

PERANAN KAROTENOID ALAMI DALAM MENANGKAL RADIKAL BEBAS DI DALAM TUBUH

Togar Duharman Panjaitan¹, Budhi Prasetyo¹, dan Leenawaty Limantara^{1,2}

¹Program Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana

²Ma Chung Research Center, Universitas Ma Chung, Malang 65151

ABSTRACT

Carotenoid is one of the pigment compound that is poliene isoprenoid found in high level in plant, algae, fungi, and bacterium, residing at tissue of non-photosynthesis and photosynthesis together with chlorophyll. Carotenoid protects photosynthesis organ, cell, and tissue from radiation. In human body, there are two sources of carotenoid: (1) from shares of plant body, functioning as free radical extinguisher yielded within the body (endogen) and from autooxidation, oxididation of enzyme, respiratory burst, and (2) from outside of the body (exogen), i.e. from drugs, electromagnetic radiation, smoke, and others. Hence carotenoid in body act as an antioxidant: anti-carcinogenic, anti-mutagenic, anti-ageing, cataract prevention, and immune system improvement. It also prevents or reduces disease and prevents degradation of brain function. Consuming vegetables, fruits, rhizom, and tubers are needed to supply the antioxidant carotenoid to our body in order to weaken the harmful effect of free radicals.

Keywords: Carotenoid, Free radical, Antioxidant, Natural pigment

PENDAHULUAN

Berbagai persoalan yang mempengaruhi kesehatan manusia, salah satunya pembentukan radikal bebas di dalam tubuh. Pada proses metabolisme normal, tubuh memproduksi partikel kecil dengan tenaga besar disebut sebagai radikal bebas. Atom dan molekul dengan elektron bebas ini dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga dan untuk beberapa fungsi fisiologis seperti kemampuan untuk membunuh virus dan bakteri. Namun karena mempunyai tenaga yang sangat tinggi, zat ini juga dapat merusak jaringan normal apabila jumlahnya terlalu banyak. Radikal bebas dapat mengganggu produksi DNA, lapisan lipid pada dinding sel, mempengaruhi pembuluh darah, dan produksi prostaglandin (Proctor, 1984; Droge 2002). Radikal bebas juga dijumpai pada lingkungan, yang berasal dari logam (misalnya besi, tembaga), asap rokok, polusi udara, obat, bahan beracun, makanan dalam kemasan, bahan aditif, dan sinar ultraviolet dari matahari maupun radiasi.

Untuk menjaga kondisi tubuh, dibutuhkan keseimbangan oksidan-antioksidan, yang mengatur fungsi sistem imun dalam menjaga integritas fungsi lipida membran, protein seluler, asam nukleat serta mengatur ekspresi gen, sehingga tidak mengakibatkan timbulnya kanker (Stahl dan Sies, 2003).

Tubuh memerlukan antioksidan yang berupa senyawa kimia yang memiliki kemampuan untuk memberikan hidrogen radika untuk memadamkan oksigen radikal (Rice-Evans dan Miller, 1996). Sebagai akibatnya, senyawa tersebut mampu mengubah sifat radikal menjadi non radikal dan terjadi perubahan oksidasi radikal oleh antioksidan. Struktur molekul antioksidan, bukan hanya memiliki kemampuan melepas atom hydrogen, tetapi juga mengubah radikal menjadi reaktivitas rendah sehingga tidak terjadi reaksi dengan lemak atau molekul lain (Chanwitheesuk-Teerawutgulrag dan Rakariyatham, 2004).

Keberadaan antioksidan dapat ditemukan secara endogen yang dihasilkan

oleh tubuh sendiri, dan eksogen yang berasal dari makanan, Antioksidan yang ada pada makanan berasal dari tanaman telah lama dikenal potensinya dan telah lama diketahui untuk menstabilkan senyawa radikal yang dapat diukur aktivitas antioksidannya (Stahl dan Sies, 2003.). Salah satunya adalah karotenoid yang mampu menghambat laju oksidasi molekuler target, dengan cara berreaksi dengan radikal bebas reaktif, membentuk senyawa yang relative lebih stabil. Antioksidan ini lebih sesuai disebut sebagai senyawa pelindung sel dari efek berbahaya radikal bebas, yang berasal dari tanaman, yang secara alami memberikan pigmen warna pada berbagai tumbuhan termasuk buah-buahan dan sayuran, yang perlu dikonsumsi untuk memasukkan antioksidan kedalam tubuh secara alami, dan untuk meredam radikal bebas yang terdapat di dalam tubuh.

