

## KESETIMBANGAN FASA EKSTRAKSI $\beta$ -KAROTIN DARI MINYAK SAWIT DENGAN $\text{CO}_2$ SUPERKRITIK

Aji Prasetyaningrum

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Kampus Baru-Tembalang, e-mail cheundip@idola.net.id

### ABSTRAK

Karotin merupakan komponen minor bernilai tinggi yang terkandung dalam minyak sawit. Peranan karotin adalah sebagai unsur pendukung vitamin A dan mencegah penyakit kanker. Hal ini membantu meningkatkan harga jual dari  $\beta$ -karotin.

Untuk bahan makanan dan obat-obatan perlu dikembangkan metode pemisahan yang dapat mengambil produk tanpa mendegradasi bahan bakunya. Ekstraksi dengan pelarut superkritik merupakan metode pemisahan yang memanfaatkan daya melarutkan dan sifat-sifat difusional fluida superkritik. Penggunaan pelarut tidak berbahaya ( $\text{CO}_2$ ) dan dapat dipisahkan dari produk akhir dengan metode pemisahan yang sederhana dan hemat energi merupakan keunggulan proses ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model kesetimbangan fasa ekstraksi superkritik  $\beta$ -karotin dari minyak sawit dengan persamaan keadaan Redlich-Kwong-Soave dan Peng-Robinson yang dilengkapi aturan pencampuran asli maupun aturan pencampuran Kwak-Mansoori. Data yang tersedia dari literatur dipergunakan untuk menentukan harga optimum parameter interaksi biner dalam sistem tersebut. Model kesetimbangan fasa yang didapat selanjutnya digunakan untuk melacak kondisi operasi serta untuk memberikan gambaran tentang kebutuhan perancangan peralatan pemisahan.

Hasil penelitian menunjukkan kondisi operasi yang optimal untuk proses ekstraksi superkritik  $\beta$ -karotin dari minyak sawit adalah pada suhu  $70^\circ\text{C}$  dan tekanan 300 bar. Pada kondisi operasi tersebut dicapai selektivitas proses yang tertinggi.

Kata kunci : [  $\beta$ -karotin, minyak sawit,  $\text{CO}_2$  superkritik ]

### PENDAHULUAN

Karotin merupakan komponen minor ( $\pm 1\%$ ), yang penting dalam minyak sawit. Kandungan  $\alpha$ -karotin dan  $\beta$ -karotin pada komponen minor minyak kelapa sawit mencapai 91%. Kelapa sawit Indonesia rata-rata mengandung karotin cukup tinggi, yaitu antara 400-600 ppm.[1]

Karotin merupakan komponen bernilai tinggi yang memegang peranan penting di dalam peningkatan derajat kesehatan masyarakat, yaitu sebagai unsur pendukung vitamin A.[2] Baru-baru ini juga disimpulkan bahwa karotin memainkan peranan penting dalam pencegahan penyakit kanker.[3] Mengingat bahwa karotin merupakan produk yang mempunyai nilai jual tinggi, (60 - 88 US \$/kg) maka

perlu dikembangkan proses pemisahan yang dapat mengambil karotin tanpa mendegradasi bahan bakunya.

Dalam metode ekstraksi karotin dari tumbuh-tumbuhan segar, kesulitan utama yang dihadapi adalah adanya kandungan air yang relatif besar. Kandungan air ini akan menghalangi terjadinya ekstraksi oleh pelarut organik. Untuk itu diperlukan proses pengeringan. Akan tetapi, proses pengeringan ini mengakibatkan hilangnya kandungan karotin yang ada.

Penggunaan metode pemisahan dengan pelarut superkritik merupakan metode alternatif untuk mengatasi masalah-masalah yang ada dalam metode pemisahan biasa. Ekstraksi dengan pelarut superkritik merupakan metode pemisahan yang memanfaatkan daya melarutkan dan sifat-sifat difusional fluida



superkritik. Dibandingkan dengan pelarut cair, pelarut superkritik memiliki difusivitas yang lebih tinggi serta densitas dan viskositas yang lebih rendah. Hal ini menyebabkan ekstraksi yang lebih cepat dan proses pemisahannya juga lebih mudah. Penggunaan pelarut yang tidak berbahaya ( $CO_2$ ) dan dapat dipisahkan dari produk akhir dengan metode pemisahan yang sederhana dan hemat energi merupakan keunggulan dalam proses ini. Karena karotin merupakan komponen yang bernilai tinggi, maka metode pemisahan dengan pelarut superkritik yang memerlukan biaya relatif mahal dapat diterapkan secara komersial. [4]

Penelitian tentang kelarutan  $\beta$ -karotin dan minyak sawit dengan pelarut superkritik telah banyak dilakukan orang. Data yang tersedia perlu ditafsirkan dan diringkaskan ke dalam suatu model matematik kesetimbangan fasa. Model kesetimbangan fasa yang didapat selanjutnya digunakan untuk menentukan kondisi operasi proses, yaitu dengan cara menghitung selektivitas proses dalam sistem *pseudoterner* dan menentukan daerah *cross over* dari proses tersebut.

