

Studi Pembuatan Minyak Goreng Diet (Sukrosa dan Fruktosa yang Diesterifikasi dengan Asam Stearat dan Asam Oleat)

Riswiyanto, Herman

Departemen Kimia FMIPA, Universitas Indonesia

Abstrak

Minyak goreng diet adalah minyak goreng yang tidak dapat dimetabolisme oleh tubuh dan dapat menarik kolesterol serta asam lemak bebas keluar dari tubuh. Studi ini, mensintesa ester dari sukrosa, fruktosa dan asam oleat serta stearat dengan menggunakan katalis asam (HCl) pada temperature 45 °C dengan pelarut DMF. Senyawa ester sukrosa oktaoleat dan fruktosa pentaoleat terbentuk dengan ditandai hilangnya serapan gugus OH pada bilangan gelombang 3500 – 3326 cm⁻¹. Reaksi berlangsung dengan waktu 96 jam dan 112 jam. Titik didih sukrosa oktaoleat adalah 234 – 236 °C, fruktosa pentaoleat 216 – 217 °C, fruktosa pentaoleat 257-260 °C, Sukrosa oktastearat 272-274 °C sedangkan titik didih minyak bimoli 182 – 183 °C.

Abstract

Cholesterol and triglycerida may be excreted by diet palm oil from the human body. In this study, it had already been synthesized such ester like as fruktosa pentaoleic, fructose pentastearic, sukrosa octa oleic and sucrose octastearic. This ester can be synthesized by substitution reaction between oleic or stearic acid and sucrose or fructose as carbohydrate base. Those ester result simply from heating oleic or stearic acid and sucrose or fructose in DMF solution containing small amount of strong acid (HCl) catalyst at 45 °C. The esterification reaction is successfully, its to be convince by the fungsional group of hidroksil (3500 – 3326 cm⁻¹) have already disappear. The reaction completed at about 96 hour for fructose pentaoleic ester and 112 °C of sucrose octaoleic. The boiling point of fructose penta oleic = 216-217 °C. Sucrose octaoleic = 234-236 °C, Fructose pentaoleic = 257-260 °C, Sucrose octastearic = 272-274 °C where as Bimoli palm oil = 182-183 °C.

Keywords: Fruktosa, sukrosa, asam oleat, asam stearat, ester.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Ester dari sukrosa oktaoleat, sukrosa oktastearat dapat berfungsi sebagai minyak goreng diet yang tidak dapat terdegradasi dan mampu mengurangi kolesterol dan asam lemak dalam tubuh. Pada penelitian ini dibuat ester fruktosa pentaoleat, fruktosa penta stearat, sukrosaoktaoleat dan sukrosa oktastearat dalam pelarut DMF dengan katalis asam pada temperatur 85 °C, waktu yang diperlukan untuk mendapatkan ester ini adalah 96 jam dan 112 jam. Ester yang dihasilkan dibandingkan dengan minyak Bimoli

1.2. Fruktosa dan Sukrosa

Fruktosa merupakan monosakarida yang termasuk gula pereduksi sedangkan sukrosa bukan merupakan gula pereduksi (Suatu disakarida yang tidak mempunyai gugus OH bebas). Fruktosa pentaoleat dan fruktosa pentastearat belum memiliki nama dagang. Baik sukrosa oktaoleat, sukrosa oktastearat, fruktosa pentaoleat maupun fruktosa pentastearat, tidak dapat diserap oleh

tubuh. Disebut minyak goreng diet karena di dalam tubuh, keempat ester tersebut dapat menarik kolesterol dan asam lemak bebas.

1.3. Asam Oleat teknis dan asam stearat teknis.

1.3.1. Kandungan Asam Oleat teknis

Asam oleat (C₁₈:1;ω9) dengan struktur C₁₇H₃₃COOH dan asam stearat (C₁₈:0) dengan struktur C₁₇H₃₅COOH diperoleh dari hidrolisis bermacam-macam lemak binatang dan minyak tumbuhan. Di dalam asam oleat teknis biasanya mengandung pengotor seperti asam linoleat (C₁₈:2;ω6), asam stearat (C₁₈:0), produk oksidasi primer dan stearat teknis impuritasnya adalah asam palmitat (titik didih 62°C dan asam oleat.