Radikal Bebas

Secara teoritis radikal bebas adalah bahan kimia yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada lapisan luarnya, sehingga berusaha melengkapi dengan cara (a). menambah atau mengurangi elektron untuk mengisi maupun mengosongkan lapisan luarnya dan (b) membagi elektron-elektronnya dengan cara bergabung bersama atom yang lain dalam rangka melengkapi lapisan luarnya.

Radikal bebas sangat reaktif, dan mudah bereaksi dengan berbagai molekul lain, seperti protein, lemak, karbohidrat, dan DNA. Radikal bebas tidak dapat mempertahankan bentuk asli dalam waktu lama dan segera berikatan dengan bahan sekitarnya, dengan cara menyerang molekul stabil yang terdekat dan mengambil elektron, zat yang terambil elektronnya akan menjadi radikal bebas juga sehingga akan memulai suatu reaksi berantai, yang akhirnya dapat merusak sel. Radikal bebas dapat terbentuk secara in-vivo dan in-vitro dengan cara (1) pemecahan satu molekul normal secara homolitik menjadi dua, ini memerlukan tenaga yang tinggi dari sinar ultraviolet, panas, dan radiasi ion, (2) kehilangan satu elektron dari molekul normal, dan (3) penambahan elektron pada molekul normal.

Radikal bebas terpenting adalah kelompok oksigen reaktif (*reactive oxygen species/ROS*), termasuk didalamnya adalah

triplet ($3O_2$), tunggal (singlet 1O_2), anion superoksida (O_2^-), radikal hidroksil ($-OH$), nitrit oksida (NO^-), peroksinitrit ($ONOO$), asam hipoklorus ($HOCl$), hidrogen peroksida (H_2O_2) (Gulcin dkk., 2002; Yildirim, dkk., 2000; Inoue, 2001; Albina, 1998), radikal alkosil (LO^-), dan radikal peroksil (LO_2^-). Radikal bebas yang mengandung karbon (CCL_3 .) yang berasal dari oksidasi radikal molekul organik, dan radikal hidrogen hasil dari penyerangan atom H (H^-). Bentuk lain adalah radikal sulfur yang diproduksi pada oksidasi glutathion menghasilkan radikal thiyil ($R-S^-$), dan radikal yang mengandung nitrogen, serta radikal fenyl diazin.

Tabel 1. Radikal Bebas Biologis

Kelompok oksigen reaktif	
O_2^-	Radikal Superoksida (<i>Superoxide radical</i>)
$\cdot OH$	Radikal hidroksil (<i>Hydroxyl radical</i>)
$ROO\cdot$	Radikal peroksida (<i>Peroxyl radical</i>)
H_2O_2	Hidrogen peroksida (<i>Hydrogen peroxide</i>)
1O_2	Oksigen tunggal (<i>Singlet oxygen</i>)
$NO\cdot$	Nitrit oksida (<i>Nitric oxide</i>)
$ONOO^-$	Nitrit peroksida (<i>Peroxynitrite</i>)
$HOCl$	Asam hipoklor (<i>Hypochlorous acid</i>)

Reaksi Perusakan oleh Radikal Bebas

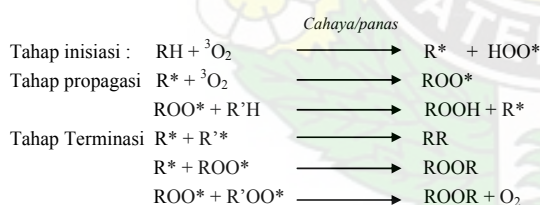
Dalam tekanan oksidatif (oxidative stress), dimana tingkat oksigen reaktif intermediet (*reactive oxygen intermediate:ROI*) yang toksik melebihi pertahanan anti-oksida endogen, keadaan ini mengakibatkan kelebihan radikal bebas, yang akan bereaksi dengan lemak, protein, asam nukleat seluler, sehingga terjadi kerusakan lokal dan disfungsi organ tertentu.

Kerusakan molekul lemak karena rentan terhadap radikal bebas terjadi pada proses berikut. (1). Peroksidasi lemak, dimana terjadi kerusakan pada membran sel yang kaya akan sumber *poly unsaturated fatty acid* (PUFA), yang mudah dirusak oleh bahan-bahan pengoksidasi; proses tersebut dinamakan peroksidasi lemak. Hal ini sangat merusak karena merupakan suatu proses berkelanjutan, dimana pemecahan hidroperoksida lemak, sering melibatkan katalisis ion logam transisi. (2). Kerusakan protein, dimana protein dan asam nukleat lebih tahan terhadap radikal bebas daripada PUFA, sehingga kecil kemungkinan dalam terjadinya reaksi berantai yang cepat.

