

OPTIMASI KONDISI EKSTRAKSI KAROTENOID WORTEL (*Daucus carota* L.) MENGGUNAKAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)

*Optimization of Carotenoid Extraction from Carrot (*Daucus Carota* L.) using
Response Surface Methodology (RSM)*

Ratna Ikawati

*Laboratory of Chemistry and Biochemistry, Study Program of Agricultural Product Technology, Faculty
of Agriculture, Mulawarman University, Jalan Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123*

Received 4 April 2005 Accepted 20 Mei 2005

ABSTRACT

Carrot can be used as natural food colorant. Due to high concentration of carotenoid, about 60-548 ppm, carrot became a potential source of carotenoid. From the literature, the yield of carotenoid can be extracted from carrot is around 45 %, so it is interesting to improve the method to increase the yield. The research aim was to determine the optimum condition of carotenoid extraction process from dehydrated carrot powder by variations of extraction time, ratio of carrot powder to solvent, and ratio of acetone to acetone-methanol solvent system. Carrot sliced was dehydrated in cabinet drier at 50 °C for 17 hours. Dehydrated carrot was ground and sieved, through a sieve of 50 meshes to get powder. Carotenoid was extracted from the powder using acetone : methanol mixture of 4:6, 7:3 and 10:0 (v/v), while the ratio of the powder to solvent were 1:9, 1:12 and 1:15 (g mL⁻¹) and extraction time of 5, 25 and 45 minutes were studied. Yield of total carotenoid of each treatment was analyzed using Response Surface Methodology (RSM) to determine an optimum condition of carotenoid extraction from carrot powder. The optimum condition found to be carried out for 32.21 minutes, with ratio of carrot powder to solvent of 1:8.12 (g mL⁻¹), and ratio of acetone of acetone-methanol solvent system of 9.37:10 (v/v), with the yield of total carotenoid of 23.80 ppm.

Key words: carrot, extraction, carotenoid, Response Surface Methodology (RSM)

PENDAHULUAN

Wortel (*Daucus carota* L.) mengandung senyawa karotenoid dalam jumlah besar, berkisar antara 6000-54800 µg/100 g (Kotecha *et al.*, 1998). Karotenoid adalah pigmen berwarna kuning, orange dan orange kemerahan (Meyer, 1960) yang terlarut dalam lipida, meliputi kelompok hidrokarbon yang disebut karoten dan derivat oksigennya, xantofil (Tranggono, 1988). Dengan kandungan karotenoid yang tinggi, wortel dapat dimanfaatkan sebagai bahan pewarna pangan alami (Bambang Cahyono, 2000). Selain itu, karoten pada wortel juga berperan sebagai prekursor vitamin A sehingga dapat memberi nilai tambah tersendiri pada penggunaan wortel sebagai bahan pewarna alami. Dalam setiap 100 gram wortel terkandung 12.000 SI vitamin A (Dirjen Gizi Depkes RI, 1981).

Karotenoid dapat diekstrak dari wortel dengan yield sekitar 37,21-46,41 % (Hutchings, 1994). Pelarut organik seperti heksan, toluene, etanol dan piridin biasa digunakan dalam proses ekstraksi karotenoid, tetapi secara umum karotenoid memiliki kelarutan yang baik dalam aseton atau campuran aseton-metanol (Britton *et al.*, 1995).

Faktor-faktor yang mempengaruhi ekstraksi ini antara lain adalah rasio bahan terhadap pelarut, waktu ekstraksi, jumlah tahapan kontak atau frekuensi ekstraksi, suhu ekstraksi (Mochamad Adnan, 1972), ukuran partikel, tipe pelarut dan pengadukan (Heldman, 1980).

Untuk mencari kondisi optimum pada ekstraksi karotenoid wortel, digunakan *Response Surface Methodology* (RSM) atau metode respon permukaan. RSM merupakan kumpulan dari teknik matematika dan statis-

tika yang berguna untuk menganalisa masalah, dimana beberapa variabel mempengaruhi sebuah respon, tujuannya adalah untuk mengoptimalkan respon tersebut. Desain dari penelitian ini menggunakan desain tingkat tiga variabel yang menghasilkan *running* yang sangat efisien di dalam jumlah *running* (Montgomery, 1991). Dengan demikian variasi perlakuan untuk optimasi yang seharusnya 27 variasi dapat menjadi 15 variasi saja dengan RSM.

RSM telah banyak digunakan dalam penelitian di bidang pangan antara lain untuk optimasi pembuatan saus asap cair bentuk padat (Redy, 2002) dan optimasi produksi tepung bumbu asap (Cita, 2002).