1.3.2. Angka Peroksida

Angka peroksida adalah banyaknya miliekivalen oksigen aktif yang terdapat dalam 1000 gram minyak atau lemak.

1.3.3 Angka Asam dan Angka Iodium

Angka asam adalah jumlah mg KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram lemak dan minyak. Angka iodium dapat menunjukkan indikasi seberapa banyak asam lemak tidak jenuh yang terdapat dalam minyak atau lemak. Angka iodium adalah jumlah g iodium yang diserap oleh 100 gram minyak atau lemak.

1.4 Ester (Sukrosa Oktaoleat, Sukrosa Oktastearat, Fruktosa pentaoleat dan Fruktosa pentastearat)

Keempat ester ini disebut sebagai minyak goreng diet, karena memiliki kemampuan untuk menarik kolesterol dan asam lemak. Sukrosa oktaoleat dan sukrosa oktastearat telah memiliki nama dagang yaitu, olestra atau olean, dan telah digunakan untuk menggoreng keripik kentang buatan luar negeri seperti Tortilles dan Pringles.

1.4.1 Reaksi Esterifikasi

Proses yang mendasari percobaan ini adalah proses esterifikasi, atau proses pembuatan ester.

Pada reaksi esterifikasi, asam karboksilat mengalami protonasi dengan adanya asam sebagai katalis. Selanjutnya, nukleofil menyerang karbokation tersebut. Reaksi berakhir setelah berlangsungnya pelepasan air dan eliminasi proton.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan dan Alat

- Alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium (gelas piala, labu ukur, labu Erlenmeyer, labu bulat, pipet ukur, buret, dll)
- Kondensor reflux, Kromatografi Lapis Tipis (KLT)
- Termometer, Corong pisah 500 mL dan corong pisah 50 mL
- Piring pemanas dan pengaduk magnetik
- Pompa untuk reflux, Kertas saring
- Instrumen IR
- Kolom ukuran 500 mm x 40 mm dan Kolom ukuran 300 mm x 25 mm
- Pipet ukuran 1 mL, Gelas ukur (10 mL, 25 mL, 50 mL)
- Fruktosa, sukrosa, kloroform dan methanol
- heksan dan eter, akuades, Dimetil Formamida (DMF), HCl pekat
- Asam Oleat teknis, Asam Stearat teknis, Silica gel

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Pemurnian Asam Oleat Teknis

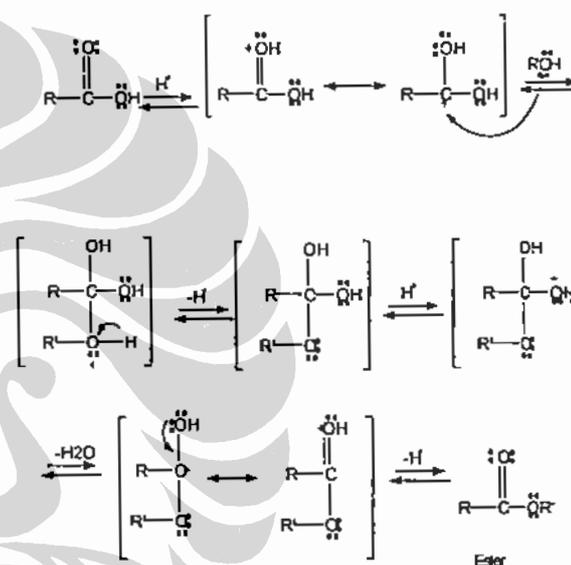
Pemurnian asam oleat teknis dilakukan dengan menggunakan kromatografi kolom dengan fasa gerak kloroform : metanol = 2:1.

Asam oleat hasil kromatografi kolom mempunyai Rf 0,54 (dibandingkan dengan Rf asam oleat mumi). Lalu didestilasi, hasil asam oleat yang didapat adalah 91%.

