

## PERUBAHAN KANDUNGAN KAROTEN DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN PADA WORTEL (*Daucus carota*) SELAMA PROSES PEREBUSAN

*Haniel Yudiar, Lindayani, Probo Y. Nugrahedhi*

*Program Magister Teknologi Pangan - Unika Soegijapranata Semarang*

### ABSTRACT

*Health is one of the main factors contributing to the quality of life. Good health is resulted from various factors, including the quality and quantity of food intake. Many researches show that nutritional factors contribute in the prevention of degenerative diseases, such as heart disease and cancer. Carrot is one kind of root vegetables that widely consumed, contains health promoting compounds, particularly carotenoids. Boiling is one of carrot processing methods usually done at household level. The boiling of carrot was supposed to influence carotene content of carrot and therefore would change its antioxidant activity. The aim of this study was to study the changes of carotene content and antioxidant activity of carrot during boiling process. The carotene content and antioxidant activity were analyzed by open-column chromatography (OCC) followed by spectrophotometer and by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods, respectively. This study found that carrot boiled for 24-30 minutes had the highest antioxidant activity, and more than 30 minutes of boiling, the antioxidant activity was decreased. In order to get the highest carotene content and antioxidant activity of boiled carrot (with usual shape made in household processing, which is cross-sectional slices with 2-4 mm thickness), the boiling time therefore should be 24-30 minutes.*

*Keywords: carrot, carotene, antioxidant activity, boiling process*

### PENDAHULUAN

Kualitas hidup seseorang ditentukan oleh berbagai faktor yang saling mempengaruhi. Menurut *Calvert-Henderson Quality of Life Indicators* (2000) dalam *Flynn et al.* (2002), salah satu indikator kualitas hidup adalah kesehatan. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kualitas kesehatan seseorang adalah jumlah dan kualitas makanan yang dikonsumsi.

Berbagai penemuan menunjukkan bahwa nutrisi berpengaruh terhadap perkembangan otak, perilaku, kemampuan bekerja, produktivitas dan daya tahan tubuh terhadap penyakit. Faktor-faktor nutrisi juga diketahui berperan dalam pencegahan dan pengobatan terhadap penyakit-penyakit degeneratif seperti penyakit jantung, diabetes mellitus, hati dan kanker. Di bidang teknologi pangan, penelitian-penelitian tentang cara mengolah bahan pangan dikaitkan dengan nutrisinya, fortifikasi bahan pangan dengan zat-

zat gizi esensial, dan pemanfaatan sifat bahan-bahan pangan tertentu dalam pengolahannya banyak dilakukan dalam upaya pemenuhan terhadap kebutuhan pangan yang terus meningkat (Almatsier, 2001).

Wortel (*Daucus carota* L.) merupakan salah satu jenis sayuran umbi dan dikenal masyarakat sebagai sumber vitamin A. Wortel mengandung senyawa-senyawa karotenoid, terutama  $\beta$ -karoten, yang merupakan prekursor vitamin A atau provitamin A, yang dapat juga berfungsi sebagai antioksidan (Bidlack & Wang, 2000). Kandungan beberapa nutrisi dalam wortel dapat dilihat pada Tabel 1.

Karotenoid dijumpai secara luas dalam kloroplas jaringan hijau tumbuhan; berbagai jenis buah dan bunga yang berwarna merah, oranye dan kuning; dan juga beberapa jenis umbi seperti wortel dan ubi jalar (Britton, 1996). Senyawa karotenoid diklasifikasikan menjadi dua golongan. Golongan pertama adalah hidrokarbon karotenoid, disebut juga karoten, misalnya likopen dan  $\alpha$ -karoten. Golongan kedua adalah derivat karotenoid yang teroksidasi atau mengandung gugus oksigen (misalnya gugus hidroksi, keto, epoksi, metoksi atau asam karboksilat), disebut juga xantofil, misalnya lutein dan zeaxantin (Britton, 1996; Paiva & Russell, 1999).