Dalam penelitian ini, optimasi metode ekstraksi karotenoid dari wortel dengan menggunakan RSM, dipelajari tiga faktor yang sangat menentukan/berpengaruh dalam ekstraksi karotenoid yaitu waktu ekstraksi, rasio bahan terhadap pelarut serta rasio sistem pelarut aseton-metanol. Ekstraksi dilakukan pada suhu kamar untuk menghindari

isomerisasi dan oksidasi (Farhangi and Valadon, 1981).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh kondisi optimum ekstraksi karotenoid dari wortel dengan variasi waktu ekstraksi, rasio bubuk wortel terhadap pelarut ekstraksi dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol.

BAHAN DAN METODE

Wortel yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Tawangmangu yang dibeli melalui pedagang di Pasar Beringharjo Yogyakarta. Bahan kimia untuk ekstraksi karotenoid adalah aseton dan metanol teknis, sedangkan bahan kimia untuk analisis karotenoid adalah petroleum eter, aseton dan natrium sulfat anhidrat dengan kualitas pro analisis (p.a.).

Penelitian yang dilakukan meliputi pembuatan bubuk wortel, ekstraksi karotenoid (Gambar 1) dan analisis total karotenoid (Gambar 2).

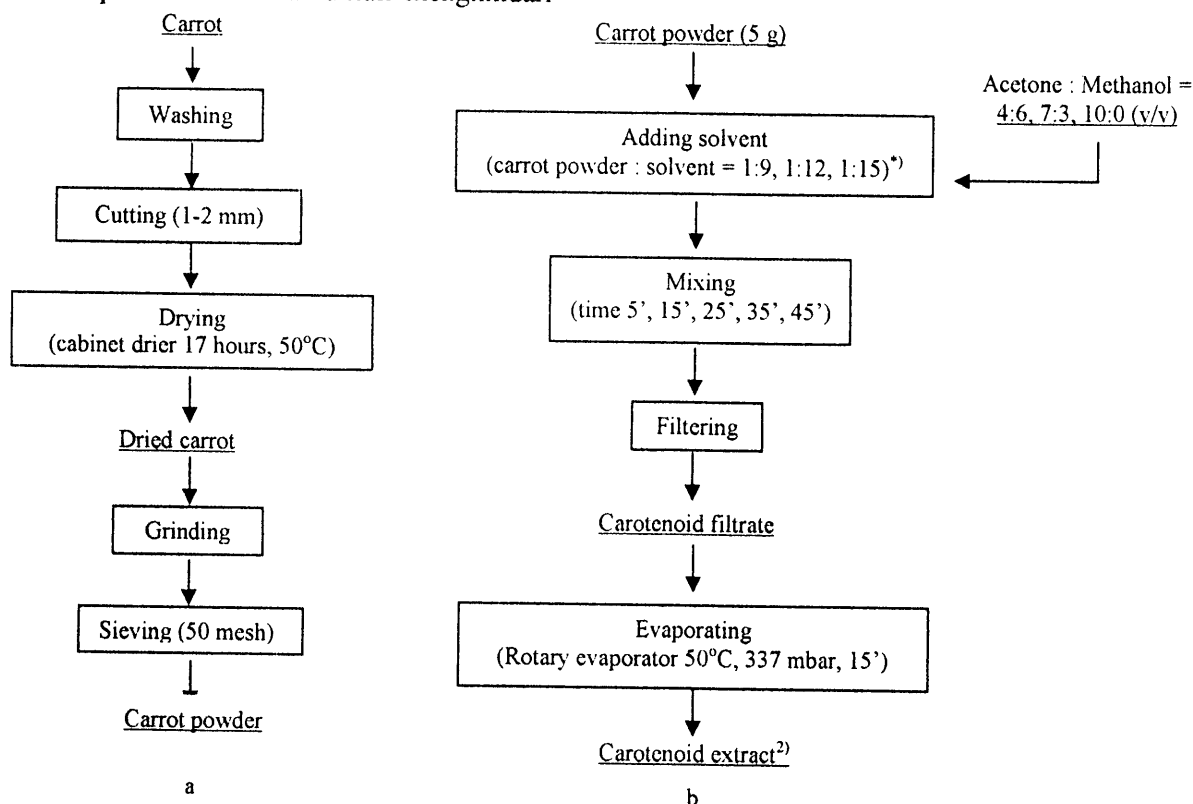


Figure 1. Research flow chart (a), Carotenoid extraction (b). ¹⁾Total carotenoid was analysed using method described by Cagampang and Rodrigues (1980). RSM was used to optimize extraction condition in research (15 variations). *Each treatment (ratio of carrot powder to solvent) was done in 3 levels of extraction: 1:9 = 1:4, 1:3, 1:2 g mL⁻¹, 1:12 = 1:5, 1:4, 1:3 g mL⁻¹, 1:15 = 1:6, 1:5, 1:4 g mL⁻¹

