distilasi molekuler, distilasi fraksinasi, *liquid chromatography* dan *supercritical fluid carbon dioxide* (Yongmanitchai & Ward, 1989).

Menurut Haagsma dkk (1982), kristalisasi dan inklusi urea merupakan metode yang cocok untuk menangani asam lemak dalam jumlah besar. Sedangkan menurut Ratnayake dkk (1988), metode inklusi urea cukup menjanjikan karena memerlukan peralatan yang sederhana, tidak memerlukan pelarut organik selain metanol dan tidak mempengaruhi struktur

molekul asam lemak tak jenuh. Prinsip metode inklusi urea adalah penyabunan dengan NaOH, dilanjutkan dengan ekstraksi menggunakan n-heksan dan pengasaman dengan HCl hingga pH 1. Pemurnian dilakukan dengan evaporasi vakum hingga diperoleh konsentrat asam lemak. Konsentrat dicampurkan dengan urea dalam methanol panas (60-65^oC). Selanjutnya kristalisasi dilakukan dengan membiarkannya dalam suhu kamar selama semalam, dan dilanjutkan dengan penyaringan.

Penelitian ini akan menggunakan modifikasi dari metode inklusi urea, dengan harapan prosesnya lebih efektif dan efisien dengan biaya lebih murah, namun dengan hasil yang tidak terlalu jauh berbeda. Pada metode ini reaksi saponifikasi digantikan dengan hidrolisa, sehingga produk yang terbentuk bukan lagi sabun melainkan asam lemak. Pemisahan asam lemak dari gliserol dilakukan langsung dengan ekstraksi menggunakan pelarut n-heksan, tanpa memerlukan pembebasan asam lemak dari sabun menggunakan HCl. Dengan proses ekstraksi pada kondisi yang tepat diharapkan sudah dapat diperoleh konsentrat asam lemak tanpa langkah-langkah pemurnian tambahan (pencampuran dengan urea, kristalisasi dan filtrasi) seperti yang terjadi pada metode inklusi urea.

Campuran asam-asam lemak yang telah terpisah dari produk reaksi hidrolisa terdiri atas asam lemak jenuh dan tak jenuh. Asam-asam lemak tersebut akan dipisahkan berdasarkan kelarutannya dalam solven (pelarut) tertentu. Kelarutan minyak / lemak tergantung dari polaritasnya. Asam lemak yang bersifat polar cenderung larut dalam pelarut polar dan asam lemak non polar larut dalam pelarut non polar. Contohnya asam butirat pada lemak susu (yang berantai pendek) bersifat polar, dan asam lemak tersebut larut dalam air yang juga bersifat polar. Sedangkan asam lemak berantai panjang cenderung tidak larut dalam air.

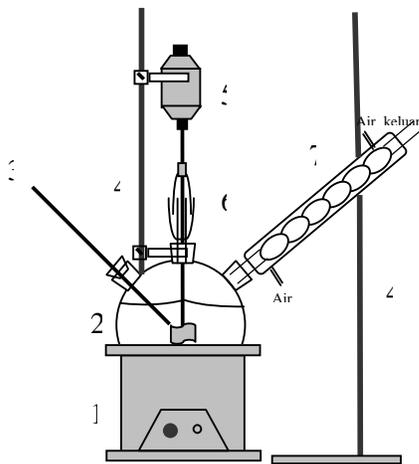
Kelarutan asam lemak lebih tinggi dari komponen gliseridanya. Asam-asam lemak tersebut larut dalam pelarut organik polar maupun non polar. Makin panjang rantai karbon kelarutan minyak/lemak makin rendah. Asam lemak yang tak jenuh lebih mudah larut dibanding asam lemak tak jenuh dengan panjang rantai yang sama, dengan demikian asam lemak yang derajat ketidakterjenuhannya lebih tinggi lebih mudah larut.

Garam timah hitam (Pb) dari asam lemak seperti stearat dan palmitat tidak larut dalam eter, tetapi garam Pb dari asam lemak tak jenuh seperti oleat, linoleat dan linolenat larut (Ketaren, 1986).

