

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daun Ubi Jalar Ungu

2.1.1 Produksi Tanaman Ubi Jalar

Tanaman ubi jalar atau *Ipomoea batatas* (L) Lam merupakan hasil panen terbesar ke-enam di dunia yang ditanam secara luas baik di daerah tropis, sub tropis, maupun sedang (Vandana, 2012). Di Indonesia ubi jalar ungu dikenal sebagai jenis tanaman yang sudah banyak dibudidayakan. Tanaman ubi jalar merupakan tanaman istimewa dibandingkan dengan tanaman pangan lain karena memiliki daya penyesuaian paling tinggi terhadap kondisi lingkungan yang buruk (Margareth, 2006). Apabila dibandingkan dengan cocok tanam makanan lainnya, ubi jalar memiliki keunggulan, yaitu dapat diproduksi pada area geografis yang luas, mudah beradaptasi pada kondisi marginal, siklus produksi yang singkat, bernilai gizi tinggi, dan memiliki ciri khas sensori seperti warna daging, rasa dan tekstur (Vandana, 2012).

2.1.2 Karakteristik dan Taksonomi Daun Ubi jalar Ungu

Daun ubi jalar berbentuk bulat hati, bulat lonjong, dan bulat runcing tergantung varietas. Daun berwarna hijau saat masih muda dan berubah menjadi ungu jika sudah tua. Daun tanaman ubi jalar dimakan sebagai sayuran (Vandana, 2012).

Menurut Juanda dan Cahyono (2000), taksonomi ubi jalar ungu yaitu :

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyta
- Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Convolvulales
Family : Convolvulaceae
Genus : Ipomoea
Species : *Ipomoea Batatas*. L. sin. *Batatas edulis* Choisy



Gambar 2.1 Daun Ubi Jalar Ungu

2.1.3 Kandungan Daun Ubi jalar Ungu

Menurut Onwueme (1978), daun muda ubi jalar mempunyai kandungan nutrisi yang lebih baik dibandingkan dengan umbinya. Daun ubi jalar ungu mengandung polifenol yang tinggi berkisar antara 2-14 gram/100 gram berat kering dan memperlihatkan aktivitas antioksidan dan anti-mutagenik. Daun ubi jalar ungu mengandung total fenol yang lebih banyak dari sayur komersial lain termasuk umbinya (Islam, 2006). Pada sebuah studi efek antioksidan ditemukan Nahwa dalam 200 gram daun ubi jalar ungu mengandung 902 mg polifenol pada percobaan klinik. Hasil studi pada manusia terkait bioavailabilitas daun ubi jalar ungu menunjukkan bahwa 902 mg polifenol dari 200 gram per hari daun ubi jalar ungu meningkatkan kandungan fenolik total plasma dan ekskresi fenolik urin.

Selain itu, tidak ada efek samping yang muncul setelah konsumsi daun ubi jalar ungu (Chen *et.al.*, 2008). Warna ubi jalar ungu sebagai antioksidan telah menunjukkan mampu memberikan perlindungan melawan berbagai proses penyakit degeneratif (Vandana, 2012).

Disamping kandungan polifenol yang tinggi, daun ubi jalar memiliki kandungan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Komposisi Elemental dan Vitamin Daun Ubi Jalar

Elemen Mineral	Komposisi (mg/100 gram)
Polifenol	402
Kalsium	28,44
Magnesium	340
Zat Besi	16
Zinc	0,08
Kalium	4,5
Mangan	4,64
Phosporus	37,28
Natrium	4,23
Vitamin A	0,67
Vitamin C	15,20

(Antia *et.al.*, 2006) dan (Chen *et.al.*, 2008)

Tabel 2.2 Komposisi Zat Anti Gizi Pada Daun Ubi Jalar

Zat Anti Gizi	Komposisi (mg/100gram)
Sianida	30,24±0,02
Tanin	0,21±0,02
Total Oksalat	308,00±1,04
Asam Fitat	1,44±0,01

(Antia *et.al.*, 2006)

Level kandungan zat besi, kalsium, dan karoten termasuk yang paling tinggi dibandingkan sayur lainnya. Oleh karena itu penggunaan daun ubi jalar sebagai sayuran dan bentuk makanan lainnya perlu ditingkatkan (Islam, 2006)