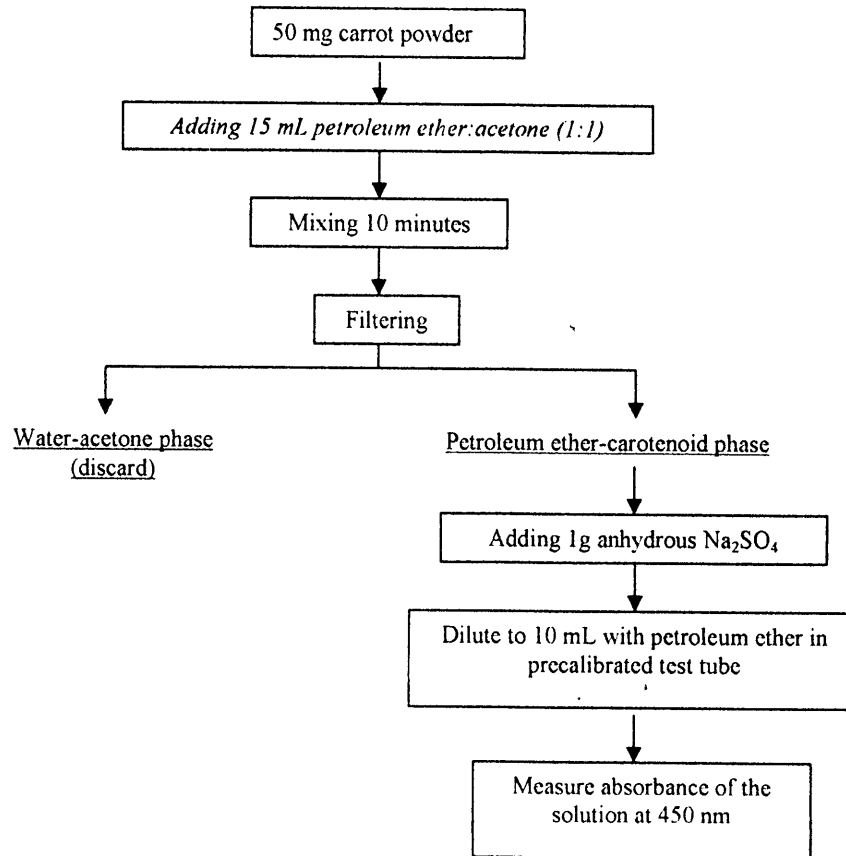


Figure 2. Analysis procedure for total carotenoid

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dipelajari tiga faktor utama yang mempengaruhi hasil ekstraksi yaitu waktu ekstraksi, rasio bahan terhadap pelarut dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol. Setiap faktor mempunyai tiga tingkat kode yaitu -1, 0, 1. Kode 0 mewakili level di setiap faktor yang memiliki nilai pengamatan mendekati titik optimum, sedangkan -1 dan 1 mewakili level disetiap faktor yang memiliki nilai pengamatan di bawah dan di atas titik optimum.

Untuk mempelajari pengaruh waktu ekstraksi, rasio bahan terhadap pelarut ekstraksi dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol, terhadap *yield carotenoid*, dilakukan penelitian yang terdiri dari tiga kondisi ekstraksi berikut:

1. Waktu berbeda, rasio bahan dan pelarut tetap, rasio aseton terhadap pelarut tetap
2. Waktu tetap, rasio bahan dan pelarut berbeda, rasio aseton dan sistem pelarut tetap

3. Waktu tetap, rasio bahan dan pelarut tetap, rasio aseton dan sistem pelarut berbeda

Pengaruh waktu ekstraksi terhadap *yield carotenoid* dapat dilihat pada Tabel 1. Total karotenoid terekstrak akan meningkat dengan semakin lamanya waktu ekstraksi sampai pada waktu ekstraksi 25 menit yang mempunyai total karotenoid terekstrak tertinggi. Akan tetapi setelah 25 menit, perpanjangan waktu ekstraksi akan menurunkan total karotenoid terekstrak.

Pada awal ekstraksi zat terlarut berada di dalam padatan, tetapi selama proses ekstraksi berlangsung zat terlarut tersebut berdifusi ke cairan pelarut sampai tercapai kondisi ekuilibrium, yaitu kondisi dimana konsentrasi zat terlarut dalam fase padatan dan larutan sama, dan tidak ada perubahan konsentrasi zat terlarut yang berarti pada kedua fase dengan waktu ekstraksi yang lebih lama (Heldman, 1980). Untuk mencapai kondisi ekuilibrium, diperlukan

waktu kontak yang cukup antara fase padatan dan pelarut (Toledo, 1999).