Kenaikan panjang rantai karbon dari suatu asam lemak berpengaruh pula terhadap titik cair asam lemak tersebut (Krischenbauer, 1960). Demikian pula asam lemak yang derajat ketidakjenuhannya makin tinggi mempunyai titik cair yang makin rendah. Asam lemak berstruktur *cis* memiliki titik cair yang lebih rendah daripada yang berstruktur *trans*.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi minyak jagung, aquades dan katalis HCl. Sedangkan untuk menentukan pelarut yang paling sesuai dipilih pelarut dari golongan hidrokarbon, alcohol, eter, aldehid, keton dan pelarut organik lainnya.



- Keterangan gambar :
- | | |
|--------------------|---------------------|
| 1. Pemanas mantel | 4. Statif |
| 2. Labu leher tiga | 5. Motor pengaduk |
| 3. Termometer | 6. Pengaduk merkuri |
| | 7. Pendingin balik |

Gambar 1. Rangkaian Alat Hidrolisa Minyak

Tahapan kerja pada penelitian ini meliputi hidrolisa minyak jagung dan pemurnian asam lemak. Pada tahap hidrolisa minyak jagung dipelajari pengaruh jenis pelarut pada pemisahan asam lemak hasil hidrolisis minyak jagung. Hidrolisis dengan rasio minyak jagung dengan air = 1 : 1 dan 1 : 3 dan HCl pekat sebagai katalis 1% berat minyak. Reaksi dijalankan dalam autoklaf (tekanan 1,2 atm dan suhu 130°C) serta labu leher tiga (tekanan 1 atm dan suhu 100, 115 dan 130°C) dijaga selama 3 - 4 jam. Hasil hidrolisis didinginkan, kemudian dipisahkan fase minyak dan fase airnya. Sebagian minyak diambil untuk diekstraksi. Selanjutnya diamati pengaruh jenis pelarut dan

rasio larutan hasil hidrolisa dengan pelarut. Pengaruh ini dilihat dari kenampakannya.

Tahap kedua. Tahap ini mempelajari pengaruh jumlah stage hidrolisis terhadap konversinya. Sebagian minyak hasil hidrolisa tahap pertama, dihidrolisis kembali dalam labu leher tiga yang dilengkapi pemanas mantel, pengaduk, termometer, dan pendingin balik. Waktu reaksi dihitung sejak ketiga bahan tercampur dan suhu sesuai yang diinginkan. Selanjutnya dianalisa asam lemak total dan asam lemak bebas dalam fase minyak untuk mengetahui besarnya konversi reaksi dengan metode titrasi asam basa. Kadar trigliserid adalah selisih asam lemak total dan asam lemak bebas. Konversi didefinisikan sebagai perubahan kadar trigliserid terhadap trigliserid mula-mula dalam minyak.

Hasil hidrolisa yang berupa campuran asam lemak dan gliserol dipisahkan dengan pengendapan di dalam corong pemisah. Campuran asam lemak dengan sisa minyak diambil sebagai hasil atas untuk diproses lebih lanjut (stage berikutnya) guna memperoleh konsentrat asam lemak.

Pada tahap pemurnian asam lemak, campuran asam lemak bebas gliserol dari hidrolisa stage 1 diambil dengan jumlah tertentu untuk diekstraksi dengan berbagai pelarut. Ekstraksi ini ditujukan untuk memisahkan asam lemak dari sisa minyak yang tak habis bereaksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrolisa 1 stage dengan kondisi suhu 130°C, tekanan 1,2 atm, konsentrasi HCl 1% berat minyak, rasio minyak/air 1 : 3 dan waktu reaksi 3 jam berlangsung dalam autoklaf. Campuran asam lemak dan sisa minyak yang telah dipisahkan dari gliserol kemudian sebagian diekstraksi dengan berbagai pelarut. Tujuan ekstraksi ini adalah memisahkan asam lemak dari sisa minyak. Pelarut yang dipergunakan diharapkan dapat mengikat asam lemak dan memisahkannya dari trigliserida (sisa minyak). Hasil ekstraksi dengan berbagai pelarut tercantum pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan ekstraksi asam lemak dari sisa minyak dengan variasi pelarut

