

Studi Dehidrasi Risinoleat Minyak Jarak Dengan P₂O₅

Study of Dehydration of Ricinoleic of Castor Oil By P₂O₅

Marham Sitorus¹⁾, Sanusi Ibrahim²⁾, Hazli Nurdin²⁾, Djaswir Darwis²⁾

¹⁾Jurusan Kimia FMIPA UNIMED Medan

²⁾Jurusan Kimia FMIPA UNAND Padang

ABSTRACT

The aim of this research is to find out the best temperature, time and amount of dehydrator on dehydration of ricinoleic of castor oil by P₂O₅. Dehydration as means to obtain linoleic and CLA (conjugated linoleic acid) as glyseride forms. Dehydration was carried out using various temperature, time and amount of dehydrator. The reaction medium was maintained under vacuum through by silica gel to reduced water, gentle bubbling with nitrogen thorough by Mg to prevent oxidation, and used Zn powder as an antipolymerization agent. Dehydration was followed by GC which the best result was caused the lowest ricinoleic and the highets linoleic and CLA. Identification was done by FTIR, UV and GC- MS and it was compared with the standard. The best dehydration was obtain for 200°C, 3% (w/w) P₂O₅, and 4 h with a conversion factor (yield) of 97,94%. The composition of best result was: 1.02% (9c – 12c) linoleic, 41.97% (9c/t – 12t/c) linoleic, 19.50% (9c/t-12t/c) CLA, 4.89% (9t – 12t) linoleic, 19.79% (9t – 11t) CLA and 0.94% ricinoleic. The ratio of CLA : linoleic of dehydrated was 0.82 : 1 or 76.18 % compared to the standard CLA with the proportions of 1.45:1.

Keyword : temperature, time, amount of dehydrator , linoleic and CLA

PENDAHULUAN

Risinoleat adalah merupakan komponen utama minyak biji tanaman jarak (*Ricinus Communis* Linn) dengan kadar antara 80 – 90% (Oshea 2005). Risinoleat adalah asam lemak dengan C₁₈ mengandung satu ketidakjenuhan pada C₉ dan gugus hidroksil pada C₁₂. Risinoleat dengan nama kimia 12-hidroksi – 9cis oktadekanoat merupakan satu-satunya komponen minyak jarak yang tidak esensial, maka bila dilakukan dehidrasi akan menjadikan semua komponen minyak jarak menjadi esensial. Dengan demikian minyak jarak yang risinoleatnya menjadi dapat dikonsumsi (*edible oil*), sehingga akan menaikkan nilai ekonomis minyak jarak. Dehidrasi terhadap alkohol dilakukan dengan menggunakan suatu reagen penarik air atau dehidrator (Merk 1990). Beberapa dehidrator yang dapat digunakan untuk mendehidrasi alkohol adalah: analsim (Linawati 1999), zeolit alam teraluminasi (Nasikin 1999), alumina aktif (Nurhayati *et al.* 1999) dan karbon aktif yang diinterkalasi dengan tembaga (Rusman *et al.* 2000). Risinoleat selain mengandung gugus alkohol juga mengandung gugus alkena dan ester, sehingga tidak semua jenis dehidrator dapat diaplikasikan, karena dapat menyebabkan reaksi samping terhadap gugus lain. Beberapa dehidrator yang telah diaplikasikan untuk mendehidrasi risinoleat adalah: tamis molekular (*molecular sieve*) (Ginting *et al.* 2003), natrium bisulfit dan bentonit (Setyowati 2002; Setyowati *et al.* 2004, Handayani & Ariono 2005), namun hasilnya belum optimal. Asam fosfat juga telah diaplikasikan untuk mendehidrasi risinoleat, namun menyebabkan kenaikan kadar asam lemak bebas di atas standar yang dipersyaratkan untuk konsumsi (Villeneuve *et al.* 2005). Difosfor pentaoksida (P₂O₅) adalah merupakan dehidrator yang baik untuk mendehidrasi risinoleat minyak jarak yang didasarkan pada hasil pengukuran parameter: asam lemak bebas, bilangan Iodium dan bilangan hidroksida hasil dehidrasi yang memenuhi kriteria standar (Sitorus *et al.* 2009).

Kondisi optimal yaitu waktu, suhu dan jumlah dehidrator pada dehidrasi risinoleat dengan P₂O₅ belum ditentukan, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasinya. Ketiga faktor tersebut dipelajari melalui pengkajian hubungannya dengan laju reaksi melalui parameter perubahan konsentrasi baik laju pengurangan reaktan maupun laju penambahan produk. Hubungan konsentrasi dengan waktu adalah asimtotis, sehingga suatu reaksi akan sempurna pada waktu tak berhingga (Laidler 1987).

Prestige - 21, UV Shimadzu Milton roy Spektronic 3000 array dan alat GC-MS Shimadzu QP2010S.