2.2.2 Pemurnian Asam Stearat Teknis

Di dalam asam stearat teknis biasanya berupa campuran antara asam stearat (C18:0) dengan asam palmitat (C16:0). Karena adanya perbedaan titik leleh antara asam stearat dan asam palmitat. Titik leleh asam stearat adalah 70°C, sedangkan titik leleh asam palmitat adalah 62°C, maka asam stearat dipisahkan dari asam palmitat dengan cara penyaringan panas.

Mekanismenya :



Gambar 1. Mekanisme esterifikasi

2.3. Pembuatan Ester Cara Konvensional

Sukrosa sebanyak 4, 275 gram dicampur dengan asam oleat sebanyak 33 mL atau asam stearat sebanyak 37 gram dengan menggunakan pelarut DMF, lalu direfluk. Demikian pula dengan fruktosa sebanyak 3.6 gram dicampur dengan asam oleat sebanyak 33 mL atau asam stearat sebanyak 37 gram dengan menggunakan pelarut DMF dan 1 mL HCl pekat lalu direfluk.

Setiap 1 jam masing-masing larutan diuji KLT dengan menggunakan pelarut pengembang heksan : dietil eter = 1:1. Setelah selang waktu kurang lebih 96 jam (untuk fruktosa), dan 112 jam (untuk sukrosa) bercak esternya terlihat jelas. Setelah uji KLT, n-hexsan dalam masing-masing ester diuapkan dengan evaporator vakum dan didapatkan sukrosa oktaoleat

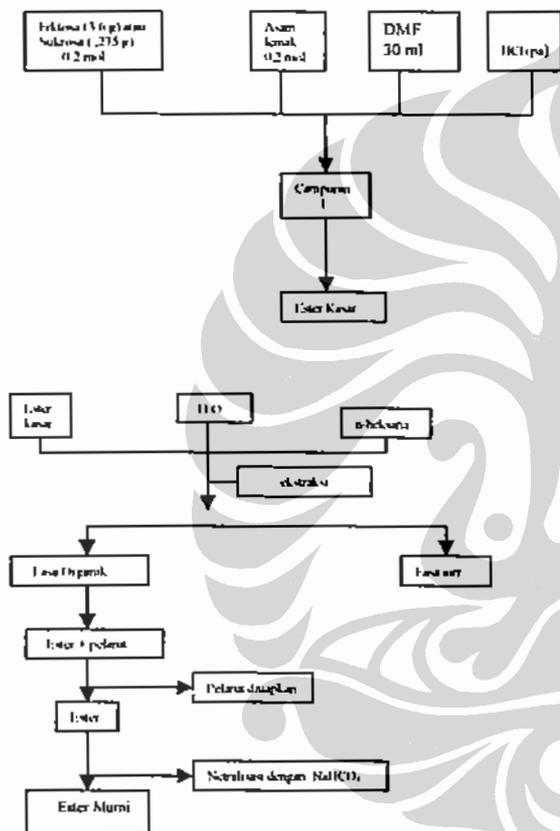
25,22 gram dan fruktosa pentaoleat 26.32 gram; masing-masing berupa larutan berwarna coklat tua. Dengan cara yang sama, didapatkan sukrosa oktastearat sebanyak 25,75 gram (t.l = 101-103°C) dan fruktosa pentastearat sebanyak 26,81 gram (t.l = 93-95°C); masing-masing ester stearat berupa padatan berwarna coklat tua.

% rendemen untuk sukrosa oktaoleat = 82,22%

%rendemen untuk fruktosa pentaoleat = 87,73%

% rendemen untuk sukrosa oktastearat = 83,4%

% rendemen untuk fruktosa pentastearat = 88,77%



Gambar 2. Reaksi esterifikasi dan pemurnian hasil reaksi esterifikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan Angka Peroksida dari Asam Oleat Teknis