Solven	Perband. vol. asam lemak/ solven	Pengamatan
N- hexan	1 : 1	Larut sempurna
	1 : 2	Larut sempurna
	1 : 3	Larut sempurna
	1 : 4	Larut sempurna

Solven	Perband. vol. asam lemak/ solven	Pengamatan	
Etanol	1 : 1	Sebagian larut	
	1 : 2	Sebagian larut	
	1 : 3	Sebagian larut	
	1 : 4	Sebagian larut	
Methanol	1 : 1	Sebagian larut	
	1 : 2	Sebagian larut	
	1 : 3	Sebagian larut	
	1 : 4	Sebagian larut	
Butanol	1 : 1	Larut sempurna	
	1 : 2	Larut sempurna	
	1 : 3	Larut sempurna	
	1 : 4	Larut sempurna	
	Formalin	1 : 1	Tidak larut sama sekali
		1 : 2	Tidak larut sama sekali
1 : 3		Tidak larut sama sekali	
1 : 4		Tidak larut sama sekali	
Aseton	1 : 1	Larut sempurna	
	1 : 2	Larut sempurna	
	1 : 3	Larut sempurna	
	1 : 4	Larut sempurna	
Petr. Eter	1 : 1	Bercampur (keruh)	
	1 : 2	Bercampur (keruh)	
	1 : 3	Bercampur (keruh)	
	1 : 4	Bercampur (keruh)	
CCl ₄	1 : 1	Bercampur (keruh)	
	1 : 2	Bercampur (keruh)	
	1 : 3	Bercampur (keruh)	
	1 : 4	Bercampur (keruh)	
Kloroform	1 : 1	Larut sempurna	
	1 : 2	Larut sempurna	
	1 : 3	Larut sempurna	
	1 : 4	Larut sempurna	
As.formiat	1 : 1	Tidak larut sama sekali	
	1 : 2	Tidak larut sama sekali	
	1 : 3	Tidak larut sama sekali	
	1 : 4	Tidak larut sama sekali	
Gliserin	1 : 1	Tidak larut sama sekali	
	1 : 2	Tidak larut sama sekali	
	1 : 3	Tidak larut sama sekali	
	1 : 4	Tidak larut sama sekali	
As. Laktat	1 : 1	Tidak larut sama sekali	
	1 : 2	Tidak larut sama sekali	
	1 : 3	Tidak larut sama sekali	
	1 : 4	Tidak larut sama sekali	
2-propanol	1 : 1	Sebagian larut	
	1 : 2	Sebagian larut	
	1 : 3	Sebagian larut	
	1 : 4	Sebagian larut	

Berdasarkan hasil pengamatan, pelarut yang mampu melarutkan sebagian asam lemak adalah golongan alkohol. Namun golongan alkohol ini ternyata juga mampu melarutkan gliserida (mono- dan di-). Trigliserida bereaksi dengan air membentuk asam lemak melalui tahapan pembentukan monogliserida, digliserida dan trigliserida. Bila meninjau konversi yang sangat rendah, kemungkinan dalam campuran sisa reaksi banyak terdapat mono- dan digliserida. Komponen-komponen inilah yang mungkin terlarut dalam alkohol.

Agar asam lemak dapat diperoleh dalam konsentrasi tinggi (tidak perlu dipisahkan dari

sisa minyak), maka upaya selanjutnya adalah meningkatkan konversi semaksimal mungkin. Konversi reaksi dapat ditingkatkan dengan meninggikan temperatur atau menambah konsentrasi katalis. Namun temperatur yang tinggi dapat menguraikan asam lemak tak jenuh rantai panjang menjadi asam-asam lemak jenuh rantai pendek. Sedangkan penambahan konsentrasi katalis lebih dari 1% tidak lagi memberikan kenaikan konversi yang cukup signifikan. Untuk itu, langkah yang dapat dilakukan adalah hidrolisa multi stage pada kondisi moderat agar konversi maksimal dan asam lemak tidak terdegradasi.