Serangan radikal bebas terhadap protein sangat jarang kecuali bila sangat ekstensif. Hal ini terjadi jika radikal tersebut mampu berakumulasi (jarang pada sel normal), atau bila kerusakannya terfokus pada daerah tertentu dalam protein, salah satu penyebab kerusakan adalah, jika protein berikatan dengan ion logam transisi. (3). Kerusakan DNA, kerusakan di DNA menjadi suatu reaksi berantai, biasanya kerusakan terjadi bila ada delesi pada susunan molekul, apabila tidak dapat diatasi, dan terjadi sebelum replikasi maka akan terjadi mutasi. Radikal oksigen dapat menyerang DNA jika terbentuk disekitar DNA seperti pada radiasi biologis (Abate, 1990; Allen, 2000).

Antioksidan

Antioksidan sebagai senyawa yang dapat menunda, memperlambat dan mencegah proses oksidasi lipid, dengan cara menunda atau mencegah terjadinya reaksi outoksidasi radikal bebas dalam oksidasi lipid (Kochhar dan Rossell, 1990; Shui, dkk, 2004). Menurut Shadidi (2000) antioksidan merupakan zat yang didapat atau ditambahkan dalam makanan atau tubuh yang secara nyata memperlambat atau mencegah oksidasi walaupun pada konsentrasi yang rendah bila dibandingkan dengan substrat yang dioksidasi, dengan mekanisme kerja sebagai berikut (Gordon, 1990; Cuppett, 1997).



Pada tahap inisiasi, asam lemak (RH) berreaksi dengan oksigen triplet, membentuk radikal lemak (R^*) dan radikal peroksida (HOO^*) dengan inisiator cahaya atau panas. Pada tahap propagasi terjadi oksidasi radikal lemak (R^*) membentuk radikal peroksida (ROO^*). Proses oksigenasi ini terjadi sangat cepat dengan aktifitas energi yang hampir, mendekati nol, sehingga konsentrasi ROO^* yang terbentuk jauh lebih besar. Dari konsentrasi R^* dalam system makanan, dimana oksidasi berada, kemudian radikal peroksida yang terbentuk akan berreaksi dengan asam lemak lain, membentuk hidroperoksida dan radikal

lemak baru (R'^*). Pada tahap terminasi, radikal bebas berreaksi satu sama lain, membentuk spesies non radikal. Sedangkan hidroperoksida akan terdekomposisi menjadi produk alkohol, asam, keton, dan substrat lain yang lebih stabil (Gordon, 1990; Cuppett, 1997).

Selain sumber antioksidan di atas menurut Pratt dan Hudson (1990), ada juga senyawa antioksidan alami yang diisolasi dari tumbuhan, senyawa tersebut yaitu terpenoid seperti karotenoid. Ini tersebar di beberapa bagian tanaman, yaitu pada kayu, kulit, akar, daun, buah, bunga, biji, dan serbuk sari (Shui, dkk, 2004).

Karotenoid Alami untuk Menangkal Radikal Bebas

Sebagai satu senyawa karotenoid merupakan kelompok pigmen dan antioksidan alami yang dapat meredam radikal bebas, yang menyebabkan warna kuning orange dan merah pada tanaman (Gross, 1991; Roddrigues-Amaya, 2003; Stahl dan Sies, 2003). Pigmen ini ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi, alga, jamur, dan bakteri, pada jaringan non photosintesis dan fotosintesis bersama dengan klorofil. Selain itu karotenoid juga ditemukan pada hewan seperti ikan, burung, dan serangga (Gross, 1991, Stahl dan Sies, 2003). Karotenoid pada hewan bukan merupakan hasil sintesis didalam tubuhnya, tetapi bersumber dari makanan yang dikonsumsinya yang mengandung karotenoid. Sintesis karotenoid hanya dapat terjadi pada tumbuhan (Gross, 1991; Rodriques-Amaya dan Kimura, 2004; Widiawati, 2001; Stahl dan Sies, 2003).

Karotenoid dapat diklassifikasikan kedalam dua kelompok yaitu karoten dan xantofil (Gross, 1991; Rodrigues-Amaya dan Kimura, 2004; Knight dan Mantoura, 1985; Fawley, 1989; de las Rivas, Anunciacion, dan Javier, 1989; Zeb dan Mehmood, 2004). Karoten merupakan karotenoid hidrokarbon contohnya β -karoten dan likopen, sedangkan xantofil merupakan turunan teroksidasinya, yang umumnya berupa hidroksi, epoksi, metoksi, aldehyd, okso karboksilat, dan ester, contohnya lutein, dan zeaxantin. Keberadaan ikatan rangkap dalam struktur molekul karotenoid, menyebabkan mudah pisah akibat degradasi oksidatif oleh zat kimia, enzim, suhu, oksigen, cahaya, dimana

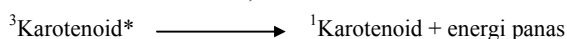
xanthopil lebih stabil dari pada karoten (Gross, 1991; Arab dkk, 2001).