Dengan demikian dalam penelitian ini, pada waktu ekstraksi 25 menit konsentrasi dalam larutan dan dalam bahan sudah seimbang sehingga pelarut tidak mampu melarutkan karotenoid lagi, setelah 25 menit total karotenoid terekstrak menurun, hal ini kemungkinan disebabkan oleh terjadinya kerusakan karotenoid setelah dicapai kondisi seimbang dengan waktu ekstraksi yang lebih lama. Karotenoid mudah teroksidasi karena

banyak memiliki ikatan rangkap terkonjugasi. Reaksi tersebut dapat mengakibatkan terjadinya pemucatan warna pada karotenoid (Fennema, 1996). Karotenoid juga mudah mengalami isomerisasi dari *trans* menjadi *cis* karena panas, cahaya dan asam (Britton *et al.*, 1995; De Mann, 1985). Hasil proses isomerisasi dari bentuk *all-trans* menjadi *cis* akan menyebabkan perubahan warna (Eskin, 1979).

Table 1. Total carotenoid extracted at every level time of extraction¹⁾

Extraction time (minutes)	Carotenoid extracted (ppm) ²⁾	Code Used for RSM ³⁾
5	40.9 ^a ±2.62	-1
15	48.7 ^b ±0.79	
25	54.8 ^c ± .97	0
35	49.7 ^b ±3.12	
45	43.5 ^a ±4.55	1

- 1) Extraction was done at room temperature, using solvent system of acetone to methanol = 7:3 v/v, ratio of material to solvent = 1:12 g mL⁻¹
- 2) Carotenoid extracted counted to dehydrated carrot powder. Number followed by different letter difference significantly at α 0.05 by Tukey HSD
- 3) Code was based on carotenoid extracted results

Dari data pada Tabel 1, waktu ekstraksi yang memberikan *yield carotenoid* minimum (-1), optimum (0) dan maksimum (1) masing-masing adalah 5, 25 dan 45 menit. Hasil analisis Anova menunjukkan bahwa waktu ekstraksi 25 menit memiliki total karotenoid terekstrak yang berbeda nyata dari waktu ekstraksi 5 menit dan 45 menit.

Hasil percobaan terhadap rasio bahan banding pelarut dapat dilihat pada Tabel 2. Total karotenoid terekstrak akan meningkat dengan menurunnya rasio bahan terhadap pelarut atau meningkatnya jumlah pelarut tetapi setelah rasio bahan terhadap pelarut 1:12 g mL⁻¹ terjadi penurunan total karotenoid terekstrak. Desain dari suatu sistem ekstraksi melibatkan penentuan jumlah pelarut yang diperlukan untuk mengekstrak sejumlah tertentu bahan (Heldman, 1980). Dengan demikian, dengan semakin banyak jumlah pelarut akan makin meningkatkan jumlah ekstrak yang diperoleh sampai tercapai kondisi ekuilibrium. Akan tetapi pada penelitian ini, setelah rasio bahan terhadap pelarut 1:12 terjadi penurunan karotenoid terekstrak. Hal ini kemungkinan

karena pada rasio bahan banding pelarut = 1:15 g mL⁻¹, evaporasi dilakukan selama 20 menit untuk dapat menguapkan semua pelarut sedangkan pada rasio bahan banding pelarut 1:9 dan 1:12 g mL⁻¹, evaporasi dilakukan selama 15 menit sehingga pada rasio bahan banding pelarut 1:15 g mL⁻¹ kemungkinan terjadi kerusakan karotenoid terekstrak lebih banyak daripada rasio bahan banding pelarut 1:9 dan 1:12 g mL⁻¹.

Dari data pada Tabel 2, rasio bahan terhadap pelarut yang memberikan *yield carotenoid* minimum (-1), optimum (0) dan maksimum (1) masing-masing adalah 1:9, 1:12 dan 1:15 g mL⁻¹.

Hasil orientasi terhadap rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol dapat dilihat pada Tabel 3. Data tersebut menunjukkan total karotenoid terekstrak akan makin meningkat dengan makin meningkatnya rasio aseton terhadap sistem pelarut. Akan tetapi setelah dicapai total karotenoid terekstrak tertinggi pada rasio aseton terhadap sistem pelarut = 7:10 (v/v), total karotenoid terekstrak kemudian menurun dengan meningkatnya rasio aseton terhadap sistem pelarut. Hal ini karena

bahan-bahan dan senyawa kimia akan mudah larut dalam bahan pelarut yang sama polaritasnya dengan bahan yang akan dilarutkan (Slamet Sudarmadji *et al.*, 1996). Karoten larut dalam pelarut yang polaritasnya rendah dan xantofil larut dalam pelarut yang polaritasnya lebih tinggi (Britton *et al.*, 1995), sedangkan karotenoid

yang terdapat dalam wortel adalah α -karoten, β -karoten, γ -karoten, xantofil, dan dua hidrokarbon yang belum diketahui komposisinya (Meyer, 1960). Dengan demikian diperlukan suatu sistem pelarut dengan polaritas tertentu untuk dapat mengekstrak karotenoid dalam wortel secara optimal.