#### Tinjauan Termodinamik

Persamaan keadaan yang digunakan pada pemodelan kesetimbangan fasa di dalam penelitian ini adalah persamaan keadaan SRK, dan PR dengan aturan pencampuran asli maupun yang diusulkan oleh Kwak dan Mansoori [5].

Bentuk persamaan SRK dan PR adalah :

##### 1. Soave-Redlich-Kwong (SRK)

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v(v+b)} \quad (1),$$

dengan

$$a = a(T_c) \{1 + \kappa (1 - T_r^{1/2})\}^2$$

$$a(T_c) = 0,42747 R^2 T_c^2 / P_c$$

$$\kappa = 0,48508 + 1,55171\omega - 0,1561\omega^2$$

$$b = 0,08664 R T_c / P_c$$

##### 2. Peng Robinson (PR)

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v(v+b) + b(v-b)} \quad (2),$$

dengan

$$a = a(T_c) \{1 + \kappa (1 - T_r^{1/2})\}^2$$

$$a(T_c) = 0,45724 R^2 T_c^2 / P_c$$

$$\kappa = 0,37464 + 1,55422\omega - 0,26992\omega^2$$

$$b = 0,0778 R T_c / P_c$$

Aturan pencampuran asli untuk kedua persamaan tersebut adalah :

$$a = \sum_i \sum_j x_i x_j a_{ij} \quad (3),$$

$$b = \sum_i x_i b_i \quad (4),$$

$$a_{ij} = (1 - k_{ij}) \sqrt{a_{ii} a_{jj}} \quad (5).$$

Melalui sedikit penjabaran, dapat diperlihatkan bahwa persamaan SRK dan PR dapat pula dituliskan dalam bentuk :

##### 1. Modifikasi Kwak - Mansoori untuk persamaan SRK

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a' + dRT - 2\sqrt{a'dRT}}{v(v+b)} \quad (6).$$

##### 2. Modifikasi Kwak - Mansoori untuk persamaan PR

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a' + dRT - 2\sqrt{a'dRT}}{v(v+b) + b(v-b)} \quad (7),$$

dengan :

$$a' = a(T_c) (1 + \kappa)^2 \quad (8),$$

$$d = a(T_c) \kappa^2 / R T_c \quad (9).$$

Dengan dasar teori mekanika statistik, Kwak dan Mansoori (1986) mengusulkan aturan pencampuran baru untuk persamaan keadaan SRK dan PR.

$$a' = \sum_i \sum_j x_i x_j a'_{ij} \quad (10)$$

$$b = \sum_i \sum_j x_i x_j b_{ij} \quad (11)$$

$$d = \sum_i \sum_j x_i x_j d_{ij} \quad (12)$$

harga :  $a(T_c)$  sama dengan harga aturan pencampuran asli, dengan :

$$a'_{ij} = (1 - k_{ij}) (a'_{ii} a'_{jj})^{1/2} \quad (13)$$

$$b_{ij} = (1 - l_{ij}) \{(b_{ii}^{1/3} + b_{jj}^{1/3}) / 2\}^3 \quad (14)$$

$$d_{ij} = (1 - m_{ij}) \{(d_{ii}^{1/3} + d_{jj}^{1/3}) / 2\}^3 \quad (15)$$

#### METODE

Untuk memasukkan persamaan-persamaan keadaan (1), (2), (6), dan (7) pada kesetimbangan fasa ekstraksi superkritik, maka diperlukan harga  $k_{ij}$ ,  $l_{ij}$  dan  $m_{ij}$  (lihat persamaan (5), (13), (14), (15)). Harga ini membuat hasil perhitungan model kesetimbangan fasa sesuai dengan kenyataan. Yang dimaksud dengan kenyataan disini adalah data-data kesetimbangan atau kelarutan komponen sistem ekstraksi superkritik yang dikaji, yaitu tripalmitin -  $CO_2$  superkritik -  $\beta$ -karotin.