Sisa minyak jagung dari hidrolisa dengan autoklaf dihidrolisa kembali dengan perbandingan minyak/air 1 : 3 pada tekanan 1 atm. Suhu maksimal yang dapat dicapai pada kondisi tersebut adalah 100°C. Campuran asam lemak dan sisa minyak hasil reaksi dipisahkan dari gliserol dengan menggunakan corong pemisah. Asam lemak dan sisa minyak sebagai hasil atas dihidrolisa kembali dengan kondisi yang sama dengan proses (*stage*) sebelumnya untuk memperoleh konversi yang lebih besar. Hasil hidrolisa *multistage* tercantum pada tabel 2.

Tabel 2. Konversi hidrolisa minyak jagung secara multistage

Stage ke-	Kondisi operasi	Konversi
1	T = 130°C, P = 1,2 atm HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 3 Waktu reaksi 3 jam.	-
2	T = 100°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 3 Waktu reaksi 3 jam.	6,52%
3	T = 100°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 3 Waktu reaksi 3 jam.	17,5%
4	T = 100°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 3 Waktu reaksi 3 jam.	39,59%
5	T = 100°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 3 Waktu reaksi 3 jam.	61,3%
6	T = 130°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 1 Waktu reaksi 3 jam.	69,6 %
7	T = 130°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 1 Waktu reaksi 3 jam.	77,7 %
	Total waktu reaksi 21 jam	

Dari 4 stage pertama dapat diketahui bahwa perbandingan air yang cukup besar terhadap minyak (1 : 3) menjadikan suhu maksimal reaksi hanya tercapai 100°C. Pada kondisi tersebut peningkatan konversi rata-rata sebesar 18%. Untuk stage ke 5 dan 6 dilakukan hidrolisa dengan perbandingan minyak / air 1 : 1 agar diperoleh suhu reaksi yang lebih tinggi. Ternyata suhu dapat meningkat menjadi 130°C, akan tetapi peningkatan konversi rata-rata hanya 8%.

Produk asam lemak dari stage ke-7 ini diekstraksi dengan beberapa pelarut golongan alkohol. Hasil ekstraksi ditunjukkan pada table 3.

Tabel 3. Hasil pengamatan ekstraksi asam lemak dari hidrolisa stage ke - 6 dengan variasi pelarut alkohol

Solven	Perband. vol. asam lemak/ solven	Pengamatan
Metanol	1 : 1	40% volume asam lemak larut
Etanol	1 : 1	20% volume asam lemak larut
2-propanol	1 : 1	Asam lemak terdispersi dalam solven (keruh)
Butanol	1 : 1	Asam lemak dan sisa minyak larut sempurna

Dari tabel 3 terlihat bahwa dengan makin panjangnya rantai karbon pada alkohol (C-1 : metanol, C-2 : etanol, C-3 propanol) kemampuannya untuk melarutkan asam lemak makin berkurang. Namun pada alkohol rantai C-4 (butanol), baik asam lemak maupun sisa minyak larut sempurna. Ini menunjukkan bahwa alkohol rantai panjang (C-4 atau lebih) kurang sesuai untuk pemisahan asam lemak dari minyak. Secara umum, penggunaan methanol atau etanol kemungkinan lebih baik.

Mengamati hasil hidrolisa multi stage di atas, kemudian dilakukan hidrolisa dengan perbandingan minyak : air = 1 : 1 pada suhu yang tidak maksimal (115°C) guna mempelajari pengaruhnya terhadap peningkatan konversi reaksi. Hasilnya terlihat pada table 4.

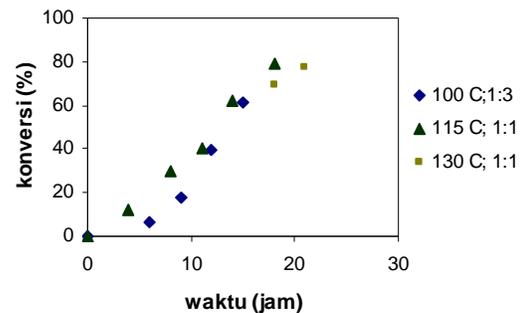
Hidrolisa multistage pada suhu 115°C dengan perbandingan air : minyak = 1 : 1 ini memperlihatkan kecenderungan konversi yang lebih besar dibandingkan dengan rasio air : minyak = 1 : 3. Dengan 5 stage (total waktu reaksi hanya 18 jam) konversi yang dicapai 79,42%. Hal ini menunjukkan rasio air : minyak

yang lebih besar tidak mempengaruhi peningkatan konversi.