2.2 Radikal Bebas

2.2.1 Definisi

Radikal bebas adalah molekul yang mempunyai elektron tidak berpasangan, bersifat tidak stabil, mempunyai reaktivitas yang sangat tinggi terhadap sel dan komponen sel di sekitarnya dan cenderung menyerang sel-sel tubuh sehingga menyebabkan kerusakan sel secara berantai. Radikal bebas merupakan senyawa oksigen reaktif. Jika radikal bebas tidak segera dinaktivasi maka radikal bebas mampu merusak seluruh tipe makromolekul seluler termasuk karbohidrat, protein, lipid, dan asam nukleat (Syah, 2009)

2.2.2 Mekanisme Kerja

Mekanisme kerja terbentuknya radikal bebas dapat dimulai oleh berbagai faktor, baik faktor endogen maupun faktor eksogen. Faktor-faktor tersebut akan menyebabkan reaksi selanjutnya berupa peroksidasi lipid membran dan sitosol yang mengakibatkan terjadinya serangkaian reduksi asam lemak sehingga terjadi kerusakan membrane dan organel sel (Syah, 2009).

Peroksidasi lipid bertanggung jawab tidak hanya pada kerusakan makanan tapi juga menyebabkan kerusakan in vivo karena dapat menyebabkan berbagai penyakit seperti kanker, penyakit inflamasi, aterosklerosis, dan penuaan. Efek tersebut disebabkan oleh produksi radikal bebas pada proses pembentukan peroksida dan asam lemak (Syah, 2009).

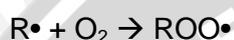
Peroksidasi lipid merupakan reaksi berantai yang memberikan pasokan radikal bebas secara terus menerus yang menginisiasi peroksidasi lebih lanjut.

Proses secara keseluruhan dapat digambarkan sebagai berikut :

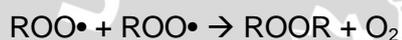
a. Inisiasi



b. Propagasi



c. Terminasi



Dalam kimia organik, peroksida merupakan suatu gugus fungsional dari sebuah molekul organik yang mengandung ikatan tunggal oksigen-oksigen (R-O-O-R'). Jika salah satu dari R atau R' merupakan atom hydrogen, maka senyawa itu disebut *hidroksi peroksida* (R-O-O-H). Dengan adanya percursor molekuler dari proses inisiasi adalah produk hidrosiperoksida, peroksidasi lipid merupakan reaksi berantai yang sangat berpotensi memiliki efek menghancurkan. Untuk mengontrol dan mengurangi peroksidasi lipid, digunakan senyawa-senyawa yang bersifat antioksidan (Syah, 2009).

Radikal oksigen dan turunannya dapat mematikan sel. Radikal hidroksi menyebabkan kerusakan oksidaif terhadap protein, DNA, lemak yang mengandung lebih dari 1 ikatan rangkap pada rantai hidrokarbon, dan komponen

sel lain. pada beberapa kasus, radikal bebas penyebab langsung penyakit (Syah, 2009).

2.2.3 Sumber

Radikal bebas dapat dibentuk dari dalam sel oleh absorpsi tenaga radiasi (sinar ultraviolet, sinar X) atau dalam reaksi reduksi oksidasi yang selama proses fisiologi normal atau mungkin berasal dari metabolisme enzimatik bahan kimia eksogen.

Tabel 2.3 Sumber Radikal Bebas

Sumber Internal	Sumber Eksternal
- Mitokondria	- Rokok
- Fagosit	- Polutan Lingkungan
- Xantin Oksidase	- Radiasi
- Olahraga	- Obat-obatan tertentu
- Peradangan	- Pestisida
- Iskemia	- Larutan industry
	- Ozon

(Widodo, 2006)

2.3 Asap rokok

2.3.1 Definisi

Rokok yang terbakar merupakan pabrik kimia yang menghasilkan lebih dari 6700 komponen kimiawi dan 400 sudah teridentifikasi. Asap rokok adalah aerosol heterogen yang dihasilkan oleh pembakaran tidak sempurna daun tembakau yang di dalamnya terdapat partikel-partikel terdispersi, panas pembakaran tembakau akan menyebabkan bahan-bahan dalam rokok mengalami dekomposisi termal (Amu, 2007).