Data tentang kesetimbangan fasa  $\beta$ -karotin -  $CO_2$  dan tripalmitin- $CO_2$  superkritik, diberikan dalam tabel 1. Tabel 2 menunjukkan data kesetimbangan fasa uap - cair untuk sistem  $CO_2$  superkritik - Tripalmitin. Data kelarutan  $\beta$ -karotin dalam tripalmitin tidak



tersedia. Akan tetapi bahwa banyak atom  $\beta$ -karotin tidak banyak berbeda dengan tripalmitin, sehingga kelihatannya kelarutan dapat dianggap hampir ideal. Oleh karena itu dalam penelitian ini nilai koefisien interaksi  $\beta$ -karotin dan tripalmitin akan dianggap nol.

Sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan, yaitu untuk mendapatkan model kesetimbangan fasa proses ekstraksi superkritik  $\beta$ -karotin dari minyak sawit dan parameter-parameter dari model tersebut, maka kesetimbangan fasa yang telah disajikan di dalam pasal sebelumnya akan diringkaskan sehingga menghasilkan nilai-nilai parameter interaksi biner  $k_{ij}$ ,  $l_{ij}$ , dan  $m_{ij}$  (persamaan (5), dan (13) s/d (15)).

Tabel 1. Kelarutan  $\beta$ -Karatoin dalam CO<sub>2</sub> Super-Kritik. [6]

Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Densitas CO <sub>2</sub> (mol/l)	Fraksi mol $\beta$ -karotin ( $\times 10^7$ )
40	275	20.38	0.090
	314	20.86	0.223
	384	21.59	0.658
	415	21.87	1.020
60	236	17.55	0.429
	273	18.45	0.724
	309	19.02	0.954
	348	19.50	1.520
	373	19.93	2.720
70	212	15.51	1.950
	249	16.73	3.330
	287	17.65	6.230
	328	18.43	10.000
	358	18.91	12.500
	400	19.49	19.100
	439	19.95	25.400

Tabel 2. Data Kesetimbangan Uap - Cair Sistem CO<sub>2</sub> - Tripalmitin. [7]

Tekanan (Bar)	Suhu (° K)	Fraksi Mol CO <sub>2</sub> Cair	Fraksi Mol CO <sub>2</sub> Uap
5.55	353.15	0.8324	0.9984
10.69	353.15	0.8799	0.9998
15.23	353.15	0.8941	0.9999
20.14	353.15	0.9255	0.9997
24.31	353.15	0.9349	0.9993

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sistem $\beta$ -Karatoin - CO<sub>2</sub> Superkritik

Data yang digunakan untuk menentukan nilai optimum parameter-parameter interaksi biner sistem  $\beta$ -karotin-CO<sub>2</sub> superkritik adalah data kesetimbangan pada temperatur 40, 60, dan 70°C hasil pengukuran Cygnarowicz Parameter-parameter interaksi biner yang diperoleh dengan aturan pencampuran asli ditunjukkan dalam tabel 3, sedangkan kesetimbangan fasa yang diperoleh dari hasil optimasi tersebut ditunjukkan dalam grafik 1. Parameter-parameter interaksi biner sistem  $\beta$ -karotin - CO<sub>2</sub> superkritik dengan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori ditunjukkan dalam tabel 4. Hasil kesetimbangan fasa yang diperoleh ditunjukkan dalam grafik 2.

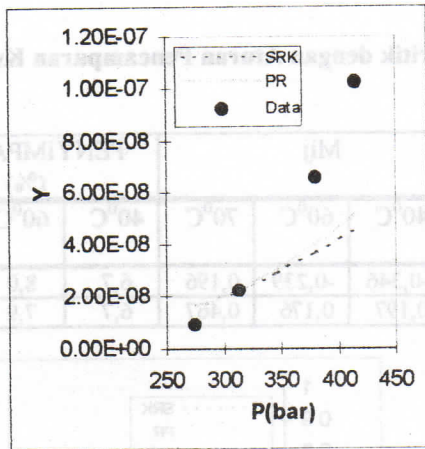
Tabel 3. Parameter Interaksi Biner  $\beta$ -karotin - CO<sub>2</sub> Superkritik dengan Aturan Pencampuran Asli