Angka peroksida merupakan informasi yang berguna untuk mengetahui kerusakan yang telah terjadi pada minyak atau lemak akibat reaksi oksidasi. Asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada ikatan

rangkapnya, sehingga membentuk peroksida. Makin besar angka peroksida, menunjukkan makin besar pula derajat kerusakan pada minyak atau lemak. Banyaknya oksigen yang terikat pada minyak dapat ditentukan dengan metode Iodometri, yaitu berdasarkan reaksi antara KI dalam larutan asam dengan oksigen yang terikat sebagai peroksida, sehingga I⁻ dalam KI jenuh akan dioksidasi oleh oksigen yang terdapat dalam sampel lemak yang membentuk I₂, yang selanjutnya ditentukan dengan natrium tiosulfat. Untuk mengetahui besarnya I⁻ yang dioksidasi oleh peroksida yang terikat pada asam lemak, dilakukan titrasi terhadap blanko. Nilai angka peroksida asam oleat teknis adalah 2.08 meq O/kg.

3.2 Pemurnian Asam Oleat Teknis

Di dalam asam oleat teknis berupa campuran antara asam oleat (C18:1;ω2) dengan asam linoleat (C18:2; ω 9), produk oksidasi primer dan produk oksidasi sekunder. Langkah pemurnian asam oleat teknis adalah dengan menggunakan kromatografi kolom dimana fasa diamnya adalah silica gel, sedangkan fasa geraknya adalah kloroform : metanol = 2:1. Mula-mula dielusi dengan kloroform hingga semua komponen yang relatif nonpolar keluar terlebih dahulu, baru dielusi dengan metanol. Eluen ditampung setiap 20 mL dan diuji masing-masing eluen dengan KLT dengan pelarut pengembangnya kloroform : metanol = 2:1. Eluen yang mempunyai Rf sama dicampur menjadi satu.

Harga Rf dari fraksi yang pertama keluar dari kolom adalah sebesar 0,76. Harga ini merupakan harga Rf dari 2-dekenal. Harga Rf dari fraksi yang kedua keluar dari kolom adalah sebesar 0,54 yang merupakan harga Rf dari asam oleat murni. Setelah dielusi dengan metanol, muncul fraksi yang ketiga dengan Rf 0,33 yang merupakan spot dari asam oktanoat dan produk oksidasi primer (peroksida). Asam oleat dan asam linoleat dipisah berdasarkan perbedaan titik leleh, diperoleh asam oleat yang murni sebanyak 182 mL (% rendemen =91%).

3.3 Penentuan Angka Peroksida dari Asam Oleat

Penentuan angka peroksida dari asam oleat teknis yang telah dimurnikan dilakukan dengan cara yang sama dengan penentuan angka peroksida dari asam oleat. Nilai angka peroksida asam oleat teknis yang telah dimurnikan adalah 0,01 meq O/kg.

3.4 Pemurnian Asam Stearat Teknis

Pada pemurnian asam stearat teknis, digunakan cara penyaringan panas. Dalam asam stearat terdapat campuran antara asam stearat (titik leleh = 70°C) dan asam palmitat (titik leleh = 62°C). Setelah dilakukan pemisahan, kemudian dilakukan lagi uji KLT dengan pelarut pengembang kloroform : metanol = 2:1 dan diperoleh dua harga Rf.

$Rf_1 = 0,49$ (asam palmitat)

$Rf_2 = 0,53$ (asam stearat)

Dari 200 g asam stearat teknis yang dimurnikan, diperoleh asam stearat yang murni sebanyak 174 g (% rendemen = 87%).

3.5 Pembuatan Ester Cara Konvensional

Sebanyak 4,275 gram sukrosa dicampur dengan 34,5 mL asam oleat. Digunakan pelarut dimetil formamida (pelarut aprotik polar) dengan tujuan melarutkan sukrosa (polar) dengan asam oleat (nonpolar). Digunakan temperatur sebesar 45°C untuk merefluk karena temperatur diatas 50°C, asam oleat akan mengalami oksidasi. Dilihat dari mol reaktan, mol asam oleat dibuat berlebih, karena apabila sukrosa yang berlebih, maka asam oleat yang tersedia tidak cukup bagi penyerangan 8 gugus hidroksil dari sukrosa, sehingga produk yang terbentuk bukanlah sukrosa oktaoleat, melainkan sukrosa heptaoleat atau sukrosa heksaoleat.