Preparasi sampel untuk analisis GC FTIR UV dan GC-MS

Sebanyak 15 mL minyak jarak atau hasil dehidrasi dicampur dengan 50 mL Na-metoksi 1% yang dibuat tersendiri dengan mereaksikan metanol dan logam Na. Selanjutnya direfluks dengan suhu 60 – 90°C selama setengah jam. Hasil refluks didinginkan dan lapisan metil ester asam lemak (*FAME = fatty acid methyl esters*) dinetralkan dengan akuades yang dipantau dengan indikator pH universal. Hasil dikeringkan dengan Na_2SO_4 anhidrus dan selanjutnya dinalisis dengan GC, FTIR, UV dan GC-MS

Studi faktor suhu waktu dan jumlah dehidrator pada dehidrasi risinoleat minyak jarak dengan P_2O_5

Dehidrasi dilakukan terhadap 25 mL (23,8975 g) minyak jarak pada aliran gas Nitrogen, pengurangan tekanan 50 – 70 mmHg dan kecepatan pengadukan 800 – 1000 rpm dan penambahan 0,1g powder Zn sebagai anti polimerisasi dengan tahapan sebagai berikut.

1. Studi suhu dilakukan dengan variasi: 100, 125, 150, 175, 200 dan 225°C dengan jumlah dehidrator 2 % (w/w) dan waktu 1,5 jam.
2. Studi waktu reaksi dilakukan dengan variasi waktu: 1, 2, 3 dan 4 jam dengan jumlah dehidrator 2 % (w/w) pada suhu 175°C.
3. Studi jumlah dehidrator dilakukan dengan variasi: 1, 2, 3, 4 dan 5 % w/w dibanding minyak jarak suhu 200°C dan waktu 1,5 jam.

Setiap hasil dehidrasi dinalisis dengan GC dalam bentuk *FAME (fatty acid methyl esters)* Berdasarkan analisis data kromatogram GC ditentukan waktu, suhu dan jumlah dehidrator optimal yaitu yang menghasilkan laju pengurangan risinoleat dan penambahan linoleat dan CLA tertinggi. Selanjutnya dilakukan dehidrasi risinoleat minyak jarak pada kondisi suhu dan jumlah dehidrator optimal yang telah didapatkan dengan variasi waktu: 1, 2, 3 dan 4 jam. Laju pengurangan risinoleat dan penambahan linoleat dan CLA diikuti dengan GC dan hasil yang paling optimal diidentifikasi dengan FTIR, UV dan GC-MS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi faktor suhu, waktu dan jumlah dehidrator pada dehidrasi risinoleat minyak jarak dengan P_2O_5

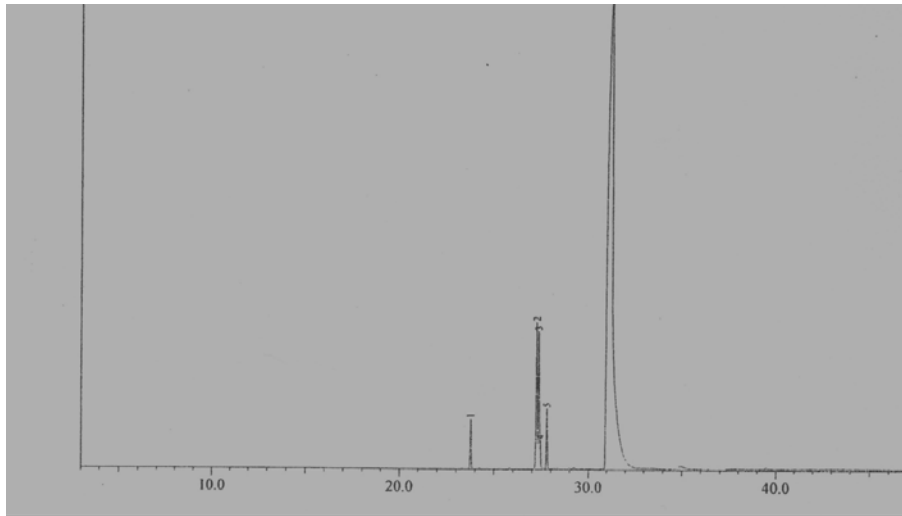
Komposisi minyak jarak yang digunakan untuk dehidrasi berdasarkan analisis terhadap data GC-MS adalah : 1,57 % palmitat (puncak 1 dengan $t_r = 23,772$ menit), 4,74 % linoleat (puncak 2 dengan $t_r = 27,224$ menit), 4,68%

oleat (puncak 3 dengan $t_r = 27,301$ menit), dan 86,40 % risinoleat (puncak 5 dengan $t_r = 31,265$ menit), dengan kromatogram pada gambar 2.