	Kij			PENYIMPANGAN (%)		
	40°C	60°C	70°C	40°C	60°C	70°C
SRK	-0,072	0,007	-0,015	46,1	20,4	24,7
PR	-0,073	0,006	-0,019	41,3	16,6	18,6

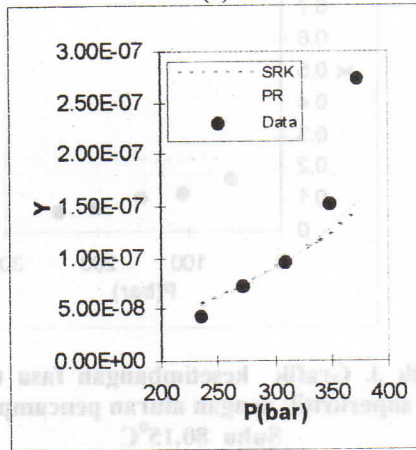
Tabel 3 menunjukkan bahwa harga parameter interaksi biner yang diperoleh dari regresi memberikan harga yang bervariasi, tergantung pada temperatur operasi, persamaan keadaan serta aturan pencampuran yang digunakan. Perhitungan dengan menggunakan aturan pencampuran asli memberikan prosentase kesalahan yang besar, yaitu antara 16,6% - 46,1%. Prosentase kesalahan yang cukup besar disebabkan pada aturan pencampuran asli hanya menggunakan satu buah *fitting parameter*, sehingga untuk prediksi pada tekanan yang tinggi memberikan hasil yang kurang teliti.

Pemodelan kesetimbangan fasa juga dilakukan dengan menggunakan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori. Harga parameter interaksi biner beserta penyimpangan yang diperoleh ditunjukkan pada tabel 4. Tabel tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori yang menggunakan tiga buah *fitting parameters* ( $k_{ij}$ ,  $l_{ij}$ ,  $m_{ij}$ ) mampu memperkecil penyimpangan menjadi 5,5% - 8,0%.

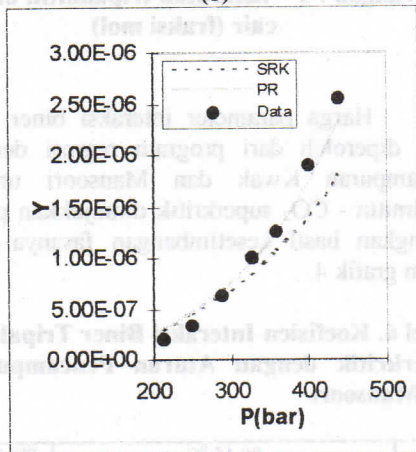




(a)

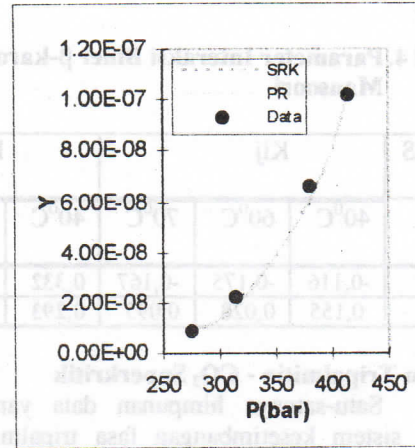


(b)

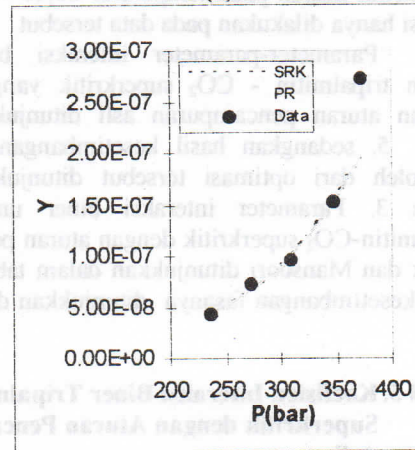


(c)

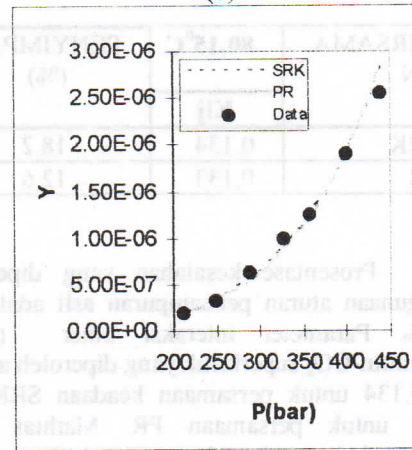
**Grafik 1. Grafik kesetimbangan fasa  $\beta$ -karotin- $\text{CO}_2$  superkritik dengan aturan pencampuran asli**  
 a) Suhu  $40^\circ\text{C}$  (b) Suhu  $60^\circ\text{C}$  (c) Suhu  $70^\circ\text{C}$   
 Keterangan :  $y$  = kelarutan  $\beta$ -karotin ( fraksi mol)