Untuk pembentukan sukrosa oktastearat, digunakan 4,275 gram sukrosa dan 31,34 g asam stearat. Pelarut yang digunakan dimetil formamida. Digunakan temperatur sebesar 85°C, karena pada temperatur di atas atau di bawah 85°C, produk ester yang diperoleh tidak optimum. Mol asam stearat dibuat berlebih karena apabila sukrosa yang berlebih, maka asam stearat yang tersedia tidak cukup bagi penyerangan 8 gugus hidroksil sukrosa, sehingga produk yang diperoleh bukanlah sukrosa oktastearat.

Untuk pembentukan ester dari fruktosa, cara yang digunakan hampir sama. Sebanyak 3,6 gram fruktosa dicampur dengan 34,5 mL asam oleat. Digunakan pelarut dimetil formamida dan katalis HCl pekat untuk mempercepat jalannya reaksi. Pada reaksi pembentukan ester dari sukrosa, tidak digunakan katalis karena ikatan glikosida yang terdapat dalam sukrosa putus oleh H_2O , H^+ .

Temperatur yang digunakan untuk pembentukan fruktosa pentaoleat adalah 45°C dengan alasan yang sama seperti pembentukan sukrosa oktaoleat. Mol asam oleat juga dibuat berlebih dengan alasan serupa dengan pembentukan sukrosa oktaoleat.

Untuk pembentukan fruktosa pentastearat, digunakan cara yang sama dengan pembentukan fruktosa pentaoleat. Sebanyak 3,6 gram fruktosa dicampur dengan 31,34 g asam stearat dengan pelarut dimetil formamida dan katalis HCl pekat. Temperatur yang digunakan sebesar 85°C.

Setelah direfluk selama 96 jam untuk fruktosa pentaoleat dan fruktosa pentastearat, serta setelah direfluk selama 112 jam untuk sukrosa oktaoleat dan sukrosa oktastearat barulah terlihat jelas spot dari masing-masing ester tersebut pada KLT dan pelarut pengembang n-heksan : dietil eter = 1:1. Setelah itu masing-masing ester dimasukkan ke dalam corong pisah

yang berisi heksan, sedang fasa airnya dipisahkan lalu digunakan kromatografi kolom dengan fasa diam silika gel dan fasa gerak heksan : dietil eter = 1:1 untuk memisahkan ester dari asam lemak berlebihnya. Setelah didapatkan ester, lalu diuji KLT dengan pelarut pengembang adalah n-heksan : dietil eter = 1:1, dan kemudian heksan diuapkan dengan evaporator vakum. Diperoleh persen rendemen sebagai berikut : % rendemen sukrosa oktaoleat = 82,22%, % rendemen fruktosa pentaoleat = 87,73%, % rendemen sukrosa oktastearat = 83,4%, % rendemen fruktosa pentastearat = 88,77%.

3.6 Angka Asam dari Ester Oleat

Penentuan angka asam dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan prinsip titrasi asam basa. Titik akhir titrasi ditentukan dengan timbulnya warna merah jambu. Harga angka asam dari sukrosa oktaoleat, fruktosa pentaoleat, asam oleat dan minyak bimoli berturut-turut 8,7 mg KOH/g, 6,5 mg KOH/g, 198,6 mg KOH/g dan 9,24 mg KOH/g

3.7 Angka Iodium dari Ester Oleat

Penentuan angka iod dalam penelitian ini dilakukan dengan cara Wys, yaitu memakai pereaksi iodium klorida dalam larutan asam asetat glacial (larutan Wys).

Titik akhir titrasi iodometri ditentukan dengan hilangnya warna dari kompleks amilum-iodium. Harga angka iod dari sukrosa oktaoleat, fruktosa pentaoleat, asam oleat, dan minyak bimoli berturut-turut 86,8 g Iod/100 g dan 87,2 g Iod/100 g, 89,9 g Iod/100 g dan 98,52 g Iod/100 g.