Table 2. Total carotenoid extracted at every level ratio of carrot powder to solvent system¹⁾

Carrot powder : Solvent (g.mL ⁻¹)	Carotenoid extracted (ppm) ²⁾	Code Used for RSM ³⁾
1:9	41.5 ^b ± 1.59	-1
1:12	54.8 ^a ± 0.97	0
1:15	45.4 ^b ± 2.05	1

- 1) Extraction was done at room temperature for 25 minutes, using solvent system of acetone to methanol = 7:3 v/v. Ratio of carrot powder to solvent for each treatment was done in 3 levels of extraction: 1:9 = 1:4, 1:3, 1:2; 1:12 = 1:5, 1:4, 1:3; 1:15 = 1:6, 1:5, 1:4 g mL⁻¹
- 2) Carotenoid extracted counted to dehydrated carrot powder. Number followed by different letter difference significantly at α 0.05 by Tukey HSD
- 3) Code was based on carotenoid extracted results

Table 3. Total carotenoid extracted at every level ratio of acetone to acetone-methanol solvent system¹⁾

Acetone : Solvent system (v/v)	Carotenoid extracted (ppm) ²⁾	Code used for RSM ³⁾
4:10	42.1 ^b ± 2.58	-1
7:10	54.8 ^a ± 0.97	0
10:10	41.2 ^b ± 2.89	1

- 1) Extraction was done at room temperature for 25 minutes, using ratio of material to solvent = 1:12 g mL⁻¹
- 2) Carotenoid extracted counted to dehydrated carrot powder. Number followed by different letter difference significantly at α 0.05 by Tukey HSD
- 3) Code was based on carotenoid extracted results

Dari data pada Tabel 3, ditentukan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol yang memberikan *yield carotenoid* minimum (-1), optimum (0) dan maksimum (1) masing-masing adalah 4:10, 7:10 dan 10:10 (v/v).

Berdasarkan nilai kode masing-masing faktor, dilakukan optimasi kondisi ekstraksi karotenoid dari wortel menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mengetahui titik optimum. Total karotenoid terekstrak yang diperoleh pada berbagai waktu ekstraksi, rasio bahan terhadap pelarut dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol untuk analisis RSM disajikan pada Tabel 4.

Dari hasil analisis RSM dengan perhitungan statistik diperoleh persamaan polinomial orde dua yaitu :

$$Y = 23,80 + 0,55X_1 + 1,25X_2 - 0,75X_3 - 2,37X_1^2 - 0,075X_2^2 - 0,575X_3^2 - 1,05X_1X_2 - 0,25X_1X_3 - 1,35X_2X_3$$

Y = karotenoid total terekstrak

X₂ = rasio bahan terhadap pelarut

X₁ = waktu ekstraksi

X₃ = rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol

Setelah dilakukan analisis dengan RSM diperoleh hasil seperti pada Tabel 5. Nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,955 (> 0,5), menunjukkan bahwa persamaan polinomial orde dua tersebut dapat diterima (Singgih Santoso, 2001).

Table 4. Total carotenoid extracted by variations of extraction time, ratio of carrot powder to solvent and ratio of acetone to solvent system for RSM¹⁾

No	Extraction time (min)		Carrot powder : solvent (g mL ⁻¹)		Acetone:solvent system (v/v) ²⁾		Carotenoid extracted (ppm) ³⁾
1	45	(1)	1:15	(1)	7:10	(0)	21.6
2	45	(1)	1:9	(-1)	7:10	(0)	21.6
3	5	(-1)	1:15	(1)	7:10	(0)	23.2
4	5	(-1)	1:9	(-1)	7:10	(0)	19.0
5	45	(1)	1:12	(0)	10:10	(1)	21.2
6	45	(1)	1:12	(0)	4:10	(-1)	22.2
7	5	(-1)	1:12	(0)	10:10	(1)	20.0
8	5	(-1)	1:12	(0)	4:10	(-1)	20.0
9	25	(0)	1:15	(1)	10:10	(1)	22.0
10	25	(0)	1:15	(1)	4:10	(-1)	27.2
11	25	(0)	1:9	(-1)	10:10	(1)	21.8
12	25	(0)	1:9	(-1)	4:10	(-1)	21.6
13	25	(0)	1:12	(0)	7:10	(0)	22.8
14	25	(0)	1:12	(0)	7:10	(0)	23.8
15	25	(0)	1:12	(0)	7:10	(0)	24.8