Beberapa manfaat dari senyawa yang tergolong karotenoid, adalah sebagai precursor vitamin A, antioksidan, peningkatan daya tahan tubuh, dan perubahan metabolisme kanker (Arab dkk, 2001; Gross, 1991; Zeb dan Mehmod, 2004; Yan, 1998). Selain itu beberapa golongan karotenoid juga dimanfaatkan sebagai pewarna makanan (Mac-Dougall, 2002).

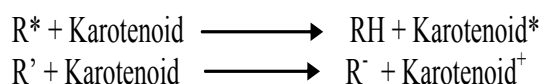
Karotenoid dapat berfungsi sebagai pemadam oksigen singlet dan pendeaktivasi radikal bebas (Palozza dan Krinsky, 1992; dalam Redriguez-Amaya, 2001; Miranda, dkk, 1998). Strategi pertahanan karotenoid adalah yang paling mungkin dalam pencarian dua spesies oksigen berupa molekul singlet oksigen ($^1\text{O}_2$) dan peroksida radikal. Lebih lanjut karotenoid adalah deaktivator efektif terhadap sensitizer elektron eksitasi molekul, dengan melibatkan generasi dari radikal dan singlet oksigen (Truscott, 1990; Young dan Lowe, 2001). Interaksi dari karotenoid dengan $^1\text{O}_2$ tergantung kekuatan pemadaman proses fisika, dimana terlibat langsung energi transfer diantara kedua molekul. Energi dari molekul singlet oksigen berpindah ke molekul karotenoid, selanjutnya diperoleh ground state (keadaan dasar) oksigen dan katriplet eksitasi karotenoid (Stahl dan Sies, 2003). Kelebihan energi dari molekul yang tereksitasi akan ditransfer melalui mekanisme pelepasan energi. Mekanisme karotenoid sebagai pemadam oksigen singlet adalah:



Energi akan dilepas melalui interaksi rotasi dan vibrasi antara karotenoid triplet dengan pelarut untuk mengembalikan karotenoid ke keadaan semula (He, dkk., 2000; Palva dan Russel, 1999; Pokorny dan Gordon, 2001, Stahl dan Sies, 2003).



Fungsi karotenoid sebagai pendeaktivasi radikal bebas terjadi melalui proses transfer electron (Dutta, dkk, 2005). Reaksi karotenoid sebagai pendeaktivasi radikal bebas adalah:



Struktur karotenoid mempengaruhi bioaktivitas yang dimilikinya, seperti factor ikatan rangkap, rantai terbuka, dan sedikitnya jumlah substituen oksigen akan meningkatkan aktivitas antioksidan karotenoid (Di Mascio, dkk., 1989, dalam Lila 2004; Dutta, dkk, 2005; Tahamatsu, dkk, 2003).

Ada banyak bahan pangan yang dapat menjadi sumber antioksidan alami, seperti rempah-rempah, dedaunan, teh, kakao, biji-bijian, sereal, buah-buahan, sayur-sayuran dan tumbuhan alga laut dan air tawar (Shui, 2004). Bahan pangan ini mengandung jenis senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan, seperti asam-asam amino, asam askorbat, golongan flavonoid, tokoferol, karotenoid, tannin, peptide, melanoidin, produk-produk reduksi dan asam-asam organik lain (Pratta, 1992, di dalam Trilaksana, 2003).