Gambar 2 memperlihatkan kecenderungan peningkatan konversi reaksi hidrolisa multi stage. Titik-titik yang tergambar menunjukkan batas antara stage yang satu dengan berikutnya.

Tabel 4. Konversi hidrolisa minyak jagung secara multistage

Stage ke-	Kondisi operasi	Konversi
1	T = 115°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 1 Waktu reaksi 4 jam.	11,94%
2	T = 115°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 1 Waktu reaksi 4 jam.	29,97%
3	T = 115°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 1 Waktu reaksi 3 jam.	40,04%
4	T = 115°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 1 Waktu reaksi 3 jam.	62,01%
5	T = 115°C HCl 1% berat minyak Vol. minyak : air = 1 : 1 Waktu reaksi 4 jam.	79,42 %
	Total waktu reaksi 18 jam	



Gambar 2. Grafik hubungan konversi hidrolisa multistage terhadap waktu

Pada hidrolisa dengan rasio minyak/air 1 : 1 dan suhu 115°C terlihat bahwa konversi reaksi lebih besar dibandingkan dengan perbandingan 1 : 3. Demikian pula konversi tersebut lebih tinggi dibandingkan rasio minyak/air yang sama tetapi suhu lebih tinggi (130°C). Ini menunjukkan bahwa keberadaan air yang terlampaui banyak justru mengurangi homogenitas campuran minyak dan air, sehingga molekul-molekul reaktan kurang

berkontak. Namun demikian secara umum konversi reaksi meningkat dengan makin banyaknya stage yang dilakukan. Untuk waktu reaksi total 18 jam, konversi reaksi baru mencapai 79,42%. Hal ini menunjukkan masih perlunya dilakukan stage-stage berikutnya untuk memperoleh konversi mendekati 100%.

KESIMPULAN

Pelarut yang relatif mampu memisahkan asam lemak dari minyak adalah golongan alkohol rantai pendek. Konversi reaksi hidrolisis meningkat dengan makin banyaknya stage yang dilakukan.

SARAN

Perlu dilakukan hidrolisa untuk stage yang lebih banyak guna mencapai konversi maksimal yang diperlukan untuk pemisahan asam lemak dari sisa minyak. Penggunaan pelarut alkohol untuk ekstraksi asam lemak dari minyak perlu dilakukan untuk melihat kecenderungannya pada perbandingan solven/minyak yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini dengan dana Hibah Pekerti 2007.

DAFTAR PUSTAKA

- Haagsma, N., van Gent, C.M., Luten, J.B., de Jong, R.W., and van Dorn, E., 1982, "Preparation of Omega-3 Fatty Acids from Cod Liver Oil", *JAOCS* 59(3), pp 117-118.
- Ketaren, S., 1986, "Minyak dan Lemak Pangan", UI Press, Jakarta.
- Ratnayake, W.M.N., Olsson, B., Matthews, D. and Ackman, R.G., 1988, "Preparation of Omega-3 PUFA Concentrates from Fish Oils via Urea Complexion", *Fat. Sci. Technol.*, vol. 10 pp. 381-386.
- Sax, N.I. and Lewis, R.J., 1987, "Condensed Chemical Dictionary", Van Nostrand Reinhold Co, New York.
- Setyawardhani, D.A., Distantina, S., Sulistyono, H. Dan Rahayu, S.S., 2007, "Hidrolisa Minyak Biji Karet dengan Tinjauan Reaksi Heterogen Cair-cair Immiscible", Forum Teknik edisi Juli, Fak. Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Swern, D., 1964a, "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", vol.1, 3 ed., John Wiley and Sons, New York
- Swern, D., 1964b, "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", vol.2, 3 ed., John Wiley and Sons, New York.
- Yongmanitchai, W. and Ward, O.P., 1989, "Omega-3 Fatty Acids Alternative Source of Production", *Process Biochem.*, vol. 8, pp 117 – 125.