1) Data succession based on input data succession in analysis RSM

2) Ratio of acetone:solvent system was used because input data to RSM need the data which has same numerator or same denominator

3) Carotenoid total extracted counted to dehydrated carrot powder

Table 5. Optimization of carotenoid extraction from carrot by RSM

Results	Values
Correlation coefficient (r)	0.955
Extraction time optimum (minutes)	32.21
Ratio of carrot powder : solvent optimum (g mL ⁻¹)	1 : 8.12
Ratio of acetone : solvent system optimum (v/v)	9.37 : 10
Carotenoid extracted maximum (ppm*)	23.80

* Carotenoid extracted counted to dehydrated carrot powder

Level-level untuk masing-masing faktor yang memberikan *yield* optimum dari analisis RSM berbeda dengan level masing-masing faktor yang memberikan *yield* optimum (kode 0) yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan percobaan yang dilakukan, yaitu waktu ekstraksi 25 menit, rasio bahan terhadap pelarut 1:12 g mL⁻¹, dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol 7:10 (v/v). Bahkan untuk rasio bahan terhadap pelarut, titik optimum yang dihasilkan dari perhitungan dengan RSM berada di bawah titik minimum yang ditetapkan pada percobaan. Hal ini terjadi karena kisaran nilai kode yang ditentukan terlalu sempit sehingga nilai optimum melewati kode (-1) nya atau dengan kata lain pendugaan awal saat orientasi tidak tepat dan

terlalu sempit sehingga titik optimum berada di luar pendugaan. Kondisi proses yang menggunakan titik-titik optimum hasil analisis RSM akan menghasilkan ekstrak dengan total karotenoid terekstrak sebesar 23,80 ppm dari berat bubuk wortel kering. Untuk mengetahui nilai-nilai optimum berada pada puncak maksimum, minimum atau *saddle*, maka dilakukan analisis persamaan kanonis. Persamaan kanonis yang diperoleh adalah sebagai berikut :

$$Y = 23,80 - 2,5284W_1^2 - 0,9391W_2^2 + 0,4425W_3^2$$

Y = total karotenoid terekstrak

W₁ = nilai eigen dari waktu ekstraksi berdasarkan data terkode

W₂ = nilai eigen dari rasio bahan terhadap pelarut

W₃ = nilai eigen dari rasio aseton terhadap sistem pelarut

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa koefisien persamaan kanonis bertanda (-) dan (+). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi optimum bersifat *saddle* seperti terlihat pada *contour plot* dan *surface plot* yang ditampilkan pada Gambar 2, 3 dan 4.

Pada Gambar 2 garis-garis kontour menunjukkan respon terhadap hubungan antara waktu ekstraksi dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol yang dinyatakan sebagai karotenoid terekstrak (ppm). Waktu ekstraksi 32,21 menit (Tabel 5) dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol 9,37:10 (v/v) (Tabel 5) menghasilkan titik sedikit di luar daerah stasioner maksimum.

Gambar 3 menyatakan respon terhadap hubungan antara waktu ekstraksi dan rasio

bahan terhadap pelarut. Dari gambar terlihat bahwa waktu ekstraksi 32,21 menit (Tabel 5) dan rasio bahan terhadap pelarut 1:8,12 g mL⁻¹ (Tabel 5) menghasilkan titik di luar daerah stasioner, hal ini karena daerah optimum berupa *saddle* yang memungkinkan titik optimum lebih dari satu.

Demikian pula dengan Gambar 4 yang menyatakan respon terhadap hubungan antara rasio bahan terhadap pelarut dan rasio aseton terhadap sistem pelarut. Rasio bahan terhadap pelarut 1:8,12 g mL⁻¹ (Tabel 5) dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-metanol 9,37:10 (v/v) (Tabel 5) menghasilkan titik di luar daerah stasioner, hal ini karena daerah optimum berupa *saddle*.