Sebagai antioksidan alami, karotenoi, seperti beta karoten yang merupakan sumber utama vitamin A dan juga antioksidan yang sebagian besar ada dalam tumbuhan (lihat Tabel 3) (Gross, 1997; Soviani, 2004; Yulianti, 2004; Christiana, 2007) perlu mendapat perhatian karena merupakan antioksidan didalam tubuh. Kerotenoid, Beta karoten yang diperlukan dalam tubuh berdasarkan National Health Interview Survey (1992), rata-rata asupan bagi laki-laki dewasa 2,9 mg/hari, sedangkan untuk wanita rata-rata dewasa 2,5 mg/hari. Dan untuk menurunkan risiko penyakit kronis, diperlukan 3-6 mg/hari. Sedangkan kebutuhan karotenoid, beta karoten dan vitamin A di Indonesia, yang terdapat pada produk makanan dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Karotenoid yang digambarkan table di atas diasosiasikan sebagai sumber respon imun yang lebih baik, perlindungan terhadap kanker dan juga berfungsi sebagai antioksidan. Karotenoid, seperti beta karoten dan alpha karoten, dan fucosanthin, dikenal sebagai pemadam radikal bebas. Radikal bebas ini, dapat menyebabkan kerusakan sel yang bersifat karsinogenik. Maka karotenoid yang memiliki aktivitas antioksidan sangat dibutuhkan untuk memadamkan radikal bebas tersebut, karena secara tidak langsung berfungsi sebagai anti karsinogenik, anti mutagenik (Yan, 1998), pencegahan dan pengurangan penyakit seperti kronarasis, inflamantori, penurunan fungsi otak,

alzheimer, katarak, mencegah proses penuaan pada kulit, serta peningkatan sistem kekebalan tubuh (Shui, dkk, 2004).

Karotenoid tersebut dapat diperoleh dari daun tumbuhan, buah-buahan dan

rimpang tumbuhan, yang perlu dikonsumsi untuk meredam dan menghentikan radikal bebas tersebut. Sumber dan kandungan karotenoid dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Acuan Label Gizi Produk Pangan

Zat Gizi	Satuan	Nilai Acuan Label Gizi untuk Kelompok Konsumen					
		Umum	Bayi 0-6 bln	Anak 7-12 bln	Anak 2-5 thn	Ibu Hamil	Ibu Menyusui
Vitamin A*)	RE	600	375	400	440	800	850
Setara karoten total*)	mcg	7200	4500	4800	5280	9600	10200
Setara β -karoten total*)	mcg	3600	2250	2400	2640	4800	5100
Vitamin C	mg	90	40	40	45	90	100
Vitamin E	mg	15	4	6	7	15	19
Zink (Zn)	mg	12	5.5	8	9.4	14.7	13.9
Selenium (Se)	mcg	30	5	13	19	35	40

*) Vitamin A bersumber dari pangan (non sintetik)

*Untuk vitamin A dari sumber hewan atau retinol, 1 RE setara 1 RAE (Retinol Activity Equivalent).

* Untuk memenuhi setara RAE dari karoten total, nilai RE dikali 24

* Untuk memenuhi setara RAE dari β -karoten, nilai RE dikali 12

Dikutip dari: Lampiran Keputusan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor: HK.00.05.52.6291 tanggal 9 Agustus 2007

Tabel 3. Sumber dan Kandungan Karoten pada Daun, Buah-Buahan, dan Rimpang

Nama Tumbuhan	Kandungan Karotenoid
Daun	
<i>Amaranthus gaeticus</i> , Lim. (jenis bayam)	93 μ g/g berat segar*
<i>Apium graveoleus</i> , Linn. (seledri)	75 μ g/g berat segar*
<i>Brassica juncea</i> , Czern & Coss. (sawi)	13 μ g/g berat segar*
<i>Brassica oleracea</i> , Linn. var acephala DC (kubis)	43 μ g/g berat segar*
<i>Brassica oleracea</i> , Linn. var capitata Linn. (Kubis)	34 μ g/g berat segar*
<i>Brassica spp</i> (kubis)	71 μ g/g berat segar *
<i>Cantella asiatica</i> , Urban. (Daun kaki kuda)	47 μ g/g berat segar*
<i>Cucurbita maxima</i> , Duch. (labu)	78 μ g/g berat segar*
<i>Cucurbita moschata</i> (labu merah)	3,50 mg/0.5 g berat kering ⁷
<i>Sechium edule</i> (labu siam)	5,96 mg/0.5 g berat kering ⁷
<i>Coleus amboinicus</i> (jenis kentang jawa)	6,78 mg/0.5 g berat kering ⁷
<i>Piper sarmentosum</i> (jenis sirih)	9,63 mg/0.5 g berat kering ⁷
<i>Manihot esculenta</i> , Crantz. (daun singkong)	8,07 \pm 45 μ g/g berat basah ⁷
<i>Manihot glaziovii</i> (singkong karet)	767 \pm 71 μ g/g berat basah ⁷
Buah	
<i>Cucumis sativa</i> , Linn. (mentimun)	0,95 μ g/g berat segar*
<i>Cucurbita maxima</i> , Duch. (labu)	23,0 μ g/g berat segar*
<i>Parkia speciosa</i> , Hassk. (petai)	8,2 μ g/g berat segar*
<i>Pisum sativum</i> , Linn. (Ercis)	8,9 μ g/g berat segar*
<i>Solanum melongena</i> , Linn. (terung bentuk panjang)	7,9 μ g/g berat segar*
<i>Solanum melongena</i> , sw. (terung bentuk bulat)	5,3 μ g/g berat segar*
<i>Solanum turvum</i> , sw. (terung kecil bulat)	8,7 μ g/g berat segar*
<i>Solanum xanthocarpum</i> , sw. (terung bentuk jorong)	3,9 μ g/g berat segar*
<i>Vigna sinensis</i> , Savi ex Hassk. (kacang panjang)	6,8 μ g/g berat segar*
<i>Zea mays</i> (jagung)	12,6 μ g/g berat segar*
<i>Malus domestica</i> , L. (appel)	15,57 μ g/g berat segar*
<i>Averrhoa carambola</i> (belimbing)	22,0 μ g/g berat segar matang*