(a)



(b)



(c)

**Grafik 2. Grafik kesetimbangan fasa  $\beta$ -karotin - $\text{CO}_2$  Superkritik dengan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori**  
 (a) Suhu  $40^\circ\text{C}$  (b) Suhu  $60^\circ\text{C}$  (c) Suhu  $70^\circ\text{C}$   
 Keterangan :  $y$  = kelarutan  $\beta$ -karotin ( fraksi mol)

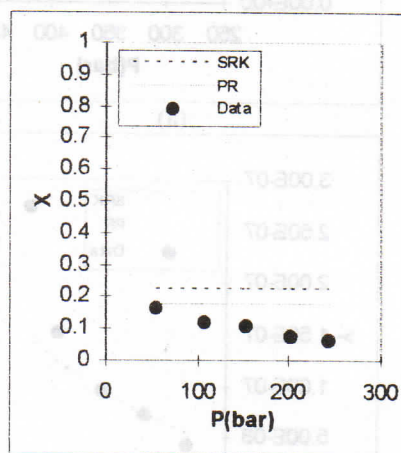
**Tabel 4. Parameter Interaksi Biner  $\beta$ -karotin - CO<sub>2</sub> Superkritik dengan Aturan Pencampuran Kwak dan Mansoori**

PERS	Kij			Lij			Mij			PENYIMPANGAN (%)		
	40°C	60°C	70°C	40°C	60°C	70°C	40°C	60°C	70°C	40°C	60°C	70°C
SRK	-0,116	-0,175	-0,167	0,332	-0,098	-0,114	-0,346	-0,239	0,196	6,7	8,0	5,5
PR	0,155	0,028	0,095	0,293	-0,153	-0,163	0,197	0,176	0,467	6,7	7,9	5,8

**Sistem Tripalmitin - CO<sub>2</sub> Superkritik**

Satu-satunya himpunan data yang tersedia untuk sistem kesetimbangan fasa tripalmitin - CO<sub>2</sub> superkritik adalah pada temperatur 80,15 °C, sehingga regresi hanya dilakukan pada data tersebut.

Parameter-parameter interaksi biner untuk sistem tripalmitin - CO<sub>2</sub> superkritik yang diperoleh dengan aturan pencampuran asli ditunjukkan dalam tabel 5, sedangkan hasil kesetimbangan fasa yang diperoleh dari optimasi tersebut ditunjukkan dalam grafik 3. Parameter interaksi biner untuk sistem tripalmitin-CO<sub>2</sub> superkritik dengan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori ditunjukkan dalam tabel 6, serta hasil kesetimbangan fasanya ditunjukkan dalam grafik 4.



**Grafik 3. Grafik kesetimbangan fasa tripalmitin-CO<sub>2</sub> superkritik dengan aturan pencampuran asli Suhu 80,15°C**

Keterangan : x = kelarutan tripalmitin dalam fasa cair (fraksi mol)

**Tabel 5. Koefisien Interaksi Biner Tripalmitin - CO<sub>2</sub> Superkritik dengan Aturan Pencampuran Asli**

PERSAMAAN	80,15°C	PENYIMPANGAN (%)
	Kij	
SRK	0,134	18,2
PR	0,133	12,6

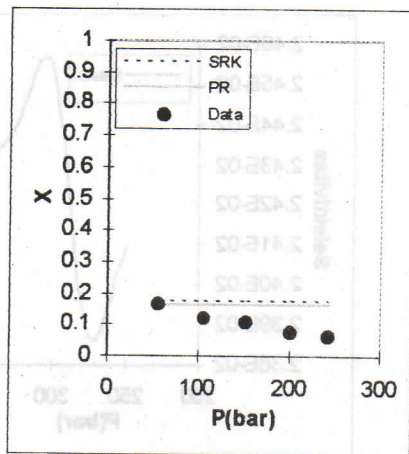
Prosentase kesalahan yang diperoleh pada penggunaan aturan pencampuran asli adalah 12,6% - 18,2%. Parameter interaksi biner ( $k_{ij}$ ) sistem tripalmitin-CO<sub>2</sub> superkritik yang diperoleh adalah harga  $k_{ij} = 0,134$  untuk persamaan keadaan SRK dan  $k_{ij} = 0,133$  untuk persamaan PR. Mathias dkk.(1986) mengemukakan bahwa harga parameter interaksi biner (kij) sistem tripalmitin-CO<sub>2</sub> pada suhu 80°C adalah diantara 0,13-0,14.[8] . Program regresi sistem ini menghasilkan kesetimbangan fasa pada garafik 3.