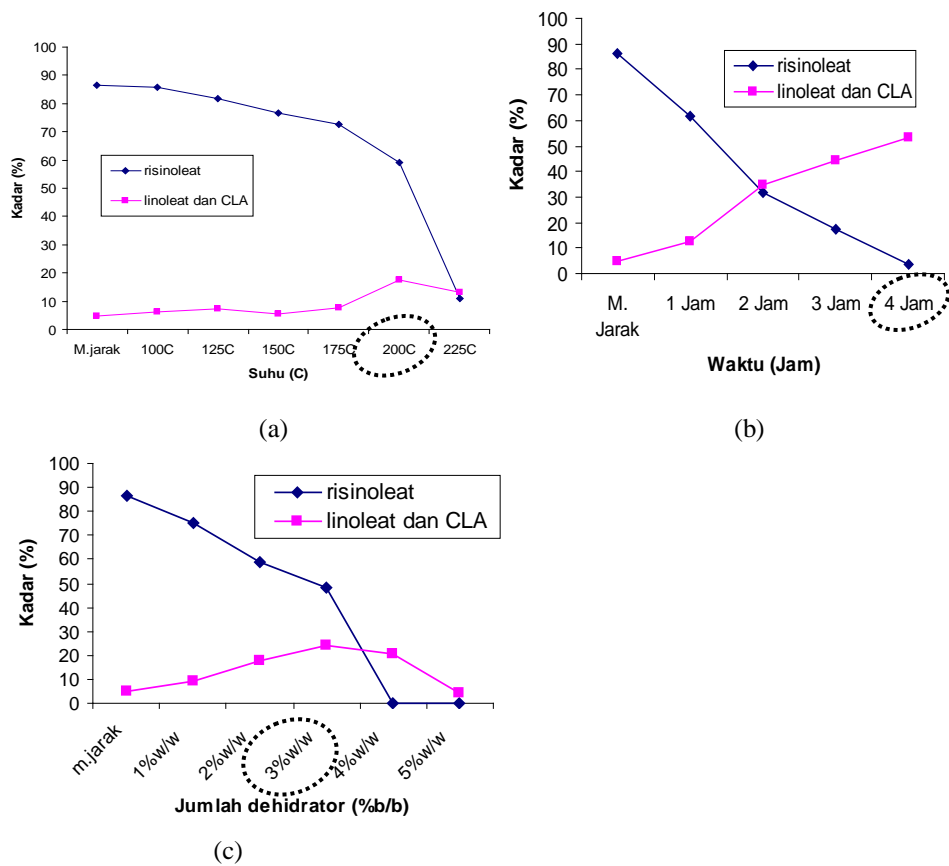
Dehidrasi dilakukan secara refluks dengan aliran gas nitrogen yang dilewatkan melalui tabung berisi serbuk magnesium untuk menarik oksigen agar reaksi oksidasi terhambat. Selanjutnya reaktor dirangkai dengan pengurangan tekanan yang dilewatkan melalui silika gel *pink* untuk menarik air hasil dehidrasi dan menambahkan serbuk Zn sebagai anti polimerisasi. Kajian pengaruh tiap faktor reaksi terhadap laju reaksi yaitu penurunan kadar risinoleat dan kenaikan kadar linoleat dan CLA dilakukan pada keadaan dua faktor lainnya konstan sebagai kontrol. Kondisi optimal adalah faktor yang menyebabkan laju penurunan risinoleat dan laju pertambahan linoleat dan CLA tertinggi.

Hasil Tabel 1 dan Gambar 3 (lingkaran putus- putus) menunjukkan laju pengurangan risinoleat dan pertambahan CLA tertinggi untuk tiap – tiap faktor yang dikaji adalah pada suhu 200°C (risinoleat turun menjadi 59,08% sedangkan linoleat dan CLA naik menjadi 17,50%), waktu 4 jam (risinoleat turun menjadi 3,36% sedang linoleat dan CLA naik menjadi 53,56%) dan jumlah dehidrator P_2O_5 3% (w/w) terhadap minyak jarak (risinoleat turun menjadi 48,51% sedang linoleat dan CLA naik menjadi 23,95%). Menurut hukum distribusi Maxwell– Boltzman, secara umum kenaikan suatu suhu akan menaikkan laju suatu reaksi, karena fraksi molekul yang bertumbukan dan mencapai energi aktivasi (E_a) makin besar. Namun sesuai persamaan Arrhenius hubungan antara laju reaksi adalah asimtotis terhadap suhu (Clark 2002), maka suatu reaksi mempunyai suhu optimal.

Hubungan laju reaksi dengan suhu pada Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan pada interval suhu 100°C sampai 200°C terjadi penurunan kadar risinoleat dan kenaikan kadar linoleat dan CLA. Sedangkan pada suhu 225°C kadar risinoleat turun, namun kadar linoleat dan CLA mengalami penurunan yang mengindikasikan terjadinya reaksi samping, sehingga disimpulkan bahwa suhu optimal adalah 200°C. Hubungan reaksi dengan laju reaksi adalah berbanding lurus yaitu bila waktu makin lama, maka reaksi akan makin sempurna, namun grafiknya adalah asimtotis sehingga reaksi akan sempurna pada waktu tidak berhingga.



Gambar 2. Kromatogram metil ester asam lemak minyak jarak



Gambar 3. Laju pengurangan risinoleat dan laju pertambahan linoleat dan CLA: [a]. terhadap suhu, [b]. terhadap waktu dan [c]. terhadap jumlah dehidrator pada dehidrasi risinoleat minyak jarak dengan P₂O₅

Tabel 1. Laju pengurangan risinoleat dan penambahan linoleat dan CLA dehidrasi risinoleat minyak jarak dengan dehidrator P₂O₅ variasi suhu waktu dan jumlah dehidrator