2.3.2 Klasifikasi Rokok

Di Indonesia rokok dibedakan berdasarkan bahan pembungkus rokok, bahan baku atau isi rokok, proses pembuatan rokok, dan penggunaan filter pada rokok. Berdasarkan bahan pembungkus, makarokok dibedakan menjadi:

- a. Klobot : rokok yang bahan pembungkus berupa daun jagung
- b. Kawung : rokok yang bahan pembungkusnya berupa daun aren
- c. Sigaret : rokok yang bahan pembungkusnya berupa kertas
- d. Cerutu : rokok yang bahan pembungkusnya berupa daun tembakau

(Haris *dkk*, 2012)

Sedangkan berdasarkan bahan baku atau isi, rokok dibedakan menjadi:

- a. Rokok putih : rokok yang bahan baku atau isinya hanya daun tembakau yang diberi saus untuk mendapatkan efek rasa dan aroma tertentu
- b. Rokok kretek : rokok yang bahan baku atau isinya berupa daun tembakau dan cengkeh yang diberi saus untuk mendapatkan efek rasa dan aroma tertentu.
- c. Rokok klembak : rokok yang bahan baku atau isinya berupa daun tembakau, cengkeh, dan kemenyan yang diberi saus untuk mendapatkan efek rasa atau aroma tertentu (Haris *dkk*, 2012)

Pembagian rokok berdasarkan proses pembuatannya :

- a. Sigaret Kretek Tangan (SKT) : rokok yang proses pembuatannya dengan cara digiling dengan menggunakan tangan dan alat bantu sederhana
- b. Sigaret Kretek Mesin (SKM) : rokok yang proses pembuatannya menggunakan mesin. Sederhananya, material rokok dimasukkan ke dalam mesin pembuat rokok. Keluaran yang dihasilkan mesin pembuat rokok berupa rokok batangan (Haris *dkk*, 2012)

Berdasarkan penggunaan filter pada rokok, maka rokok dibedakan menjadi rokok filter (RF) dan rokok non filter (RNF). Rokok filter adalah rokok yang ada bagian pangkalnya terdapat gabus, sedangkan rokok non filter adalah rokok yang pada bagian pangkalnya tidak terdapat gabus (Haris dkk, 2012)

Asap rokok yang dihisap ke dalam paru oleh perokok disebut asap rokok utama (*Mainstream Smoke/MS*) sedangkan asap rokok yang berasal dari ujung rokok yang terbakar disebut Asap Rokok Samping (*Sidestream Smoke/SS*). Polusi udara yang ditimbulkan disebut Asap Rokok Lingkungan (ARL) atau *Environment Tobacco Smoke (ETS)*. Mereka yang menghisap ETS disebut perokok pasif. Mereka yang tidak merokok tetapi terpaksa menghisap asap rokok dari lingkungannya mungkin akan menderita berbagai penyakit akibat rokok kendati mereka sendiri tidak merokok. Kandungan bahan kimia pada asap rokok sampingan ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan asap rokok utama antara lain karena tembakau terbakar pada temperatur yang lebih rendah ketika sedang dihisap membuat pembakaran menjadi kurang lengkap dan mengeluarkan lebih banyak bahan kimia (Haris dkk, 2012).

2.3.3 Kandungan dan Efek

Rokok mengandung lebih dari 4000 bahan organik berupa gas maupun partikel yang telah diidentifikasi dari daun tembakau maupun asap rokok. Sedikitnya 63 dari komponen tersebut diketahui bersifat karsinogenik, termasuk di dalamnya 11 komponen karsinogen manusia (Amu, 2007). Bahan tersebut umumnya bersifat toksik, karsinogenik di samping beberapa bahan yang bersifat radioaktif dan adiktif. Rokok kretek lebih berbahaya daripada rokok putih, karena kandungan tar dan nikotin dalam rokok kretek lebih tinggi. Selain itu rokok kretek dibuat dengan bahan baku cengkeh yang mengandung zat anestetik. Adanya

kandungan zat ini mampu menurunkan panas yang dirasakan saat mengisap asap rokok, sehingga perokok bisa mengisap lebih lama dan lebih dalam (Hanus 2000).