Karotenoid dapat berfungsi sebagai antioksidan yang mempunyai kemampuan melawan *singlet oxygen* dan berinteraksi dengan radikal bebas (Paiva & Russell, 1999; Rodriguez-Amaya *et al.*, 2006), sehingga karotenoid dapat digunakan sebagai antioksidan alami dalam bahan pangan, misalnya pada minyak nabati (Davidek *et al.*, 1990). Selain dapat berfungsi sebagai antioksidan dalam bahan pangan, senyawa-senyawa karotenoid juga dapat berfungsi sebagai antioksidan bagi tubuh manusia yang mengkonsumsinya. Nishino *et al.* (2000)

melaporkan bahwa senyawa-senyawa karotenoid memiliki efek anti-karsinogenik dan mampu menekan pembentukan tumor. Efek protektif tersebut berkaitan dengan adanya senyawa-senyawa antioksidan yang bereaksi secara langsung dengan oksidan-oksidan yang reaktif, menghasilkan senyawa-senyawa yang memiliki reaktivitas jauh lebih rendah sehingga memiliki efek protektif terhadap kerusakan oksidatif (Eastwood, 1999; Svilaas *et al.*, 2004).

Beberapa jenis senyawa karotenoid juga memiliki fungsi sebagai provitamin A atau prekursor vitamin A. Senyawa karotenoid yang memiliki aktivitas terbaik sebagai provitamin A adalah  $\beta$ -karoten. Dalam proses biokimiawi,  $\beta$ -karoten sebagai provitamin A menghasilkan dua molekul vitamin A. Senyawa karotenoid lainnya yang memiliki setengah struktur yang identik dengan  $\beta$ -karoten, misalnya  $\alpha$ -karoten, berfungsi sebagai prekursor satu molekul vitamin A. Senyawa-senyawa karotenoid lain yang juga memiliki aktivitas sebagai provitamin A misalnya adalah  $\gamma$ -karoten dan  $\beta$ -cryptoxanthin. Beberapa jenis karotenoid lainnya seperti lutein dan likopen tidak memiliki aktivitas sebagai provitamin A (Bushway & Wilson, 1982; Francis, 1985; Lee *et al.*, 1989).

Wortel dikonsumsi oleh manusia melalui berbagai macam bentuk pengolahan. Pada tingkat rumah tangga dan usaha di bidang penyediaan makanan siap konsumsi, wortel diolah dengan berbagai proses pemasakan, seperti perebusan, pengukusan dan penumisan, baik sebagai bagian dalam hidangan utama (misalnya sup, masakan sayur, acar, *steak* dan makanan bayi), maupun sebagai bahan dalam beberapa jenis makanan (misalnya kroket dan risoles). Pengolahan wortel secara minimal juga dapat dilakukan seperti dalam preparasi salad dan jus. Pada tingkat industri, wortel telah diolah menjadi

berbagai bentuk pangan olahan, seperti minuman kesehatan, wortel beku dan wortel kering sebagai komponen campuran dalam produk sup instan, pelengkap mi instan, makanan instan untuk bayi dan lain sebagainya.

Proses pengolahan dapat mempengaruhi dan merusak senyawa-senyawa antioksidan dalam sayuran melalui berbagai proses pemanasan dan separasi yang dapat menyebabkan terjadinya oksidasi, degradasi termal dan reaksi-reaksi lainnya yang cenderung menurunkan kandungan antioksidan dalam pangan olahan dibandingkan dengan bahan segarnya. Namun proses pengolahan dapat juga menyebabkan disosiasi senyawa-senyawa antioksidan, misalnya karotenoid, dari komponen-komponen matriks tumbuhan sehingga meningkatkan kandungan antioksidan karotenoid, dan meningkatkan absorpsi digestifnya (Kalt, 2005).

Perebusan merupakan salah satu bentuk pengolahan wortel yang banyak dilakukan oleh masyarakat di tingkat rumah tangga. Berdasarkan adanya dugaan perubahan kandungan karoten dalam wortel selama proses perebusan, maka perlu dikaji perubahan kandungan karoten dan aktivitas antioksidannya. Dengan demikian, dapat diperoleh gambaran mengenai perubahan yang terjadi pada kandungan karoten dan aktivitas antioksidan dalam wortel selama proses perebusan serta dapat diberikan saran mengenai waktu perebusan wortel terkait dengan aktivitas antioksidannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kandungan karoten dan aktivitas antioksidan pada wortel selama proses perebusan.

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan mulai September 2008 sampai dengan Januari 2009 di Laboratorium Ilmu Pangan dan Laboratorium Rekayasa Proses

Pangan di Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang.