Harga parameter interaksi biner ( $k_{ij}$ ,  $l_{ij}$ ,  $m_{ij}$ ) yang diperoleh dari program regresi dengan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori untuk sistem tripalmitin - CO<sub>2</sub> superkritik ditunjukkan pada tabel 6, sedangkan hasil kesetimbangan fasanya ditunjukkan dalam grafik 4.

**Tabel 6. Koefisien Interaksi Biner Tripalmitin - CO<sub>2</sub> Superkritik dengan Aturan Pencampuran Kwak dan Mansoori**

	80,15 °C			PENYIMPANGAN AN (%)
	Kij	Lij	Mij	
SRK	0,100	0,100	0,000	12,5
PR	0,109	0,109	0,002	11,3





Grafik 4. Grafik kesetimbangan fasa tripalmitin- $\text{CO}_2$  superkritik dengan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori

Suhu  $80,15^\circ\text{C}$

Keterangan :  $x$  = kelarutan tripalmitin dalam fasa cair (fraksi mol)

Penyimpangan yang diperoleh dengan menggunakan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori untuk sistem Tripalmitin -  $\text{CO}_2$  Superkritik adalah 11,3 % - 12,5 %.

Dari hasil-hasil regresi untuk sistem  $\beta$ -karotin -  $\text{CO}_2$  superkritik (padat-gas) serta sistem tripalmitin -  $\text{CO}_2$  superkritik (cair - gas), dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori yang memiliki tiga buah *fitting parameters* memang memberikan hasil berketelitian lebih tinggi daripada aturan pencampuran asli yang hanya memiliki satu buah *fitting parameters*. Penggunaan aturan pencampuran Kwak dan Mansoori untuk kesetimbangan  $\beta$ -karotin -  $\text{CO}_2$  superkritik (padat-gas) diperoleh penyimpangan 5,5%-8,0% sedangkan sistem tripalmitin -  $\text{CO}_2$  superkritik(cair-gas) prosentase penyimpangan antara 11,3%-12,5%. Prosentase kesalahan yang masih cukup besar ini mencukupi untuk kebutuhan perokayasaan, tetapi masih kurang memadai ditinjau dari penyederhanaan-penyederhanaan yang sudah dilakukan terhadap sistem ekstraksi yang dimodelkan. Dengan adanya tiga buah *fitting parameters* aturan pencampuran Kwak dan Mansoori mestinya mampu menghasilkan prosentase kesalahan yang jauh lebih kecil. Jadi peningkatan ketelitian hasil regresi yang dihasilkan oleh penggunaan aturan pencampuran Kwak-Mansoori tampaknya tidak sepadan dengan penambahan upaya (komputasi) yang harus dilakukan.

#### Sistem $\beta$ -Karotin-Tripalmitin- $\text{CO}_2$ Superkritik

Parameter-parameter interaksi biner yang diperoleh dari program regresi pada kesetimbangan fasa  $\beta$ -karotin -  $\text{CO}_2$  superkritik (padat-gas) serta sistem tripalmitin -  $\text{CO}_2$  superkritik (cair - gas) dipergunakan untuk memprediksi atau mensimulasi kelarutan dan selektivitas  $\beta$ -karotin dalam suatu sistem *pseudoterner* ( $\beta$ -karotin - tripalmitin -  $\text{CO}_2$  superkritik). Persamaan keadaan yang digunakan untuk memprediksi kelarutan  $\beta$ -karotin dan tripalmitin dalam  $\text{CO}_2$  superkritik adalah persamaan keadaan PR, karena hasil regresi menunjukkan bahwa persamaan keadaan PR memberikan penyimpangan yang lebih kecil daripada persamaan SRK. Parameter interaksi biner yang digunakan untuk memprediksi kelarutan adalah parameter interaksi biner yang diperoleh dari persamaan PR dengan aturan pencampuran yang telah dimodifikasi ( $k_{ij}$ ,  $l_{ij}$ ,  $m_{ij}$ ), dengan harga seperti yang diberikn pada tabel 7.