Komponen dalam rokok dapat dibedakan dalam dua bentuk, yaitu fase gas dan fase tar (fase partikulat). Fase gas adalah berbagai macam gas berbahaya yang dihasilkan oleh asap rokok, terdiri dari nitrosamine, nitrosopirolidin, hidrasin, vinil klorida, uretan, formaldehid, hydrogen sianida, akrolein, asetaldehid, nitrogen oksida, ammonia piridin dan karbon monoksida. Fase tar adalah bahan yang terserap dari penyaringan asap rokok menggunakan filter cartridge dengan ukuran pori-pori 0,1 μm . fase ini terdiri dari bensopirin, dibensakrin, dibensokarbasol, piren, fluoranten, nitrosamine yang tidak mudah menguap, nikel, arsen, nikotin, alkalo tembakau, fenol, dan kresol. (Haris *dkk*, 2012)

Bahan farmakologik dalam tembakau yang menyebabkan adiksi merokok adalah nikotin. Nikotin merupakan partikel padat yang sangat mudah diserap oleh selaput lendir mulut, hidung, dan jaringan paru. Satu batang rokok mengandung kurang lebih 8,4 mg nikotin, ketika terbakar nikotin mengalami aerosoliasi ke dalam bentuk tardan mencapai jumlah 1,6 mg per batang , asap rokok yang terinhalasi dapat mencapai saluran nafas kecil dan alveoli, sekitar 82-92% nikotin dapat diabsorbsi dalam sirkulasi jaringan paru akan segera terdistribusi ke otak dan jaringan jantung. Waktu distribusi sangat pendek sekitar 8 menit dan tereliminasi dalam waktu 2 jam kemudian. Selama 2 menit pertama saat absorbs, kosentrasi nikotin arterial melebihi konsentrasi dalam vena sekitar 6 sampai 10 kali lipat. Reaksi organ dan jaringan terhadap pajanan inhalasi asap

rokok dapat bermacam-macam, antara lain dapat berkembang menjadi PPOK, kanker paru, kanker laring, kanker rongga mulut, kanker esophagus (Amu, 2007).

Tabel 2.4 Bahan Asap Rokok

Penyakit	Bahan- bahan yang berhubungan	Yang memperburuk
Ketergantungan tembakau	Utama : nikotin Lainnya : alkaloid nikotin bahan untuk rasa	Asetaldehid
Kardiovaskuler	Utama : karbon monoksida, nitrogenoksida, hydrogen sianida, tar Lainnya : cadmium, bkarbondisulfida	Nikotin, macam-macam alkyl
PPOK	Hydrogen sianida, aldehyd yang mudah menguap, nitrogen oksida, karbonmonoksida, tar	
Kanker paru dan kanker laring	Utama : Pah, NNK Lainnya : Polonium, formaldehyd, asetaldehid, butadiene, logam logam (Cr, Cd, N)	Katekolamin, asetaldehid, diet, macam macam alkyl
Kanker rongga mulut	Utama : NNN, NNK Lainnya : PAH	Herpes simpleks iritasi
Kanker esophagus	NNN	Etanol, diet
Penyakit kandung kemih	4 Aminobifenil 2 naftilamin Amin aromatic	Etanol, diet
Kanker pankreas	NNK, NNAL	Diet

(Amu, 2007)

2.3.4 Kandungan Rokok Kretek

Rokok kretek mengandung campuran tembakau dan 30% hingga 40% bunga cengkeh kering. Kandungan tar, nikotin dan karbon monoksida rokok kretek lebih tinggi daripada rokok putih. Rokok kretek mempunyai kadar nikotin dan tar 2-3 kali lebih besar dari rokok putih. Setiap batang rokok kretek menghasilkan 34 - 65 mg tar, 1,9 - 2,6 mg nikotina dan 18 - 28 mg karbonmonoksida (Widodo, 2006).

Cengkeh (bunga cengkeh) sebagai bahan campuran dalam rokok kretek ternyata mengandung zat aktif eugenol berkadar tinggi, yaitu 82-87 persen.

Kandungan ini setara dengan 120 - 130 mg eugenol bagi setiap 1 gram bunga cengkeh kering. Rokok kretek yang beredar di pasaran saat ini mengandung zat aktif eugenol hingga 12,92 miligram per batang, dan diperkirakan sebanyak 7 mg eugenol dihisap masuk ketika merokok. Eugenol memberi efek toksik pada sistem saraf pusat/ memberi kesan khayal dan menyebabkan karies yang spesifik pada gigi. Rokok kretek mengandung sejumlah bahan reaktif molekuler kimia termasuk reaktif oksigen dan zat radikal (Widodo, 2006).