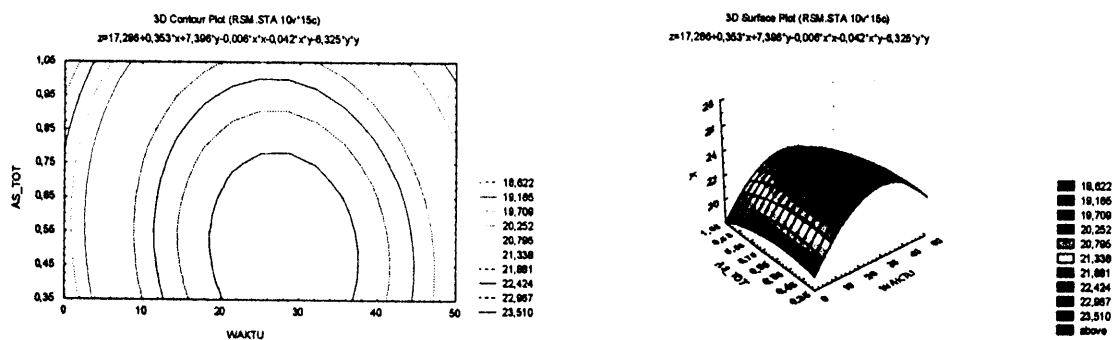


Figure 3. Contour Plot and Surface Plot of Time Versus Ratio of Acetone in Solvent System (Acetone-Methanol) at Material : Solvent of 1 : 8.12 g mL⁻¹

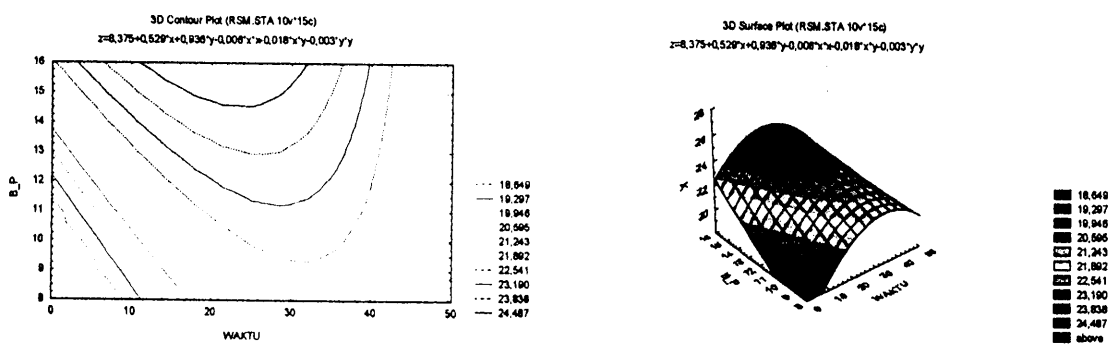


Figure 4. Contour Plot and Surface Plot of Time Versus Ratio of Material to Solvent at Acetone : Solvent System of 9.37 : 10 (v/v)

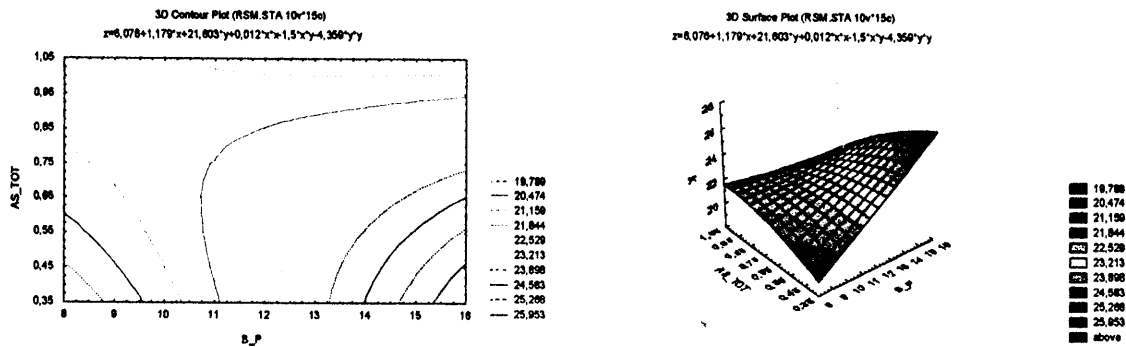


Figure 5. Contour Plot and Surface Plot of Ratio of Material to Solvent Versus Ratio of Acetone in Solvent System at Time Extraction of 32.21 minutes

Pada Gambar 2. terlihat bahwa hubungan antara waktu ekstraksi dan rasio aseton terhadap sistem pelarut memiliki daerah stasioner yang maksimum, akan tetapi hubungan antara rasio bahan terhadap pelarut dengan waktu ekstraksi (Gambar 3), dan hubungan antara rasio bahan terhadap pelarut dengan rasio aseton terhadap sistem pelarut (Gambar 4), daerah optimum berbentuk *saddle*. Berdasarkan analisis di atas maka kesalahan kemungkinan terdapat pada penentuan kisaran kode (titik -1, 0, 1) variabel rasio bahan terhadap pelarut ekstraksi. Dalam *Response Surface Methodology*, penentuan nilai dari kode -1, 0 dan 1 harus benar-benar diperhatikan untuk mendapatkan titik optimum. Menurut Ria Armunanto (2000), pemilihan data yang terkode 0, yaitu kode yang mewakili data yang mendekati titik optimum, menjadi sangat penting, karena pergeseran yang besar dalam memprediksi data ini dapat mengakibatkan tidak ditemukannya titik optimum.