Tabel 7. Harga Koefisien Interaksi Biner untuk Prediksi Kelarutan Sistem *Pseudoterner*

#### Sistem $\beta$ -karotin - $\text{CO}_2$ superkritik

SUHU ( $^\circ\text{C}$ )	$K_{ij}$	$L_{ij}$	$M_{ij}$
40	0,155	0,293	0,197
60	0,028	-0,153	0,176
70	0,095	-0,163	0,467

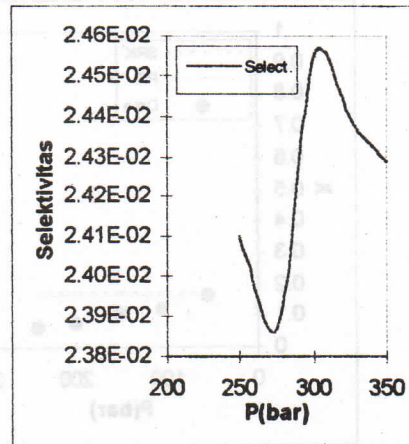
#### Sistem tripalmitin - $\text{CO}_2$ superkritik

SUHU ( $^\circ\text{C}$ )	$K_{ij}$	$L_{ij}$	$M_{ij}$
80,15	0,109	0,109	0,002

**Tabel 8. Prediksi Kelarutan  $\beta$ -karotin dalam Sistem Pseudoterner dengan Persamaan PR**

**T=40°C**

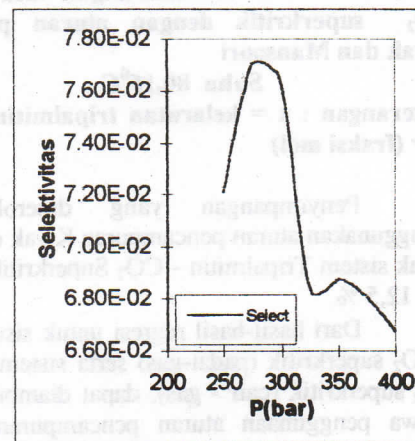
P Bar	Y $\beta$ -KAROTIN (fraksi mol)	Y TRIPALMITIN (fraksi mol)	SELEKTIVITAS
250	0.4514E-02	0.1873E+00	0.2410E-01
275	0.3641E-02	0.1525E+00	0.2387E-01
300	0.3422E-02	0.1394E+00	0.2454E-01
325	0.3352E-02	0.1374E+00	0.2439E-01
350	0.3308E-02	0.3308E+00	0.2428E-01



(a)

**T=60°C**

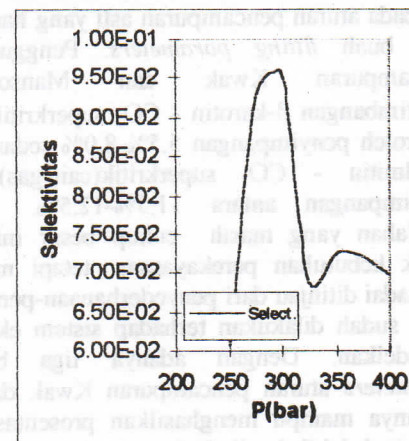
P Bar	Y $\beta$ -KAROTIN (fraksi mol)	Y TRIPALMITIN (fraksi mol)	SELEKTIVI - TAS
250	0.9402E-02	0.1304E+00	0.7210E-01
275	0.1469E-01	0.1907E+00	0.7703E-01
300	0.1724E-01	0.2255E+00	0.7645E-01
325	0.2150E-01	0.3148E+00	0.6829E-01
350	0.1703E-01	0.2477E+00	0.6875E-01
375	0.1957E-01	0.2874E+00	0.6809E-01
400	0.1879E-01	0.2814E+00	0.6677E-01



(b)

**T=70°C**

P (Bar)	Y $\beta$ -KAROTIN (fraksi mol)	Y TRIPALMITIN (fraksi mol)	SELEKTIVI- TAS
250	0.6909E-02	0.1139E+00	0.6065E-01
275	0.1569E-01	0.1690E+00	0.9284E-01
300	0.1894E-01	0.1983E+00	0.9551E-01
325	0.1841E-01	0.2676E+00	0.6879E-01
350	0.2100E-01	0.2894E+00	0.7256E-01
375	0.2243E-01	0.3114E+00	0.7202E-01
400	0.1973E-01	0.2824E+00	0.6986E-01