2.3.5 Asap dan Akibat Pemaparan Asap Rokok Kretek

Asap rokok merupakan aerosol heterogen dari pembakaran tembakau, komponen dalam rokok serta pembungkusnya. Setiap batang rokok mengandung banyak bahan kimia diantaranya adalah: nikotin, karbon monoksida, dan tar yang bersifat karsinogenik dan radikal bebas, seperti radikal nitric oxide (-NO, -NO₂) dll. Radikal bebas merupakan oksidan yang dapat berdampak negatif antara lain mengganggu integritas sel dan dapat bereaksi dengan komponen sel, yaitu: komponen struktural, merusak protein (termasuk enzim) dan DNA, yang akhirnya akan terjadi kerusakan sel (Christyaningsih 2003). Nikotin dalam rokok yang dihasilkan dari asap arus utama (*mainstream*) adalah 4 – 6 kali lipat daripada asap arus samping (*sidestream*) (Widodo, 2006).

Zat yang dianggap karsinogenik dalam asap rokok ialah persenyawaan hidrokarbon aromatik polisiklik (zat ter) dan kelainan yang ditimbulkan berupa hiperplasia sel basal, metaplasia sel mukosa atau karsinoma pada epitel bronkhus (Widodo, 2006). Dengan menggunakan *gas kromatografi spektrometri*, dalam asap rokok kretek ditemukan adanya lima bahan/senyawa kimia yang tidak ditemukan pada asap rokok putih. Senyawa kimia tersebut adalah: *eugenol*,

acetyl eugenol, *B-caryophyllene*, *x-humulene* dan *caryophyllene epoksida* (Widodo, 2006).

2.4 Antioksidan

2.4.1 Definisi

Dalam pengertian kimia, senyawa antioksidan adalah senyawa pemberi elektron (*electron donor*). Secara biologis pengertian antioksidan adalah senyawa yang mampu meredam dampak negatif oksidan dalam tubuh atau dapat menangkal radikal bebas penyebab kerusakan sel dalam tubuh. Antioksidan adalah substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal, protein, dan lemak (Syah, 2009).

Senyawa kimia maupun suatu reaksi yang dapat menghasilkan spesies oksigen yang potensial bersifat toksik dapat dinamakan pro-oksidan. Sebaliknya, senyawa kimia maupun reaksi yang mengeluarkan spesies oksigen tersebut, menekan pembentukannya, atau melawan kerjanya disebut antioksidan (Syah, 2009).

Dalam sebuah sel normal terdapat keseimbangan antara pro-oksidan dan antioksidan. Namun demikian, keseimbangan ini dapat bergeser ke arah pro oksidan ketika produksi spesies oksigen tersebut sangat meningkat dan ketika kadar antioksidan menurun. Keadaan ini dinamakan stress oksidatif dan dapat mengakibatkan kerusakan sel yang berat jika stress tersebut massif atau berlangsung lama (Syah, 2009).

2.4.2 Sumber Antioksidan

Antioksidan Biologis dapat dibagi berdasarkan proses enzimatik dan non enzimatik yang terdiri atas enzim-enzim yang disintesis oleh tubuh seperti SOD<

katalase, Se-Glutathion peroksidase, dan fosfolipid hidroperokside glutathion perokside. Sedangkan yang termasuk antioksidan proses non enzimatik adalah antioksidan eksogen yang berasal dari luar tubuh yang terbagi atas antioksidan larut lemak (alfa tokoferol, karotenoid, quinon dan bilirubin) dan antioksidan larut air (asam askorbat, asam urat, protein pengikat logam, dan protein pengikat heme) (Prangdimurti, 1999).

Antioksidan alami di dalam makanan dapat berasal dari senyawa antioksidan yang sudah ada di dalam komponen makanan, senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi reaksi selama proses pengolahan makanan, maupun senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami dan ditambahkan ke makanan sebagai bahan tambahan pangan. Sebagian besar senyawa antioksidan dalam diet berasal dari sumber tanam-tanaman (Syah, 2009).

2.5 Superoksid Dismutase (SOD)

2.5.1 Definisi

Superoksid Dismutase adalah enzim antioksidan yang pertama diisolasi oleh Mann dan Keilis pada tahun 1938 (McKersie, 1996). SOD memegang peranan penting dalam melindungi sel dari stress oksidatif dan secara tidak langsung menjaga keseimbangan dari berbagai macam radikal bebas yang bersifat toksik bagi sel (Touati, 1992). Aktivitas SOD ditemukan pada seluruh organisme yang menggunakan oksigen dan akan menyusun mekanisme pertahanan melawan keracunan yang diakibatkan oleh oksigen (Wanders and Denis, 1991).