KESIMPULAN

Analisis menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) pada ekstraksi karotenoid dari wortel, dengan kisaran kode -1, 0, 1 masing-masing untuk variabel waktu ekstraksi (5, 25, 45 menit), rasio bahan terhadap pelarut (1:9, 1:12, 1:15 g mL⁻¹) dan rasio aseton dalam sistem pelarut aseton-metanol (4:10, 7:10, 10:10 (v/v)) menghasilkan kondisi ekstraksi optimum dengan waktu ekstraksi 32,21 menit, rasio bahan terhadap pelarut 1:8,12 g mL⁻¹ dan rasio aseton terhadap sistem pelarut aseton-

metanol sebesar 9,37:10 (v/v) yang menghasilkan ekstrak dengan total karotenoid sebesar 23,80 ppm terhadap bubuk wortel kering.

Kondisi di atas masih dapat diperbaiki dengan memperbaiki penentuan kisaran kode (titik -1, 0, 1) untuk variabel rasio bahan (bubuk wortel) terhadap pelarut ekstraksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan dalam penelitian ini, terutama kepada Dr.Kapti Rahayu Kuswanto, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada atas izin penelitian yang telah diberikan, Dr.Pudji Hastuti yang telah memberikan banyak masukan selama penelitian serta semua teknisi laboratorium di lingkungan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian UGM Yogyakarta yang telah membantu dan membimbing selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Dirjen Gizi Depkes RI (1981) Daftar Komposisi Bahan Makanan. Penerbit Bhratara Karya Aksara Jakarta.
- Bambang Cahyono (2002) Wortel: Teknik, Budidaya dan Analisis Usaha Tani. Penerbit Kanisius Yogyakarta.
- Britton G, Jensen SL, Pfander H (1995) Carotenoids Volume 1A: Isolation and Analysis. Birkhauser Verlag Berlin.
- Cagampang BG, Rodrigues FM (1980) Methods of Analysis for Screening

- Crops of Approximate Qualities. Analytical Services Laboratory Institute of Plant Breeding UPLB.
- Cita TA (2002) Aplikasi RSM untuk Optimasi Produksi Tepung Bumbu Asap. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- De Man JM (1985) Kimia Makanan. Penerbit ITB Bandung.
- Eskin NAM (1979) Plant Pigments, Flavors and Textures: The Chemistry and Biochemistry of Selected Compounds. Academic Press London.
- Farhangi M, Valadon LRG (1981) Effect of Acidified Processing and Storage on Carotenoids (Provitamin A) and Vitamin C in Mung Bean Sprouts. *J Food Sci* 46:1464-1466.
- Fennema OR (1996) Food Chemistry. Marcel Dekker Inc New York.
- Heldman DR (1980) Food Process Engineering. AVI Publishing Company Inc Westport Connecticut.
- Hutchings JB (1994) Food Colour and Appearance. Blackie Academic and Professional London.
- Kotecha PM, Desai BB, Madhavi DL (1998) Carrot. Dalam: Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing. Salunkhe DK, Kadam SS (ed), Marcel Dekker Inc New York.
- Meyer LH (1960) Food Chemistry. Reinhold Publishing Corporation New York.
- Mochamad Adnan (1972) Lecture Notes on Unit Operations in Food Processing. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM Yogyakarta.
- Montgomery DC (1991) Design and Analysis of Experiments 2nd Edition. John Wiley and Sons New York.
- Redy AC (2002) Aplikasi RSM untuk Optimasi Proses Pembuatan Saus Asap Cair bentuk Padat. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta.
- Ria Armunanto (2001) Analisis RSM. Disampaikan pada Kursus singkat RSM tgl. 22 September 2001 di Jurusan PHP Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta.
- Singgih Santoso (2001) Buku Latihan SPSS Statistik Parametrik. PT Elex Media Komputindo Jakarta.
- Slamet Sudamadji, Bambang Haryono, Suhardi (1996) Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty Yogyakarta.
- Suyitno (1989) Petunjuk Laboratorium Rekayasa Pangan. Pusat Antar Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Toledo RT (1999) Fundamentals of Food Process Engineering. Aspen Publishers Inc Gaithersburg Maryland.
- Tranggono (1988) Bahan Tambahan Pangan (Food Additives). Pusat Antar Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.