3.8 Angka Peroksida dari Ester Oleat

Angka peroksida adalah banyaknya miliekivalen oksigen aktif yang terdapat dalam 1000 gram minyak atau lemak. Asam lemak tidak jenuh penyusun suatu trigliserida dapat mengikat oksigen pada ikatan rangkapnya, sehingga membentuk peroksida. Makin besar angka peroksida, menunjukkan makin besar pula derajat kerusakan pada minyak atau lemak.

Nilai angka peroksida dari sukrosa oktaoleat, fruktosa pentaoleat, dan minyak bimoli berturut-turut 0,03 meq O/kg, 0,06 meq O/kg dan 1,08 meq O/kg.

3.9 Angka Asam dari Ester Stearat

Penentuan angka asam dalam penelitian ini dilakukan berdasar prinsip titrasi asam-basa. Titik akhir titrasi ditentukan dengan timbulnya warna merah jambu. Harga angka asam dari sukrosa oktastearat, fruktosa pentastearat, dari minyak bimoli dan asam stearat berturut-turut 6,3 mg KOH/g, 5,6 mg KOH/g, 9,24 mg KOH/g dan 186 mg KOH/g

3.10 Angka Iodium dari Ester Stearat

Harga angka iodium baik sukrosa oktastearat maupun fruktosa pentastearat adalah 0 g Iod/100 g. Hal ini menandakan bahwa di dalam ester stearat tidak terdapat asam lemak tidak jenuh (asam oleat).

3.11 Penentuan Titik Didih Ester dan Minyak Bimoli

Dari penentuan titik didih ini, diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Titik didih ester fruktosa dan sukrosa

Senyawa	Titik didih (°C)
Fruktosa pentaoleat	216-217
Sukrosa oktaoleat	234-236
Fruktosa pentastearat	257-260
Sukrosa oktastearat	272-274
Minyak Bimoli	182-183

Dari tabel ini titik didih ester sukrosa lebih besar dari ester fruktosa dan minyak bimoli. Hal ini disebabkan oleh pengaruh berat molekul. Sedang titik didih ester stearat lebih besar dari titik didih ester oleat. Hal ini disebabkan karena pada struktur ester stearat bisa simetris, sehingga bisa tepat dan mudah terbentuk lapisan dan jadi terbentuk padatan. Sementara pada ester oleat, asam oleat yang mengikat sukrosa atau fruktosa berbentuk melingkar, membentuk rongga, karena antar molekulnya tidak bisa simetri. Oleh karena itu, ikatan antara molekul pada ester stearat lebih kuat, sehingga memerlukan titik didih yang lebih besar agar bisa melepaskan molekul ester stearat.

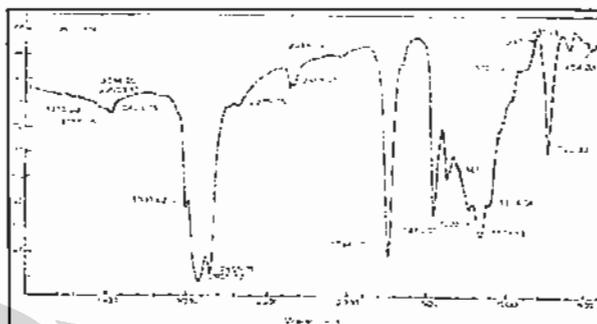
3.12 Perbandingan IR Ester dan Minyak Bimoli.

Dari hasil IR minyak bimoli, terlihat adanya komponen asam lemak tidak jenuh yang ditandai dengan adanya puncak pada bilangan gelombang 3003,82 cm^{-1} yang menandakan adanya C-H sp^2 , juga adanya asam lemak jenuh ditandai dengan adanya puncak pada bilangan gelombang 2925,12 dan 2855 cm^{-1} , serta bilangan gelombang 1460,32 dan 1365 cm^{-1} .