### Materi

Wortel (*Daucus carota* L.) yang digunakan dalam penelitian adalah wortel lokal dalam keadaan segar yang diperoleh dari pasar swalayan. Bahan-bahan kimia yang digunakan meliputi aseton, heksana, aquades dan metanol (*gradient grade for liquid chromatography*) sebagai pelarut dan pencuci; *Cellite 545*, MgO dan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai bahan pengisi kolom pemisah; serta MgCO<sub>3</sub>, *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) dan β-karoten.

Peralatan yang digunakan untuk preparasi sampel wortel antara lain *blender* untuk menghancurkan sampel wortel. Peralatan untuk analisa meliputi neraca analitik, cawan porselin dan oven untuk analisa kadar air; *UV-Vis spectrophotometer* (*Shimadzu 1240*) untuk penentuan absorbansi; serta *magnetic stirrer*, labu erlenmeyer, labu pemisah, pompa vakum, kolom pemisah dan *orbital shaker* (*Stuart SSL1*).

### Metode

Penelitian dilakukan dalam 2 tahap yaitu :

1. Penelitian pendahuluan

Perlakuan perebusan wortel dilakukan sebanyak 2 *batch*, dan pengambilan sampel dilakukan pada 12 titik waktu perebusan, yaitu pada menit perebusan ke-0 (segar), 6, 12, 18, 24, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120. Analisa yang dilakukan terhadap sampel meliputi penentuan kadar air, penentuan kandungan karoten dan penentuan aktivitas antioksidan. Hasil penelitian (Tabel 2) selanjutnya digunakan untuk menentukan titik-titik waktu



pengambilan sampel pada perebusan wortel yang dilakukan pada penelitian lanjutan.

## 2. Penelitian lanjutan

Perlakuan perebusan wortel dilakukan sebanyak 3 *batch* (perbandingan wortel dan air sekitar 500 g wortel dalam 5 liter air). Pengambilan sampel dilakukan pada 9 titik waktu perebusan, yaitu pada menit perebusan ke-0 (segar), 6, 12, 18, 24, 30, 40, 50 dan 60. Analisa yang dilakukan terhadap sampel meliputi penentuan kadar air, penentuan kandungan karoten dan penentuan aktivitas antioksidan.

### Pengolahan dan Preparasi Sampel

Wortel dikupas dan dicuci bersih, ditiriskan kemudian diiris melintang dengan ketebalan sekitar 2-4 mm. Irisan wortel dimasukkan dalam air mendidih dan direbus (suhu antara 95-105°C). Pengambilan sampel dilakukan pada titik-titik waktu yang telah ditentukan. Selanjutnya, sampel wortel dihancurkan dengan mesin *blender* hingga halus dan homogen. Sampel yang telah halus dan homogen digunakan untuk penentuan kadar air, penentuan kandungan karoten dan penentuan aktivitas antioksidan.

### Penentuan Kadar Air

Sampel wortel sebanyak 4-6 g diletakkan di atas cawan porselin yang sebelumnya telah diberi kode, dikeringkan dalam oven bersuhu 101-105°C hingga mencapai berat konstan dan dicatat berat keringnya. Selisih berat merupakan berat air yang teruapkan. Dari hasil perhitungan, dapat diketahui kadar air (%) dan kadar solid (%) yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan dalam penentuan kadar karoten secara *dry basis*

(James, 1995). Penentuan kadar air dilakukan sebanyak 3 ulangan tiap sampel.

### Penentuan Kandungan Karoten

Sampel diambil sebanyak 2-5 g dan diekstrak dengan 40 ml aseton, 60 ml heksana dan 0,1 g  $MgCO_3$  menggunakan *magnetic stirrer* di dalam labu erlenmeyer 250 ml selama 5 menit. Setelah itu residu didiamkan hingga mengendap, kemudian fraksi cair disaring dan dituang dalam labu pemisah. Residu dicuci 2 kali masing-masing dengan 25 ml aseton, kemudian dicuci dengan 25 ml heksana, dan setelah itu semua ekstrak yang diperoleh disaring dan digabungkan dalam labu pemisah. Aseton dari ekstrak di dalam labu pemisah dihilangkan dengan pencucian dengan 5 kali 100 ml air. Setelah itu lapisan atas dipindahkan dalam labu takar 100 ml yang telah berisi 9 ml aseton, kemudian diencerkan hingga tanda tera dengan heksana.