Variasi suhu (2% w/w dan 175°C)			Variasi waktu (2 % w/w dan 1,5 jam)			Variasi jumlah dehidrator (200°C dan 1,5 jam)		
Suhu (C)	Kadar (%) ^a		Waktu (Jam)	Kadar (%) ^a		Jumlah (% w/w)	Kadar (%) ^a	
	Ris ^b	Linoleat dan CLA ^c		Ris ^b	Linoleat dan CLA		Ris ^b	linoleat dan CLA
m.jarak ^c	86,40	4,74	m.	86,40	4,74	m.jarak ^c	86,40	4,74
100	85,67	6,14	jarak ^c	61,67	12,78	1	75,34	9,55
125	81,66	7,37	1	31,77	34,62	2	59,08	17,49
150	76,77	5,65	2	17,48	44,24	3 ^d	48,51	23,95
175	72,60	7,60	3	3,36	53,56	4	0,16	20,66
200 ^d	59,08	17,50	4 ^d			5	0,0	4,00
225	10,87	13,19						

a. relatif terhadap luas puncak b. Ris adalah risinoleat

c. minyak jarak sebagai bahan awal dengan kadar risinoleat 86,40 % dan linoleat 4,74%

d. Suhu, waktu dan jumlah dehidrator optimal

Hubungan laju dehidrasi dengan waktu pada Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan pada waktu 4 jam sisa risinoleat relatif kecil 3,36 % sehingga diasumsikan waktu optimal dehidrasi adalah 4 jam. Selanjutnya laju suatu reaksi juga sebanding dengan konsentrasi reaktan. Perbandingan jumlah reaktan suatu reaksi dihitung secara stoikiometri, namun bila salah satu pereaksi adalah sebagai katalis, maka jumlahnya adalah relatif terhadap reaktan yang dikatalis, karena kelebihan katalis dapat menyebabkan berbagai reaksi samping. P₂O₅ pada dehidrasi risinoleat minyak jarak adalah sekaligus sebagai katalis, maka jumlahnya relatif terhadap minyak jarak. Hasil pada Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan, bahwa jumlah P₂O₅ yang optimal adalah 3% (w/w) terhadap minyak jarak. Walaupun jumlah P₂O₅ pada 4%

hanya menyisakan 0,16% risinoleat dan 5% tidak menyisakan risinoleat, namun total linoleat dan CLA yang terbentuk hanya 20,66% dan 4,00% yang mengindikasikan terjadinya produk samping.

Dehidrasi risinoleat minyak jarak dengan P₂O₅ pada kondisi optimal

Kondisi reaksi dehidrasi risinoleat minyak jarak yang optimal adalah pada suhu 200°C, waktu 4 jam dan jumlah dehidrator P₂O₅ 3 % (w/w) terhadap minyak jarak. Selanjutnya dilakukan dehidrasi pada dengan 3% (w/w) P₂O₅ dan suhu 200°C dengan variasi waktu. Laju pengurangan risinoleat dan penambahan linoleat dan CLA diikuti dengan GC dengan hasil seperti Tabel 2 dan Grafik pada gambar 4.

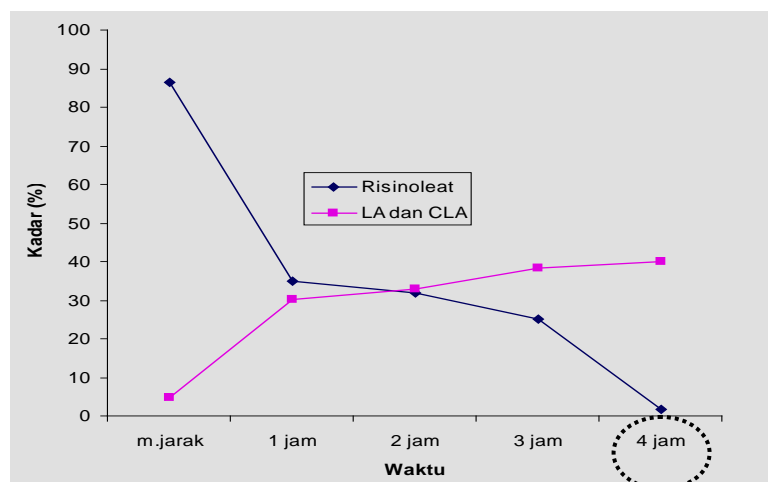
Tabel 2. Laju pengurangan risinoleat dan penambahan linoleat dan CLA pada dehidrasi risinoleat minyak jarak pada suhu 200°C dan 3% (b/b) P₂O₅ dengan variasi waktu

Waktu (Jam)	Perubahan kadar (%) ^a		Rendemen ^b (%)
	Risinoneat	Linoleat dan CLA	
Minyak jarak	86,40	4,74	-
1	34,77	30,15	59,76
2	31,94	33,02	63,30
3	25,11	38,16	70,94
4 ^c	1,78	40,12	97,94

a. relatif terhadap luas puncak

b. dihitung berdasarkan laju pengurangan risinoleat $\frac{[Ris\ awal]-[Ris\ sisa]}{[Ris\ awal]} \times 100 \%$