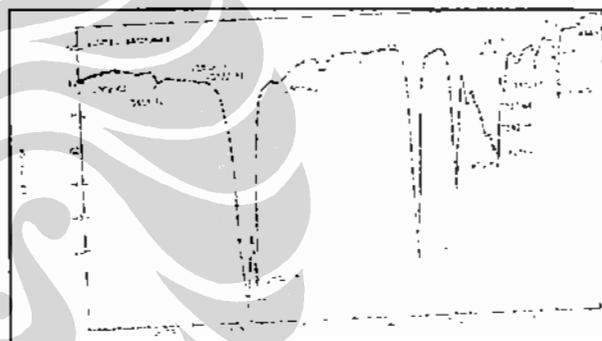
Dari hasil IR ester, terlihat bahwa puncak pada daerah bilangan gelombang 2800-3000 cm^{-1} sudah tidak melebar (broadening) yang menandakan bahwa kelebihan asam lemak telah terpisah. Juga tidak terdapat puncak pada daerah 3100-3500 cm^{-1} yang menandakan tidak adanya gugus OH dari karbohidrat. Puncak pada bilangan gelombang 1742 cm^{-1} menyatakan gugus C=O dari ester alifatik, juga adanya puncak pada bilangan gelombang 1172 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus C-O dari ester.

Antara IR ester oleat dengan ester stearat terdapat perbedaan yaitu pada ester oleat terlihat adanya puncak pada bilangan gelombang 3002 cm^{-1} yang menandakan

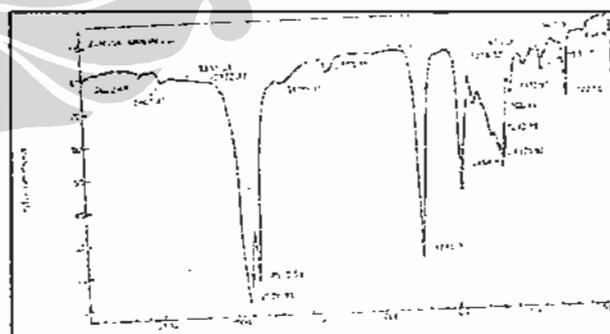
adanya C-H sp^2 dari asam oleat. Sedang pada IR ester stearat, terlihat adanya peak pada bilangan gelombang 2353 cm^{-1} yang menandakan adanya fasa amorf dari asam stearat.



Gambar 3. Spektrum IR Minyak Bimoli

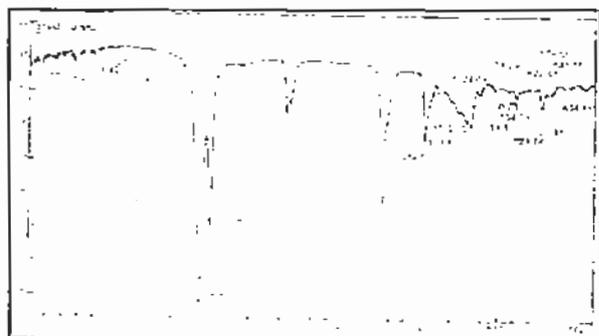


Gambar 4. Spektrum IR Sukrosa oktastearat



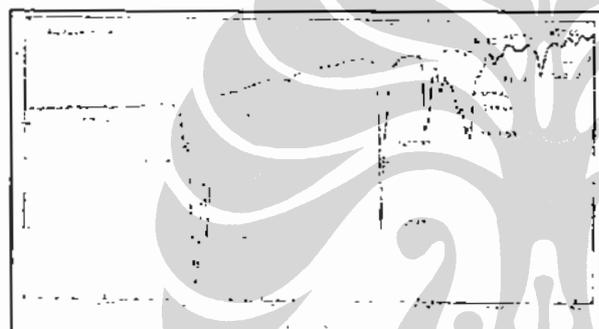
Gambar 5. Spektrum IR Sukrosa oktaoleat

Perbedaan antara IR ester sukrosa dengan ester fruktosa terletak pada IR ester sukrosa, karena pada sukrosa terdapat ikatan glikosidik sedang pada fruktosa tidak ada, pita serapan ikatan glikosidik ini terdapat pada bilangan gelombang 863,67 cm^{-1} .



Gambar 6. Spektrum IR Fruktosa penta stearat

Pada IR sukrosa, peak pada bilangan gelombang $3343,67\text{cm}^{-1}$ menunjukkan gugus hidroksil. Peak pada bilangan gelombang $863,67\text{cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan glikosidik. Pada IR fruktosa, puncak pada bilangan gelombang $896,82\text{cm}^{-1}$ adalah OH anomer.