(c)

**Grafik 5. Selektivitas  $\beta$ -karotin dalam sistem pseudoterner**  
(a) Suhu 40°C (b) Suhu 60°C (c) Suhu 70°C



Hasil prediksi kelarutan dan selektivitas  $\beta$ -karotin pada rentang tekanan 250-400 bar dengan suhu 40, 60 dan  $70^\circ\text{C}$  ditunjukkan pada tabel 8. Selektivitas  $\beta$ -karotin dalam sistem *pseudoterner* yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kelarutan  $\beta$ -karotin dengan kelarutan tripalmitin di dalam  $\text{CO}_2$  superkritik ditunjukkan pada grafik 5.

Grafik 5. menunjukkan bahwa selektivitas akan naik bersamaan dengan naiknya temperatur operasi. Selektivitas tertinggi dicapai pada tekanan sekitar 300 bar dan suhu  $70^\circ\text{C}$ . Diatas tekanan tersebut harga selektivitas menurun secara tajam.

### KESIMPULAN

Berdasar pada hasil pemodelan keseimbangan fasa proses ekstraksi  $\beta$ -karotin dari minyak sawit dengan  $\text{CO}_2$  superkritik, maka dapat disimpulkan bahwa selektivitas proses yang tertinggi dicapai pada suhu  $70^\circ\text{C}$  dan tekanan 300 bar. Untuk memperoleh karotin yang terpisah dari *carrier*-nya dilakukan fraksionasi dengan merubah temperatur operasi dari  $40^\circ\text{C}$  menjadi  $70^\circ\text{C}$  pada tekanan 300 bar.

Penelitian lebih lanjut sebaiknya berupa penelitian eksperimental. Proses ekstraksi  $\beta$ -karotin dari minyak sawit dengan  $\text{CO}_2$  superkritik dapat dilanjutkan dengan proses fraksionasi guna memperoleh  $\beta$ -karotin yang terpisah dari *carriernya*. [9]

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing penelitian, Dr. Ir. Tatang H. Soerawidjaya dan Dr. Ir. Johner Sitompul. Juga kepada Dr. Ir. Ariyadi Suwono dan proyek URGE yang telah memberikan segala fasilitas hingga selesainya penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Clegg, A. J., Harrison, Crossfield, "Composition and Related Nutritional and Organoleptic Aspects of Palm Oil", *JAOC*, Vol. 50, August, 1973 pp. 321-324
2. Sebrell, W.H., Harris, R.S., "The Vitamins Chemistry, Physiology Pathology," Academic Press. Inc. Publishers, New York, 1954
3. Menkes, M.S., Comstock, S.W., Vulleumier, J.P.; Helsing, K.J.; Rider, A.A.; Brookmeyer, R., "Serum Beta Carotene, Vitamins A and E, Selenium and

- Risk of Lung Cancer", *New Engl. J. Med.*, 1986, 315,20
4. Cygnarowicz, M.L., "Design and Control of Process to Extract  $\beta$ -Carotene with Supercritical Carbondioksida", *Biotechnol. Prog.*, 1990, Vol. 6, No. 1pp. 82-91
5. Kwak, T.Y., Mansoori, G.A., "Van der Waals Mixing Rules for Cubics Equations of State Applications or Supercritical Fluid Extraction Modelling", *Chem. Eng. Science*, 1986, 41, No.5, 1303-1309
6. Cygnarowicz, M.L., Maxwell, R.J., Seider, W.D., "Equilibrium Solubilities of  $\beta$ -Carotene in Supercritical Carbon Dioxide" *Fluid Phase Equilibria*, 59(1990) 57-71.
7. Bharath, R., Yamane, S., Inomata, H., Adschiri, T., Arari, K., "Phase Equilibria of Supercritical  $\text{CO}_2$  - Fatty Oil Component Binary Systems", *Fluid Phase Equilibria*, 83(1993) pp.183-192
8. Mathias, P.M., Copeman, T.W., Prausnitz J., "Phase Equilibria for Supercritical Extraction of Lemon Flavors and Palm Oils with Carbon Dioxide", *Fluid Phase Equilibria*, 29(1986) 545-554
9. Chimowitz, E.H., Pennisi, K.J., "Process Synthesis Concepts for Supercritical Gas Extraction in the Cross Over Region", *AIChE Journal*, Vol. 32, No. 10, October 1986