Pemisahan karoten dari pigmen-pigmen lain yang mungkin ada dalam ekstrak dilakukan dengan metode *open-column chromatography* (OCC) menggunakan kolom berbentuk tabung dari kaca dengan diameter sekitar 3 cm yang di bagian dasarnya berisi *glasswool* dan bagian atasnya berisi bahan adsorben berupa campuran magnesium oksida dan *Cellite 545* (1:1) setinggi sekitar 10 cm. Permukaan campuran magnesium oksida dan *Cellite* tersebut dilapisi dengan  $Na_2SO_4$  setebal sekitar 1 cm. Bagian bawah kolom dihubungkan dengan labu erlenmeyer 250 ml dan selang yang dihubungkan dengan pompa vakum. Ekstrak dilewatkan melalui kolom tersebut dan ditampung dalam labu takar 100 ml dan ditepatkan hingga tanda tera dengan larutan aseton-heksana (1:9). Selanjutnya ekstrak yang diperoleh dapat diukur kandungan karotennya dengan metode spektrofotometri.

Sampel diukur absorbansinya dengan *UV-Vis Spectrophotometer* pada panjang gelombang 436 nm. Konsentrasi karoten dalam sampel ditentukan berdasarkan kurva standar yang dibuat dengan larutan standar  $\beta$ -karoten menggunakan pelarut aseton-heksana (1:9). Selanjutnya konsentrasi karoten dapat dinyatakan dalam mg  $\beta$ -karoten per 100 g bahan basah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} & \text{mg } \beta\text{-karoten per 100 g bahan basah} \\ & = (\mu\text{g karoten per ml yang terbaca dari kurva} \\ & \quad \text{standar}) \times P \times 100 \text{ g} \\ & \quad \text{g berat sampel} \times 1000 \mu\text{g/mg} \end{aligned}$$

di mana P = volume pengenceran saat ekstraksi = 100 ml

**(AOAC, 1995, dimodifikasi)**

Dengan menggunakan kadar solid (%) yang diketahui dari hasil penentuan kadar air, kandungan karoten yang dinyatakan dalam mg  $\beta$ -karoten per 100 g bahan basah dikonversi menjadi mg  $\beta$ -karoten per 100 g bahan kering (*dry basis*).

**Penentuan Aktivitas Antioksidan**

Sampel ditimbang sekitar 75 mg, kemudian dimasukkan dalam labu erlenmeyer 100 ml bersama dengan 50 ml larutan *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) 101  $\mu$ M dengan pelarut 50% metanol dalam air. Sampel diinkubasi di atas *orbital shaker* dengan kecepatan 125 rpm selama 4 jam dalam kondisi gelap pada suhu ruang. Setelah waktu inkubasi selesai, campuran tersebut disaring dan diukur absorbansinya dengan *UV-Vis Spectrophotometer* pada panjang gelombang 515 nm. Sebagai blanko, digunakan larutan DPPH yang sama tanpa penambahan sampel dengan kondisi inkubasi yang sama (Miller *et al.*, 2000, dimodifikasi).

Data hasil pengukuran absorbansi dikonversi menjadi data aktivitas antioksidan, yang dinyatakan dalam persentase, yang dihitung dengan rumus:

$$[(A_0 - A_c) / A_0] \times 100,$$

di mana  $A_0$  = absorbansi blanko;  $A_c$  = absorbansi sampel (Molyneux, 2004).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan (Gambar 1), diketahui bahwa setelah perebusan wortel selama 60 menit, kandungan karoten dan aktivitas antioksidan relatif tidak lagi mengalami banyak perubahan, sehingga pada penelitian lanjutan, perebusan wortel dilakukan hingga menit ke-60. Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa kandungan karoten mengalami perubahan yang signifikan seiring dengan semakin lamanya waktu perebusan. Kandungan karoten mengalami peningkatan selama perebusan mulai dari menit ke-0 yaitu  $127,92 \pm 11,71$  hingga menit ke-30 yaitu  $296,80 \pm 20,33$  mg  $\beta$ -karoten / 100 g *dry basis*, dan selanjutnya kandungan karoten tidak mengalami perubahan yang signifikan (Gb.2).