Nama Tumbuhan	Kandungan Karotenoid
<i>Rubus spp</i> (beri hitam)	5,8 µg/g berat segar*
<i>Vaccinium spp</i> (beri biru)	2,7 µg/g berat segar*
<i>Phoenix dactylifera</i> , L. (kurma)	12,7 µg/g berat segar matang*
<i>Vitis unifera</i> (anggur)	3,1 µg/g berat segar*
<i>Citrus limon</i> , L. Burm (jeruk asam)	1,4 µg/g berat segar*
<i>Psidium guajava</i> , L. (jambu biji)	62,9 µg/g berat segar*
<i>Mangifera indica</i> , L. (mangga, Alphonso)	125,0 µg/g berat segar*
(mangga, Badami)	89,2 µg/g berat segar*
<i>Cucumis melo</i> , L. (melon)	20,2 µg/g berat segar*
<i>Carica papaya</i> , L. (papaya)	13,8 µg/g berat segar*
<i>Capsicum annuum</i> , L. (cabe merah)	1353,2 µg/g berat kering*
<i>Diospyros kaki</i> , Thunb. (kesemek)	68,66 µg/g berat segar*
<i>Ananas comosus</i> , L., Merr. (nenas)	1,0 µg/g berat segar*
<i>Fragaria xananassa</i> , Duch. (strawberi)	0,4 µg/g berat segar*
<i>Lycopersicon esculentum</i> , L. (cabe merah)	97,7 µg/g berat segar*
<i>Citrullus lanatus</i> , Thunb (sirsak orange)	34,0 µg/g berat segar*
(sirsak merah)	25,0 µg/g berat segar*
<i>Citrus aurantium</i> , L. (Jeruk manis)	21,0 µg/100 g ~
<i>Musa paradisiacal</i> , L. (Pisang)	50,0 µg/100 g ~
Rimpang/umbi	
<i>Daucus carota</i> (wortel)	400 µg/100 g ~
<i>Boesenbergia pandurata</i> (temu kucing)	1,16 mg/0,5 g berat kering'
<i>Curcuma xanthorrhiza</i> (temu lawak)	1,93 mg/0,5 g berat kering'
<i>Languas galanga</i>	1,69 mg/0,5 g berat kering'
<i>Zingiber cassumunar</i> (bengle)	1,31 mg/0,5 g berat kering'
<i>Zingiber officinale</i> (jahe)	1,70 mg/0,5 g berat kering'
<i>Zingiber zerumbet</i> (lempuyang gajah)	5,52 mg/0,5 g berat kering'

Keterangan: * Sumber Gross, 1991 dan 1987. 'Sumber Chanwithecsuk, dkk, 2004.

"Sumber Madalena, 2006. ~Sumber Anonim, 2006 dalam Syahputra 2007

Keberadaan sistem perlindungan didalam tubuh yang sering tidak memadai karena terlalu banyaknya radikal bebas yang terbentuk akibat polusi udara, asap rokok, sinar ultra violet yang diproduksi sinar matahari, pestisida dan pencemaran lain di dalam makanan kita, bahkan karena olah raga yang berlebihan, maka disarankan untuk tetap mengkonsumsi sumber antioksidan seperti karotenoid yang berasal dari luar tubuh secara teratur dan terprogram, sesuai dengan kondisi, kebiasaan hidup dan kepentingan masing-masing individu. Dengan kebiasaan ini maka kemungkinan pemutusan radikal bebas akan berkurang, sehingga resiko penyakit dan kelainan dalam tubuh dapat diminimalisasi.