2.5.2 Mekanisme Kerja

SOD bekerja dengan jalan mengkatalisa dismutase dari *superoksid* menjadi hidrogen peroksida (H_2O_2) dan oksigen (Wanders and Denis, 1991).

SOD mengambil dua molekul superoksida, mengupas ekstra elektron salah satu molekul dan meletakkannya pada molekul lainnya. Jadi, salah satu molekul berakhir dengan kehilangan sebuah elektron membentuk oksigen normal, sedangkan molekul lainnya berakhir dengan tambahan elektron. Molekul yang memiliki tambahan elektron kemudian mengambil dua ion hidrogen secara cepat untuk membentuk hidrogen peroksida. Sel menggunakan enzim katalase untuk mendetoksifikasi hydrogen peroksida (Goodsell, 2007).



2.5.3 Klasifikasi SOD

Semua enzim SOD menggunakan ion logam berbeda untuk melakukan reaksi *electron-shuffling*. Pada sel-sel mamalia, dikenal 3 jenis SOD, yaitu cytosolic Cu/Zn-SOD, mitokondrial MnSOD, dan ekstraseluler (EcSOD). Cu, Zn-SOD merupakan salah satu jenis SOD yang dipercaya memegang peranan penting dalam garis depan pertahanan tubuh oleh antioksidan (Mates and Jimenez, 1999). Enzim ini disusun oleh 2 subunit identik dengan berat molekul 32 kDa. Setiap subunit dari enzim ini mengandung sekelompok organ, active site, disusun oleh atom tembaga (Cu) dan Seng (Zn) dan dijabatani oleh residu histamin (Mates, 1999). SOD ekstraseluler relative jarang ditemukan (Liou, 1993)

2.6 Polifenol

2.6.1 Definisi

Polifenol adalah bagian utama makanan yang berasal dari tumbuhan dan merupakan antioksidan utama dari diet. Sumber utama polifenol adalah sayur dan buah-buahan. Beberapa ratus polifenol yang berbeda diidentifikasi pada makanan. Sebagai antioksidan, polifenol melindungi bagian utama sel melawan

kerusakan oksidatif dan oleh sebab itu membatasi resiko berbagai penyakit degenerative yang berkaitan dengan stress oksidatif (Scalbert, 2005).

2.6.2 Klasifikasi Polifenol

Polifenol terdiri dari 2 tipe utama yaitu flavonoid dan asam fenolik. Flavonoid dibagi ke dalam beberapa kelas yaitu flavones, flavonols, flavanols, flavanones, isoflavones, proanthocyanidind, and anthodyanins. Asam fenolik yang paling umum adalah asam caffeic yang ada pada buah-buahan dan sayur-sayuran. Selain asam caffeic, asam fenolik yang juga umum adalah asam ferulik yang banyak terdapat pada sereal dan diesterifikasi menjadi hemiselulosa pada dinding sel (Scalbert, 2005).

2.6.3 Mekanisme Kerja

Penyakit-penyakit degeneratif seperti kanker, penyakit jantung, osteoporosis, dan lain-lain berkaitan dengan penuaan. Kerusakan oksidatif pada komponen sel, DNA, protein, dan lemak terakumulasi dengan usia dan berkontribusi pada *degeneration* sel somatic dan pada pathogenesis penyakit-penyakit ini. Antioksidan pada makanan dapat membantu membatasi kerusakan ini dengan beraksi langsung pada spesies oksigen atau dengan sistem stimulasi pertahanan endogen. Kelompok fenolik pada polifenol dapat menerima elektron untuk membentuk radikal *phenoxyl* yang relative stabil, dengan demikian akan mengganggu reaksi oksidasi pada komponen seluler (Scalbert, 2005).

Potensi antioksidan polifenol telah dievaluasi *in vitro* dengan mengukur kemampuannya menjerat radikal bebas dan mengurangi zat kimia lain. Potensi tersebut dibandingkan dengan substansi referensi, biasanya Trolox (sebuah turunan vitamin E larut air), gallic acid, atau cathechin. Pada semua kasus, reaksi

yang dipelajari adalah pengurangan sebuah oksidan oleh polifenol (Scalbert, 2005).

Polifenol juga mampu melindungi DNA melawan kerusakan akibat agen sitotoksik. Secara *in vitro*, polifenol mampu menghambat formasi antara *activated polycyclic hydrocarbon* dan DNA. Terutama, daya antimutagenik asam alleric telah terbukti dengan jelas (Scalbert, 2005).