Panas dari proses perebusan wortel mengakibatkan terjadinya pelunakan atau pemecahan dinding sel serta mendenaturasi protein-protein yang berikatan dengan senyawa-senyawa karotenoid, sehingga terjadi disosiasi atau pelepasan senyawa-senyawa karotenoid dari jaringan matriksnya (Kalt, 2005; Rodriguez-Amaya *et al.*, 2006). Hal tersebut terlihat pada hasil analisa yang menunjukkan adanya peningkatan kandungan karoten pada wortel selama proses perebusan (Tabel 2).

Peningkatan kandungan karoten akibat terlepasnya karoten dari matriksnya didukung hasil analisa aktivitas antioksidan yang menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan mengalami peningkatan selama proses

perebusan. Aktivitas antioksidan mengalami peningkatan mulai dari awal perebusan yaitu  $15,88 \pm 2,83$  % hingga mencapai nilai tertinggi pada menit ke-24 yaitu  $27,52 \pm 4,98$  % (Tabel 2, Gambar 3). Dengan demikian, manfaat konsumsi wortel bagi tubuh akan meningkat karena aktivitas antioksidan mengalami peningkatan. Di samping itu, karotenoid akan lebih mudah diserap oleh tubuh sehingga bioavailabilitasnya akan meningkat (Dutta *et al.*, 2005).

Mekanisme serupa juga terjadi pada komoditas yang lain seperti bayam dan tomat. Menurut Rock *et al.* (1998) dalam Dutta *et al.* (2005), pemasakan wortel dan bayam menyebabkan terjadinya peningkatan bioavailabilitas  $\beta$ -karoten. Stahl & Sies (1992) dalam Paiva & Russell (1999) menyebutkan bahwa mekanisme serupa juga terjadi pada likopen dalam tomat. Penyerapan likopen terjadi lebih baik pada sari buah tomat yang dipanaskan dibandingkan dengan sari buah tomat yang tidak mengalami pemanasan.

Kandungan karoten dan aktivitas antioksidan cenderung stabil dan tidak menunjukkan perubahan yang signifikan lagi setelah menit ke-40 (Tabel 2). Pola ini diduga terjadi karena tidak lagi adanya pelepasan karoten dari matriksnya akibat perusakan matriks dan terlepasnya karoten telah terjadi secara menyeluruh. Dengan demikian, kandungan karoten dalam wortel dan aktivitas antioksidannya cenderung stabil.

Hasil analisa pada sampel yang diambil setelah menit perebusan ke-30 menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan cenderung mengalami penurunan, sedangkan kandungan karoten cenderung stabil. Penurunan aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa telah terjadi perusakan terhadap senyawa-senyawa yang memiliki sifat sebagai antioksidan akibat proses perebusan yang mengakibatkan kehilangan atau

penurunan kemampuannya sebagai antioksidan (Dutta *et al.*, 2005; Kalt, 2005).

Oksidasi menyebabkan terjadinya penurunan aktivitas antioksidan karotenoid. Oksidasi non-enzimatis umumnya memiliki fase *lag* yang diikuti dengan penurunan yang cepat (Rodriguez-Amaya *et al.*, 2006). Pada penelitian ini, akibat dari reaksi oksidasi karoten mulai tampak secara nyata setelah karoten terlepas dari matriksnya secara menyeluruh karena proses perebusan (mulai menit ke-24). Waktu perebusan menit ke-24 hingga ke-30 merupakan fase *lag* dan terjadinya penurunan aktivitas antioksidan dimulai setelah menit perebusan ke-30 (Tabel 2).

Degradasi karotenoid dalam bahan pangan merupakan sesuatu yang kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya sifat dan komposisi bahan pangan, serta proses pengolahan yang dilakukan. Mekanisme dari oksidasi karotenoid belum diketahui secara lengkap (Rodriguez-Amaya *et al.*, 2006). Oksidasi dapat terjadi baik pada karotenoid dalam bentuk isomer *trans* maupun *cis*, yang dapat diikuti dengan reaksi-reaksi selanjutnya yang pada akhirnya menghasilkan senyawa-senyawa dengan massa molekul yang rendah. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna dan penurunan aktivitas biologis karotenoid (Rodriguez-Amaya, 2001; Rodriguez-Amaya *et al.*, 2006). Dengan adanya pemanasan, dapat terjadi reaksi isomerisasi dan oksidasi sehingga terjadi pembentukan isomer *cis* dan senyawa-senyawa hasil oksidasi yang memiliki jumlah ikatan rangkap yang lebih sedikit sehingga aktivitas antioksidannya menurun (Foote *et al.*, 1970 dalam Dutta *et al.*, 2005).

Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kandungan karoten cenderung stabil setelah menit perebusan ke-30 namun terjadi penurunan

aktivitas antioksidan diduga disebabkan oleh senyawa-senyawa karoten yang telah terlepas dari matriksnya mengalami perubahan struktur (Gambar 3) dan mengalami penurunan aktivitas antioksidan, tetapi derivat-derivat karoten tersebut tetap terbaca sebagai bagian dari total karoten dalam analisa yang dilakukan. Dugaan tersebut belum dapat dipastikan, karena dalam penelitian ini belum dapat diketahui jenis dan jumlah senyawa-senyawa karoten maupun derivatnya secara pasti sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui hal tersebut.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa perebusan wortel hingga menit ke-24 menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan karoten dari  $127,92 \pm 11,71$  menjadi  $271,36 \pm 27,38$  mg  $\beta$ -karoten / 100 g *dry basis* dan aktivitas antioksidan dari  $15,88 \pm 2,83$  % menjadi  $27,52 \pm 4,98$  % akibat terlepasnya karoten dari matriksnya. Aktivitas antioksidan yang tertinggi, yaitu  $27,52 \pm 4,98$  %, dicapai pada wortel yang direbus 24-30 menit. Aktivitas antioksidan mengalami penurunan dari  $22,41 \pm 4,37$  % pada menit perebusan ke-30 hingga menjadi  $13,05 \pm$

$2,53$  % pada menit perebusan ke-60. Lama perebusan untuk mendapatkan jumlah karoten dan aktivitas antioksidan yang tertinggi dari wortel (dengan bentuk irisan yang umum dibuat oleh masyarakat, yaitu dengan irisan melintang dengan tebal sekitar 2-4 mm) adalah sekitar 24-30 menit.

### SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan panas memberikan pengaruh terhadap kandungan karoten dan aktivitas antioksidan wortel. Perlakuan panas akan melepaskan karoten dari matriks jaringan sehingga dapat meningkatkan manfaatnya bagi tubuh, namun pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan berkurangnya aktivitas antioksidan wortel. Oleh karena itu, dalam pengolahan wortel menggunakan panas, misalnya perebusan dan pengukusan, disarankan untuk tidak menggunakan panas yang berlebihan guna mempertahankan aktivitas antioksidannya. Jika wortel akan dikonsumsi dalam keadaan segar, disarankan untuk memberikan sedikit perlakuan panas, misalnya pencelupan dalam air mendidih (*hot water blanching*) atau pengukusan singkat (*steam blanching*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, S., 2001, Prinsip Dasar Ilmu Gizi, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- AOAC, 1995, *Official Methods of Analysis* Vol. II, 16<sup>th</sup> ed., Virginia: AOAC International. p45.4-5.
- Bidlack, W.R. and W. Wang, 2000, Designing Functional Foods to Enhance Health, in W.R. Bidlack, S.T. Omaye, M.S. Meskin & D.K.W. Topham (Eds.), *Phytochemicals as Bioactive Agents* (pp. 241-270), Lancaster: Technomic Publishing Company.
- Britton, G., 1996, Carotenoids, in G.A.F. Hendry & J.D. Houghton (Eds.), *Natural Food Colorants* (pp. 197-243), London: Blackie Academic & Professional.
- Bushway, R.J. and A.M. Wilson, 1982, Determination of  $\alpha$ - and  $\beta$ -carotene in Fruit and Vegetables by High Performance Liquid Chromatography, *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 15(3), 165-169.
- Davidek, J., J. Velisek and J. Pokorny, 1990, *Chemical Changes During Food Processing*, Amsterdam: Elsevier.
- Dutta, D., U.R. Chaudhuri, and R. Chakraborty, 2005, Structure, Health Benefits, Antioxidant Property and Processing and Storage of Carotenoids, *African Journal of Biotechnology* 4(13), 1510-1520.
- Eastwood, M.A., 1999, Interaction of Dietary Antioxidants *In Vivo*: How Fruit and Vegetables Prevent Disease?. *Q J Med.* 92, 527-530.
- Flynn, P., D. Berry and T. Heintz, 2002, Sustainability and Quality of Life Indicators: Toward the Integration of Economic, Social and Environmental Measures, *Indicators: The Journal of Social Health* Vol.1, No. 4.
- Francis, F.J., 1985, Pigments and Other Colorants, in O.R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* 2<sup>nd</sup> ed. (pp. 545-584), New York: Marcel Dekker.
- James, C.S. 1995. *Analytical Chemistry of Foods*, London: Blackie Academic & Professional.
- Kalt, W., 2005, Effects of Production and Processing Factors on Major Fruit and Vegetable Antioxidants, *Journal of Food Science* 70(1), R11-19.
- Lee, C.Y., K.L. Simpson and L. Gerber, 1989, Vegetables as a Major Vitamin A source in Our Diet, *New York's Food and Life Sciences Bulletin* 126, 1-10.
- Miller, H.E., F. Rigelhof, L. Marquart, A. Prakash, and M. Kanter, 2000, Antioxidant Content of Whole Grain Breakfast Cereals, Fruits and Vegetables, *Journal of the American College of Nutrition* 19(3), 312-319.
- Molyneux, P., 2004, The Use of The Stable Free Radical Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity, *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 26(2), 211-219.
- Nishino, H., H. Tokuda, M. Murakoshi, Y. Satomi, H. Matsumoto, M. Masuda, P. Bu, M. Onozuka, S. Yamaguchi, Y. Okuda, J. Takayasu, A. Nishino, J. Tsuruta, M. Okuda, E. Ichiishi, K. Nosaka, T. Konoshima, T. Kato, Z. Nir, F. Khachik, N. Misawa, T. Narisawa and N. Takasuka, 2000, Cancer Prevention by Carotenoids and Curcumin, in W.R. Bidlack, S.T. Omaye, M.S. Meskin and D.K.W. Topham (Eds.), *Phytochemicals as Bioactive Agents* (pp 161-166), Lancaster: Technomic Publishing Company.