PENUTUP

Karotenoid sebagai antioksidan didalam tubuh, dapat diperoleh dari luar tubuh melalui konsumsi sayuran, buah-buahan, rimpang dan umbi tumbuhan. Tujuan dikonsumsinya karotenoid tersebut

adalah sebagai senyawa peredam radikal bebas yang terdapat didalam tubuh, sehingga resiko penyakit dapat ditekan, terutama penyakit seperti kanker, penuaan kulit, penyakit kronaria, penyakit kardiovasikuler, arthritis, inflamantori, penurunan fungsi otak dan alzheimer, serta dapat meningkatkan system imun dari tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Arab, L., S. Steck-Scott and P. Bowen. 2001. *Participation of Lycopene and Beta-carotene in Carcinogenesis: Defenders, Aggresors, or Passive Bystanders?* Epidemiologic Reviews, Vol 23. No 2, p.221-229
- Arif, S.2006.*Radikal Bebas*. Bagian/SMF Ilmu Kesehatan Anak FK UNAIR/RSU Dr. Soetomo. Surabaya
- Araujo V, Arnal C, Boronat M, et al.1998. *Oxidant-anti oxidant imbalance in blood of children with juvenile rheumatoid arthritis*. Bio Factor. 8;155-159.

- Abate C, Patel L, Raucher FJ III, et al.1990. *Redox regulation of fos and jun DNA-binding activity in vitro*. Science. 249;1157-1161.
- Albina JE, Reichner JS. 1998. *Role of nitric oxide in mediation of macrophage cytotoxicity and apoptosis*. Cancer Metastasis Rev. 17;38-53.
- Allen RG, Tressini M.2000. *Oxidative stress and gene regulation*. Free Radical Biol Med. 28;463-499.
- Briton, G. 1995. *Structure and Properties of Carotenoid in Relation to function*. FASEB. J, 9: 1551-1558.
- Buratti, Susanna. dkk., 2001. *Rapid Electrochemical Method for The Evaluation of The Antioxidant Power of Some Lipophilic Food Extract*. J, Agric, Food Chem, 49. 5136-5141.
- Bandrjee, A., Dasgupta, N., De Bratati. 2003. *In Vitro Study of Antioxidant Activity of Syzygium cumini Fruit*. Food Chemistry. 90. 727-733.
- Christiana, R., 2007. *Fotodegradasi dan Aktivitas Antioksidan Klorofil a dan C-Fikosianin dari Serbuk Spirulina (Spirulina sp)*. FSM.UKSW.
- Chang, Lee-Wen. Yen. Wen-Jhe. Huang. S,C,. dan Duh. Pir-Der. 2002. *Antioxsidant Activity of Sesame Coat*. Food Chemistry, 78.347-354.
- Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A., Rakariyatham, N. 2004. *Screening of Antioxidant Activity and Antioxidant Compounds of Some Edible Plants of Thailand*. Food Chemistry.
- Droge W. 2002. *Free radicals in the physiological control of cell function*. Physiol Rev. 82;47-95.
- deMan, Joh M. dalam Padmawinata Kosasih. 1989. *Principle of Food Chemistry*. Van Nostrand Reinhold, A Division of Wadsworth, Inc. Canada.
- Gordon, M.H. 1990. *The Mekanism of Antioxidan Action in Vitro* Di dalam B.J.F. Hudson, ed. Food Antioxidan. Elvisier Applied Science. London.
- Gross, Jeana. 1991. *Pigments In Vegetables (Chlorophylls and Carotenoids)*. Van Nostrand Reinhold. New York. 7. 75.
- Gross, Jeana. 1987. *Pigments In Fruit*.Academic Press. London. Hal 100
- Haila Katri. 1999. *Effects Carotenoid and Carotenoid-Tocopherol Interaction and Lipid Oxidation In Vitro*. University of Helsinki. Departement of Applied Chemistry and Microbiology Helsinki.
- Hunter, K. J., Fletcher, J.M. 2002. *The Antioxidant Activity and Composition of Fresh, Frozen, Jarred, and Canned Vegetables*. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 3. 399-406.
- Inoue. M. 2001.*Protective mechanisms against reactive oxygen species*. In: Arias IM *The liver biology and pathobiology*. Lippincott Williams and Wilkins 4th-ed. Philadelphia. 281-290.
- Kochhar, S.P. and Rossel, J.B. 1990. *Detection, Estimation and Evaluation of Antioxidants*. Di dalam B.J.F. Hudson, ed. *Food Antioxidants*. Elvisier Applied Science. London.
- Kurniawati, R. 2007. *Fotodegradasi dan Aktivitas Antioksidan Ektrak Kasar dan Karotenoid Dominan Daun Alfalfa Tropis (Medicago sativa,L.)*. Skripsi. FSM. UKSW.
- Kuda, T., Tsunekawa, M., Hishi, T., Araki, Y., 2004. *Antioxidant Properties of Dried "Kayamo-Nori" a Brown Alga Scytosiphon lomentaria (Scytosiphonales, Phaeophyceae)*. Food Chemistry.Japan. 89. 617-622
- Limantara, L., 2006. *Study of Potency and Prospect of Chlorophylls as Photosensitizer for Photodynamics Therapy of Tumor and Cancer*. Proceeding of 3rd National Seminar of Physical Chemistry, Semarang 19 Maret 2003 (Written in Indonesia).
- Mathews-Roth, M.M. (1985) *Carotenoids and Cancer Prevention Experimental and Epidemiological Studies Pure Appl. Chem*. 57, 717-722.
- Madalena, Heriyanto, Hastuti, S.P., Limantara, L. 2007. *Pengaruh Lama Pemanasan Terhadap Kandungan Pigmen Serta Vitamin A Daun Singkong (Manihot esculenta, Crantz) dan Daun Singkong Karet (Manihot glaziovii, Muell. Arg)*. Indo. J. Chem. 7(1). 97-104.
- Miranda, M.S., Cintra, R.G., Barros, S.B.M., Mancini-Filho, J. 1998. *Antioxidant Activity of The Microalga Spirulina maxima*. FAPESP.