c. waktu optimal

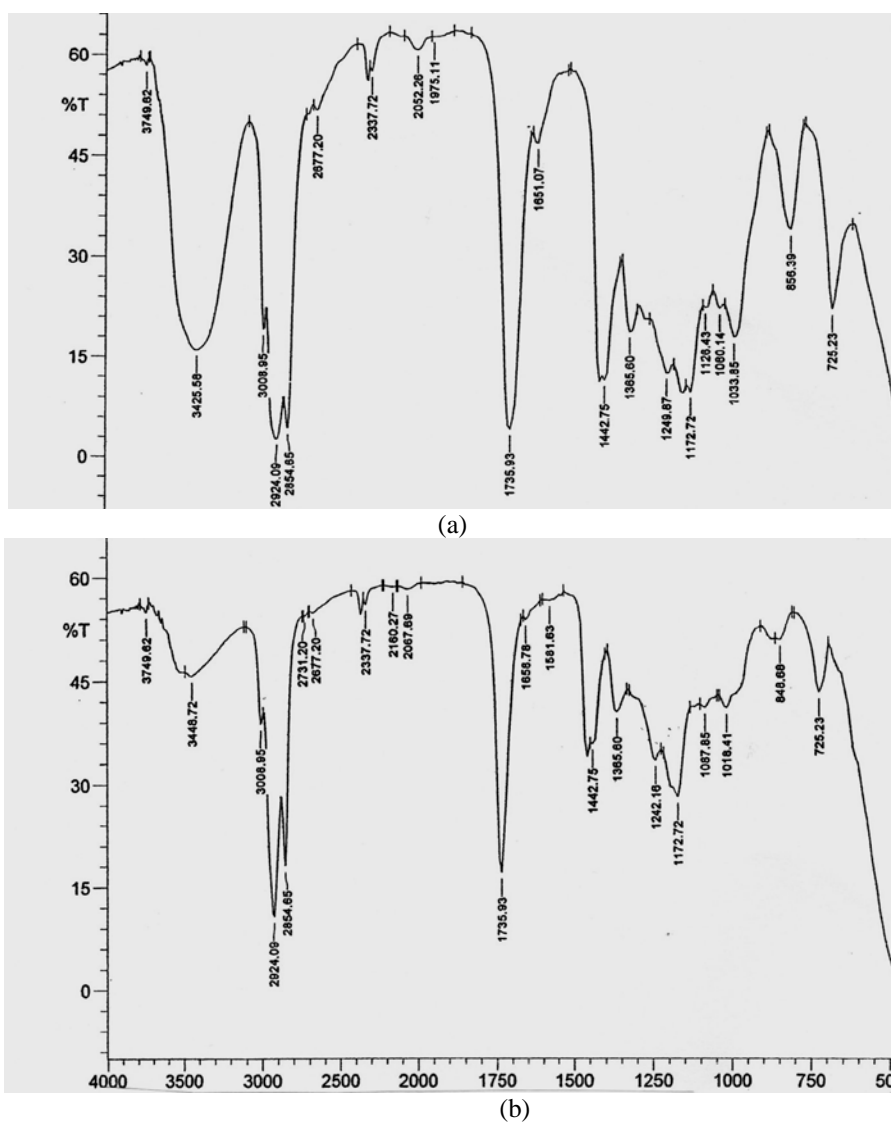


Gambar 4. Laju pengurangan risinoleat dan pertambahan linoleat dan CLA pada dehidrasi risinoleat minyak jarak pada suhu 200°C dan 3% (w/w) P₂O₅ dengan variasi waktu

Hasil pada Tabel 2 dan Gambar 4 (lingkaran putus – putus) menunjukkan bahwa dehidrasi pada kondisi suhu dan jumlah dehidrator optimal maka bertambahnya waktu dehidrasi akan menaikkan rendemen reaksi dengan hasil pada kondisi optimal adalah sebesar 97,94 %. Penambahan waktu dehidrasi diasumsikan tidak akan menurunkan kadar risinoleat atau menaikkan kadar linoleat dan CLA secara signifikan.

Spektra FTIR minyak jarak dan hasil dehidrasi pada kondisi optimal adalah seperti pada Gambar 5. Serapan kuat dan lebar pada 3446,72 cm⁻¹ (Gambar 5a) dengan luas area 168,36 mm² berasal gugus hidroksil (-OH) risinoleat, sedangkan untuk hasil dehidrasi pada kondisi optimal (200°C, 4 jam dan 3 % b/b P₂O₅) (Gambar 5b) adalah pada 3425,72 cm⁻¹ dengan luas area 23,86 %. Bila intensitas kedua serapan tersebut dibandingkan terjadi penurunan sebesar 85,82% yang mengindikasikan dehidrasi berlangsung dengan rendemen yang relatif tinggi. Selanjutnya produk CLA ditunjukkan munculnya serapan ganda alkena terkonjugasi (C=C-C=C) pada 1658,78 cm⁻¹ dan 1581,63 cm⁻¹ (gambar 5b), dibandingkan serapan tunggal pada 1651,07 cm⁻¹ (Gambar 5a) yang berasal dari ikatan rangkap risinoleat dalam minyak jarak.