Paiva, S.A.R. and R.M. Russell, 1999,  $\beta$ -carotene and Other Carotenoids as Antioxidants, Review Series :Antioxidants and Their Clinical Applications, *Journal of the American College of Nutrition* 18(5), 426-433.

Rodriguez-Amaya, D.B., E.B. Rodriquez and J. Amaya-Farfan, 2006, Advances in Food Carotenoid Research: Chemical and Technological Aspects, Implications in Human Health, *Mal J Nutr.* 12(1), 101-121.

Svilaas, A., A.K. Sakhi, L.F. Andersen, T. Svilaas, E.C. Ström, D.R. Jacobs, Jr., L. Ose and R. Blomhoff, 2004, Intakes of Antioxidants in Coffee, Wine, and Vegetables are Correlated with Plasma Carotenoids in Humans, *The Journal of Nutrition* 134, 562-567.

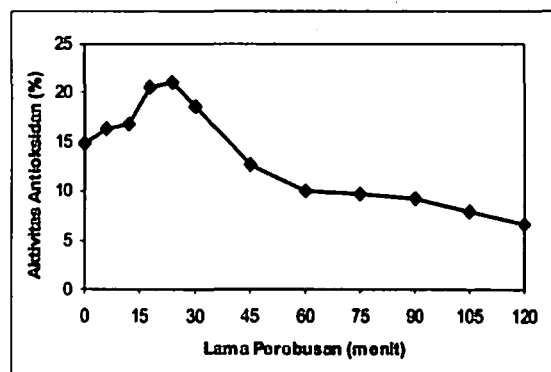
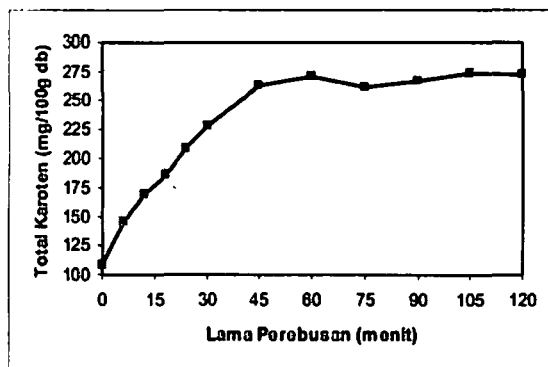
USDA, 2007, *National Nutrient Database for Standard Reference*, Release 20 [Electronic version], Retrieved August 15, 2008, from <http://www.nal.usda.gov/foodcomp/search>

LAMPIRAN

Tabel 1.  
Kandungan beberapa nutrisi dalam wortel per 100 g bagian dapat dimakan