- Ong, A.S.H. Dan Tee, E.S., 1992. *Natural Sources of Carotenoid from Plants and Oil*. Method in Enzymology Vol. 213, Cars.
- Oomen. dkk. 1984. *Si Hijau yang Cantik (Aneka Sayuran Daun Hijau di Indonesia)*. PT Gramedia. Jakarta.
- Proctor PH, Reynolds ES. 1984. *Free radicals and disease in man*. *Physiol Chem Phys Med*. 16;175-195.
- Rahmat A., Kumar. dkk., 2003. *Determination of Total Antioxidant Activity In Three Type of Local Vegetable Shoots and Cytotoxic Effect of Their Ethanolic Extract Against Different Cancer Cell Lines*. *Asia Pasific Asia Pasific J, Clin Nutr*, 12 (3). 292-295.
- Rao Narasinga. 2003. *Bioactive Phytochemicals In Indian Foods and Their Potential In Health Promotion and Disease Prevention*. *Asia Pasific J, Clin Nutr*, 12 (1). 9-22.
- Schuler, P. 1990. *Natural Antioxidants Exploited Commercially* Di dalam B.J.F. Hudson, ed. *Food Antioxidan*. Elvisier Applied Science. London.
- Shadidi, F. 2000. *Natural Antioxidants: Sources, Effects and Applications*. Departement of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland, St John's, NF, Canada.
- Shivashankara K., S, et al. 2004. *Fruit Antioxidant Activity Ascorbic Acid. Total Phenol. Quercetin and Carotene of Irwin Mango Fruit Store at Low Temperature After High Electric Field Pretreatment*. *J, Agric., Food Chem*, 52. 1281-1286.
- Smiridhara Sharma. 1985. *A glossary Of Indonesian Plant-Names*. Udayana University Denpasar Bali.
- Soviani. 2004. *Komposisi dan Kandungan Pigmen Serta Identifikasi Karoten Tomat Buah (Lycopersicum esculentum. Mill) Varietas Arthaloka Selang Pematangan*. Skripsi. FSM. UKSW.
- Stahl, W., Sies, H. 2003. *Antioxidant Activity of Carotenoids*. *Molecular Aspects of Medicine*. 24, 345-351.
- Shui, G., Wong, S.P., Leong, L. P. 2004. *Characterization of Antioxidants and Change of Antioxidant Levels During Storage of Manilkara zapota L*. *Agricultural and Food Chemistry*. 52. 7834-7841.
- Yulianti, F.W. 2004. *Pengaruh Berbagai Lama Pemanasan Buah Mengkudu (Marinda citrifolia, L.) terhadap Aktivitas Antioksidan*. Skripsi. FSM. UKSW.
- Yan, X., Chuda, Y., Suzuki, M., Nagata, T. 1999. *Fucoxanthin as The Major Antioxidant in Hijikia fusiformis, a Common Edible Seaweed*. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 63. 605-607.
- Widiawati, L.T. 2001. *Identifikasi Pigmen Utama Beberapa Jenis Tali Putri (Cucuta australis R. Br. Dan Cassytha filiformis L)*. Skripsi. FSM. UKSW.
- Zeb, Alam dan Mehmood, Sultan, 2004. *Caotenoid Contents from Various Sources and Their Potential Helth Applications*. *Pakistan Journal of Nutrition* 3 (3): 199-204.