Serapan alkena terkonjugasi (C=C-C=C) untuk standar CLA pada gambar 6 adalah 1651,07 cm⁻¹ dan 1612,49 cm⁻¹. Serapan pada 3454,15 cm⁻¹ bukan dari gugus hidroksil (-OH), tetapi merupakan penguatan (*overtone*) dari serapan karbonil (C=O) pada 1742,75 cm⁻¹. Pola spektra FITR minyak jarak hasil dehidrasi pada kondisi optimal (Gambar 4b) identik dengan standar CLA (Gambar 5) mengindikasikan hasil dehidrasi mengandung CLA. Ikatan rangkap terkonjugasi (C=C-C=C) adalah gugus kromofor yang menyerap sinar pada daerah UV, maka dalam penelitian ini dilakukan perekaman spektra UV hasil dehidrasi risinoleat pada kondisi optimal dibandingkan dengan standar dengan spektra pada gambar 7. Spektra UV dari CLA standar (Gambar 7a) menunjukkan λ_{maks} pada 233 nm dan hasil dehidrasi minyak jarak pada kondisi optimal (200°C, 4 jam dan 3 % w/w P₂O₅) pada (Gambar 7b) menunjukkan λ_{maks} pada 231 nm. Harga λ_{maks} keduanya hampir sama mengindikasikan bahwa komponen pada hasil dehidrasi adalah CLA. Komposisi hasil dehidrasi risinoleat pada kondisi optimal dianalisis dengan GC-MS dengan kromatogram pada Gambar 8. Hasil interpretasi data MS tiap puncak yang diperoleh berdasarkan perbandingan dengan standar CLA adalah seperti Tabel 3.



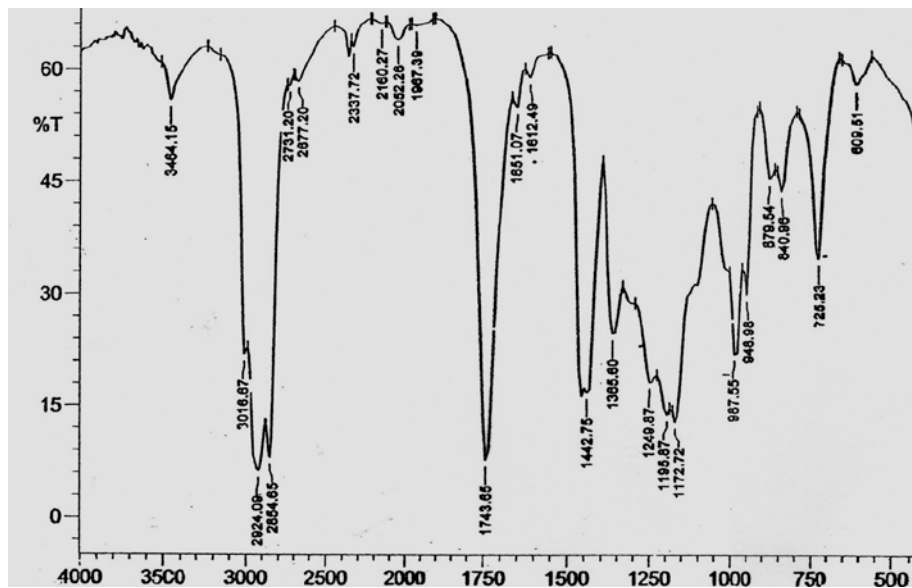
Gambar 5. Spektra FTIR (a). minyak jarak dan (b). hasil dehidrasi risinoleat minyak jarak pada kondisi optimal (200°C, 4 jam dan 3 % w/w P₂O₅)

Tabel 3. Komposisi standar CLA dan hasil dehidrasi minyak jarak pada kondisi optimal (200°C, 4 jam dan 3 % w/w P₂O₅)

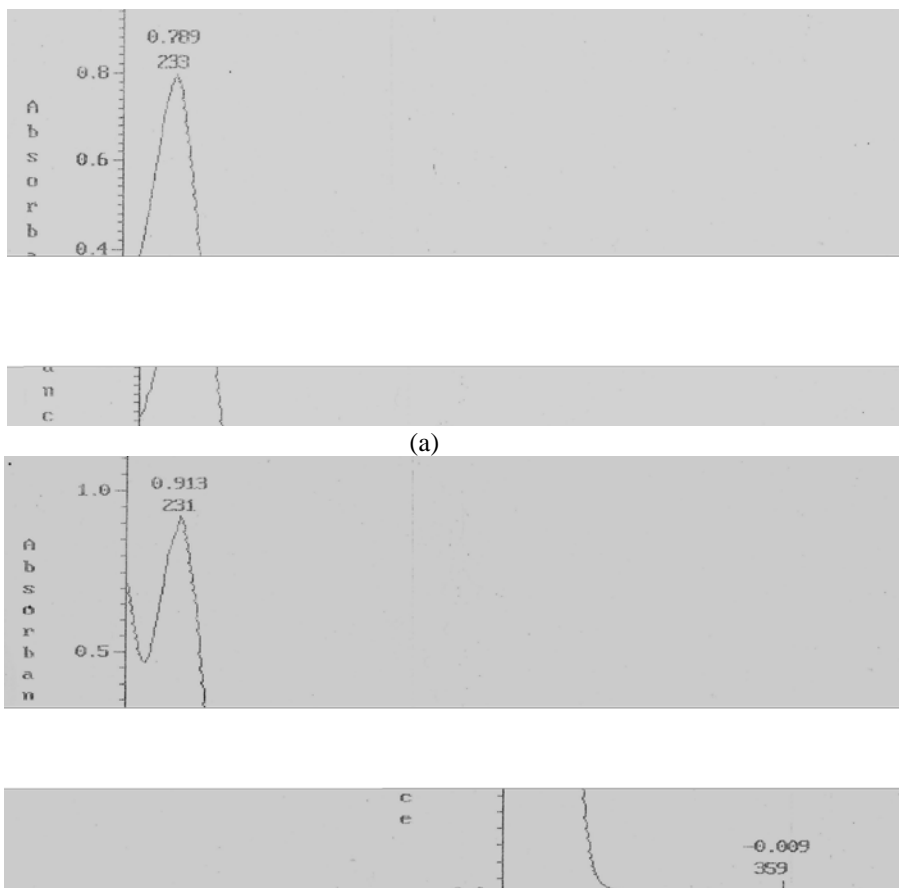
Standar CLA				Hasil dehidrasi pada kondisi optimal (200°C, 4 jam dan 3% w/w P ₂ O ₅ ^b)			
No puncak	tr menit	Kadar (%) ^a	Komponen	No puncak	tr menit	Kadar (%)	Komponen
1	24,731	1,23	(9c-12c) linoleat	3	24,576	1,02	(9c-12c) linoleat
2	25,199	31,55	(9c/t-12t/c) linoleat	4	24,788	41,97	(9c/t-12t/c) linoleat
3	25,270	42,80	(9c/t-12t/c) CLA	6	25,209	19,50	(9c/t-12t/c) CLA
4	25,483	8,04	(9t-12t) linoleat	7	25,491	4,89	(9t-12t) linoleat
5	25,594	16,30	(9t-11t) CLA	8	25,646	19,79	(9t-11t) CLA
				12	27,030	0,94	Risinoleat