Komposisi	Jumlah	Komposisi	Jumlah
Air (g)	88,29	Magnesium (mg)	12
Protein (g)	0,93	Fosfor (mg)	35
Lemak (g)	0,24	Kalium (mg)	320
Abu (g)	0,97	Natrium (mg)	69
Karbohidrat (g)	9,58	Vitamin C (mg)	5.9
- Serat pangan (g)	2,8	Vitamin E (mg)	0,66
- Gula total (g)	4,74	$\beta$ -karoten ( $\mu$ g)	8285
- Pati (g)	1,43	$\alpha$ -karoten ( $\mu$ g)	3477
Kalsium (mg)	33	Likopen ( $\mu$ g)	1

Sumber : USDA (2007)

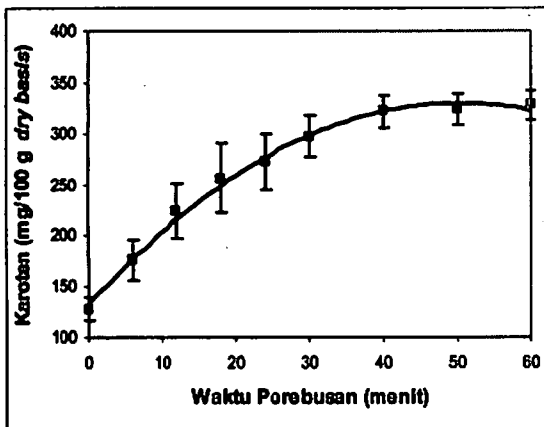


Gambar 1.  
Kandungan karoten (atas) dan aktivitas antioksidan (bawah) wortel selama proses perebusan 0-120 menit

Tabel 2.  
Kandungan karoten dan aktivitas antioksidan pada wortel selama perebusan 0-60 menit

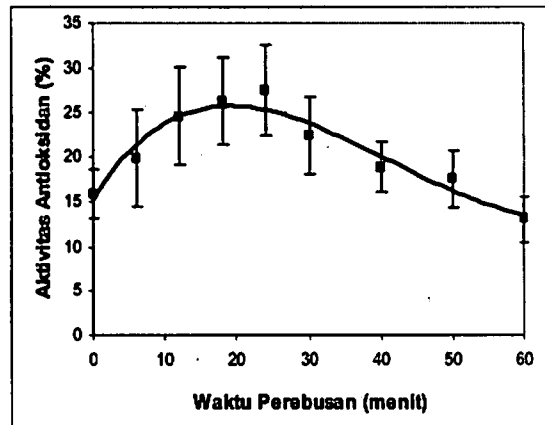
Waktu perebusan (menit)	Kandungan karoten (mg $\beta$ -karoten / 100 g <i>dry basis</i> )	Aktivitas antioksidan (%)
0	127,92 $\pm$ 11,71 <sup>a</sup>	15,88 $\pm$ 2,83 <sup>ab</sup>
6	175,82 $\pm$ 19,94 <sup>b</sup>	19,91 $\pm$ 5,49 <sup>abcde</sup>
12	223,72 $\pm$ 26,96 <sup>c</sup>	24,63 $\pm$ 5,48 <sup>cde</sup>
18	255,65 $\pm$ 34,05 <sup>cd</sup>	26,27 $\pm$ 4,89 <sup>de</sup>
24	271,36 $\pm$ 27,38 <sup>de</sup>	27,52 $\pm$ 4,98 <sup>e</sup>
30	296,80 $\pm$ 20,33 <sup>ef</sup>	22,41 $\pm$ 4,37 <sup>bode</sup>
40	321,70 $\pm$ 15,98 <sup>f</sup>	18,82 $\pm$ 2,87 <sup>abcd</sup>
50	324,01 $\pm$ 15,73 <sup>f</sup>	17,55 $\pm$ 3,19 <sup>abc</sup>
60	327,76 $\pm$ 15,12 <sup>f</sup>	13,05 $\pm$ 2,53 <sup>a</sup>

Keterangan : Huruf *superscript* yang berbeda pada masing-masing kolom menunjukkan adanya beda nyata pada tingkat kepercayaan 95%.



Gambar 2.

Kandungan karoten wortel selama proses perebusan 0-60 menit



Gambar 3.

Aktivitas antioksidan wortel selama proses perebusan 0-60 menit