Gambar 7. Spektrum IR Fruktosa pentaoleat.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan :

- Telah terjadi reaksi esterifikasi, dapat dilihat dengan hilangnya bilangan gelombang $3500 - 3326\text{cm}^{-1}$ baik pada fruktosa maupun sukrosa.
- Ester yang diperoleh adalah sebagai berikut yaitu: Fruktosa pentaoleat seberat 26,32 gram (% rendemen = 87,73%), Sukrosa oktaoleat seberat 25,22 gram (% rendemen = 82,22%), Fruktosa pentastearat seberat 26,81 gram (%rendemen = 88,77%). Sukrosa oktastearat seberat 25,75 gram (%rendemen = 83,4%).
- Titik didih minyak bimoli adalah $182-183^{\circ}\text{C}$, sedang titik didih esternya adalah sebagai berikut, yaitu: Titik didih fruktosa pentaoleat sebesar $216-217^{\circ}\text{C}$, Titik didih sukrosa oktaoleat sebesar $234-236^{\circ}\text{C}$, Titik

didih fruktosa pentastearat = $257-260^{\circ}\text{C}$ dan sukrosa oktastearat = $272-274^{\circ}\text{C}$.

- Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan keempat ester dengan cara konvensional adalah 96 jam dan 112 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Robinson, Trevor (1991). Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi, ITB, Bandung
- Ostos, Maria (2002). The Journal of Nutrition, 63,51-54 (1997)
- Atryeh, H. (2001). Applied Microbiology an Biotechnology
- Fessenden, Fessenden. Kimia Organik Jilid 2, Erlangga, Jakarta, 1989
- Wilcox, C.F. &M.F. Wilcox. 1981. Experimental Organic
- Chemistry: A small scale approach. 2nd ed. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs: xvii + 542 hal
- Ketaren,S. Minyak dan Lemak Pangan. UI Press. Jakarta 1986
- Hudiono, Sumi. Penuntun Kuliah Kapita Selekt Biokimia II, Jurusan Kimia, FMIPA UI. Depok, 2002
- Rhodium 2003. Synthesis of Olestra: 3 hlm. <http://www.rhodium.ws/chemistry/olestra.html>. 14 April 2003, pk.23.16 WIB
- Google. <http://www.ift.org/publications/sss/replacers.pdf>. 16 Mei 2003, pk.09.46 WIB
- Bearon, R,2001. Olestra preparation. 7 November : 3 hlm. http://www.rod.beavon.clara.net/Olestra_prep.htm. 14 April 2003, pk 23.15 WIB
- Hudiono, Sumi. Penuntun Praktikum Biokimia, Jurusan Kimia FMIPA UI, Depok, 2002
- Endang, Penuntun Praktikum Dasar-dasar Pemisahan, Jurusan Kimia FMIPA UI,Depok, 2001
- Cahyana, Heri. Penuntun Praktikum Kimia Organik, Jurusan Kimia FMIPA UI, Depok, 2002
- Penuntun Praktikum Analisa Instrumen, Jurusan Kimia FMIPA UI, Depok, 2001
- Lehninger,Biokimia jilid 1, Erlangga, Jakarta, 1994
- <http://chat.Carleton.ca/~juicewan/experiments/biochemlab3.html>
- http://www.chemistry.ohio-state.edu/~adad/253/exams/autum_2000/final_exam.pdf, 23 Juni 2003, pk 11.17 WIB
- <http://courses.chem.psu.edu/chem.597b/L3/notes.pdf>, 11 Mei 2003, pk 10.17 WIB
- VF Mohammad, M.Noorwala, V.U.Ahmad and B. Seneri, phytochemistry,40, 213-218(1995)
- S.Kernizigil,H.Amil. and E.M.Rose, Phytochemistry,39,1171-1174(1995)

22. S.Kernizigil, and E.M.Rose, *Planta Med.*, 63,51-54(1997)
23. <http://www.cdc.gov/noes/noes2 /697400cc.html>, 2 Juli 2003. pk 15.23 WIB.