a. kadar relatif terhadap luasan puncak

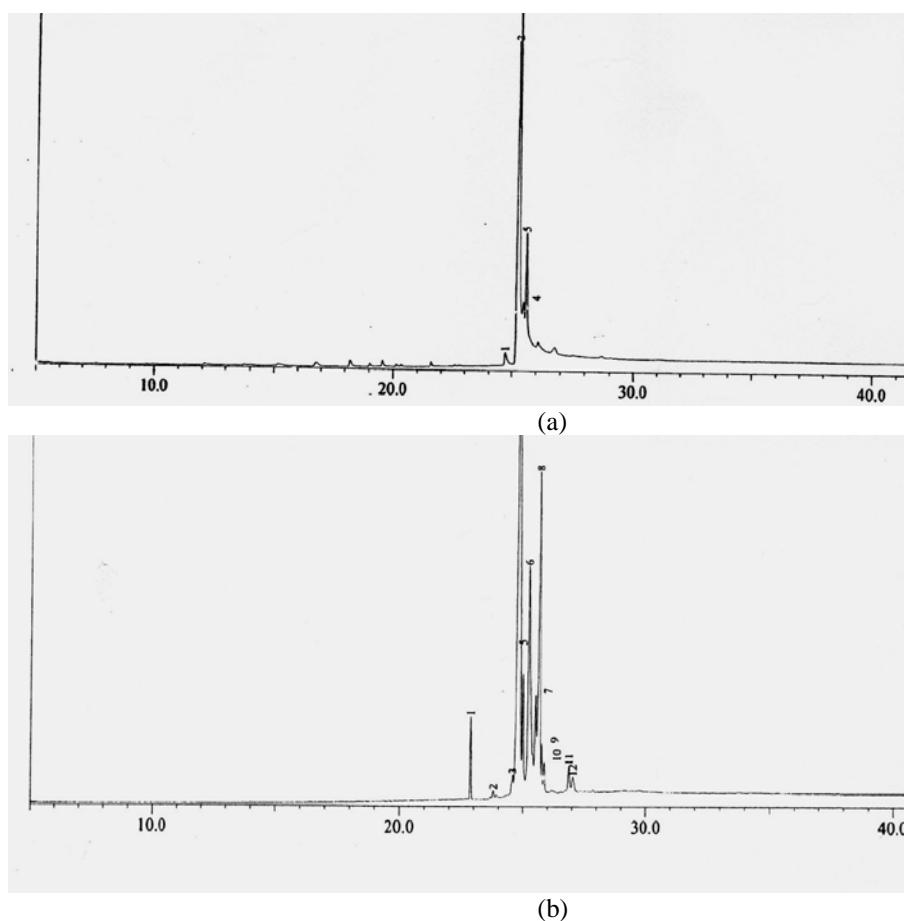
b. dibandingkan dengan standar



Gambar 6. Spektra FTIR asam linoleat tekonjugasi (CLA) standar



Gambar 7. Spektra UV(a). standar CLA dan (b). hasil dehidrasi minyak jarak pada kondisi optimal (200°C, 4 jam dan 3 % w/w P₂O₅)



Gambar 8. Kromatogram standar CLA(a) dan hasil dehidrasi pada kondisi optimal (4 jam, 200°C dan 3 % (w/w) P₂O₅(b)

KESIMPULAN

Dehidrasi risinoleat minyak jarak dengan dehidrator difosforpentaoksida (P₂O₅) optimal pada suhu 200°C, 4 jam dan jumlah dehidrator 3% (w/w) dibanding minyak jarak. Berdasarkan laju pengurangan risinoleat hasil pada kondisi optimal adalah sebesar 97,94 %. Komposisi hasil dehidrasi pada kondisi optimal yang dianalisis dengan GC-MS yang dibandingkan dengan data standar adalah: 1,02% (9c – 12 c) linoleat, 41,97% (9c/t – 12t/c) linoleat, 19,50% (9c/t-12t/c) CLA, 4,89% (9t – 12t) linoleat, 19,79% (9t – 11t) CLA dan 0,94% sisa risinoleat. Total perbandingan CLA:linoleat pada hasil dehidrasi adalah 0,82:1 atau 76,18% dibanding standar dengan total perbandingan CLA: linoleat adalah 1,45:1 adalah merupakan pencapaian yang relatif baik untuk suatu sintesis.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi (DIKTI) yang mendanai Studi S3 di PPs UNAND melalui BPPS. Terima kasih juga disampaikan pada Bapak Drs. Manius Sianipar Kepala Laboratorium *Sinar Oleo Chemical Indonesia (SOCI)* Medan yang membantu analisis GC dan DR. Tutik Dwi Wahyuningsih, M.Si Kepala Laboratorium Kimia Organik FMIPA UGM yang membantu fasilitas analisis dengan spektroskopi FTIR, UV dan GC – MS.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhowimick DN & Sarma AN. 1987. *Dehydration of Castor Oil*. Ind. Eng. Chem. Prod Department of Oil and Paint Technology Kampur India.
- Clark J. 2002. *The Effect of Temperature on Reaction Rate*. <http://www.chemgude.co.uk/physical/basicrate>. [5 Agustus 2010]
- Cristie WW.1998. Gas Chromatography–Mass Spectrometry Methods for Structural Analysis of Fatty Acid. *Lipids* **33**: 343 – 353.

- Cristie WW, Dopson G & Adlof RO. 2007. A Practical Guide to The Isolation, Analysis and Identification of Conjugated Linoleic Acid. *Lipids* 42: 1073 – 1025.
- Davis JC. 1997. *Advanced Physical Chemistry Molecules Structure And Spectra*. The Ronald Press Company New York.
- Ercyes AT, Dandik L & Kabasakal OS. The Kinetic of Esterification Reaction Between Castor Oil and Oleic Acid. *JAOCS* 68(9): 639 – 644.
- Ginting K, Ginting M & Sihotang H. 2003. *Dehidrasi Risinoleat Yang Terdapat Dalam Minyak Jarak (Ricinus Communis L) Menggunakan Moleculer Sieve Secara Refluks Dalam beberapa Pelarut Organik* [Laporan tidak terpublikasi pada Lembaga Penelitian USU Medan].
- Handayani TI & Ariono D. 2005. *Pembuatan Drying Oil Dari Minyak Jarak* (Laporan Tidak terpublikasi pada Lembaga Penelitian ITB Bandung).
- Laidler KJ. 1987. *Chemical Kinetics*. Herper Collins Publishers INC 3rd Edition Ottawa Canada.
- Laniwati M. 1999. *Kajian Awal Dehidrasi N – Butanol Menjadi Senyawa Buten Dengan Katalis Analsim*. Prosiding Seminar Nasional Fundamental Dan Aplikasi Teknik Kimia. Surabaya tanggal 24 – 25 Nopember.
- Nasikin M. 1999. *Dealuminasi Untuk Meningkatkan Stabilitas Thermal Zeolit Alam Sebagai Katalis Pada Reaksi Dehidrasi Etanol Menjadi Etilen*. Prosiding Seminar Nasional Fundamental Dan Aplikasi Teknik Kimia. Surabaya 24 – 25 Nopember.
- Nurhayati M & Subagjo H. 1999. *Analisis Termodinamika Dehidrasi n–Butanol*. Prosiding Seminar Nasional Fundamental Dan Aplikasi Teknik Kimia. Surabaya 24 – 25 Nopember.
- Merk. 1990. *Reagent: Drying in the Laboratory*. E. Merk Darstald Federal Republic of Germani.
- Oshea GR. 2005. *Castor Oil and Its Chemistry*. www.groshea.com.general@groshea.com. Illionois. [31 Januari 2011]
- Ozgul YS. 2005. Determination of Conjugated Linoleic Acid Conten of Selected Oil Seeds Grown in Turkey. *JAOCS* 82: 893 – 898.
- Priest WG & Von Mikusch JD. 1997. *Composition and Analysis of Dehydrated Castor Oil*. Woburn Degreasing Company of New Jessey New York.
- Rusman I, Fallah I & Shahirul Alim RHA. 2000. The Intecalation Copper Into Active Carbon And Its Applications As a Cathalyst for n–amylalcohol Dehydration. *Indonesian Joernal of Chemistry* 4 : 23 – 29
- Setyowati K. 2002. *Formulasi Campuran Natrium Bisulfat Sebagai Katalis Dehidrasi Minyak Jarak*. Paten No : P00200400341
- Setyowati K, Suryagama P & Pusparini S. 2004. *Peningkatan Indeks Viskositas Minyak Jarak Sebagai Bahan Dasar Minyak Pelumas Melalui Proses Dehidrasi Dengan Katalis Natrium Bisulfat*. Paten No: P00200400341.
- Sitorus M, Ibrahim S, Nurdin H & Darwis D. 2009. Transformation of Ricinoleic of Castor Oil into Linoleic Acid (Omega-6) and Conjugated Linoleic Acid. *Indonesian Journal of Chemistry* 9 (2) : 278 – 284).
- Villeneuve P, Lago R, Barouh N & Barea B. 2005. Production of Conjugated Linoleic Acid Isomers by Dehydration and Isomerization of Castor Bean Oil. *JAOCS* 82: 261 – 270.