

## Penapisan Aktivitas Superoksida Dismutase pada Berbagai Tanaman

Wahyu Widowati\*, Ratu Safitri\*\*, Rymond Rumumpuk\*\*\*, Marlinda Siahaan\*\*\*\*

\*Universitas Kristen Maranatha Bandung, MKU, \*\* Universitas Padjadjaran Bandung, Fakultas MIPA, \*\*\*Universitas Negeri Manado, Fakultas MIPA  
\*\*\*\*Universitas Advent Indonesia Bandung, Fakultas MIPA

### Abstrak

Senyawa radikal bebas dapat mengganggu integritas sel karena bersifat sangat reaktif bereaksi dengan komponen-komponen sel baik komponen struktural maupun komponen fungsional. Untuk meredam dan mencegah reaksi berantai dari radikal bebas diperlukan antioksidan eksogen. Antioksidan alami asal tumbuhan semakin diminati karena mempunyai tingkat keamanan lebih baik dibanding antioksidan sintetik. Dunia tumbuhan baik dari rempah, bumbu, sayuran, buah-buahan, tanaman obat banyak mengandung senyawa antioksidan. Aktivitas antioksidan dalam mendismutase radikal superoksida ( $O_2^-$ ) pada berbagai tanaman diharapkan dapat membantu untuk mengetahui sumber antioksidan alami yang potensial. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa daun salam (*Eugenia polyanta* Wight), batang secang (*Caesalpinia sappan* L.) ; buah dan daun jambu klutuk (*Psidium guajava* L.) mempunyai aktivitas Superoksida dismutase (SOD) 100%

**Key words** : superoksida dismutase, antioksidan alami, radikal bebas

### Abstract

Free radicals can be damaged on cell integration, because free radicals very reactive to cell component either structur component or functional component. To scavenge and inhibit chain reaction of free radicals were required exogen antioxidant. Natural antioxidant from plant was more interested because its more safe than synthetic antioxidant. Plant in the world such as spices, vegetables, fruits, medicine plants much contain antioxidant. Antioxidant activity to dismutate superoxide radical ( $O_2^-$ ) from various plant was expected capable to help know potential natural antioxidant resources. This research was found out that salam leaf (*Eugenia polyanta* Wight), sappan wood (*Caesalpinia sappan* L.), seed and fruit guava have (*Psidium guajava* L.) superoxide dismutase (SOD) activity 100%.

**Key words** : superoxide dismutase, natural antioxidant, free radicals

## Pendahuluan

Senyawa radikal bebas merupakan produk samping metabolisme normal tubuh seperti metabolisme sel, olah raga berlebihan, peradangan atau ketika tubuh terpapar polusi lingkungan seperti asap rokok, asap kendaraan, bahan pencemar, toksin, pestisida, radiasi matahari, radiasi ultra violet, peningkatan konsumsi makanan yang mengandung asam lemak tidak jenuh (Wijaya, 1996; Suyatna, 1998; Halliwell dan Gutteridge, 1999; Salim, 1999).

Di dalam sel hidup radikal bebas terbentuk pada membran plasma, mitokondria, peroksisom, retikulum endoplasmik dan sitosol melalui reaksi-reaksi enzimatik yang normal berlangsung selama metabolisme (Suyatna, 1998; Halliwell dan Gutteridge, 1999).

## Jenis radikal bebas

Senyawa radikal bebas dapat mengganggu integritas sel karena dapat bereaksi dengan komponen-komponen sel baik komponen struktural (molekul penyusun sel) maupun komponen fungsional (enzim, DNA) (Papas, 1999; Halliwell dan Gutteridge, 1999; Yanwirasti, 1999; Arivazhagan *et al.*, 2000). Berbagai contoh radikal bebas dari *Reactive Oxygen Species* (ROS) adalah radikal superoksida ( $O_2^{\cdot-}$ ), radikal hidroksil ( $\cdot OH$ ), radikal peroksil ( $RO_2^{\cdot}$ ), radikal alkoksil ( $RO^{\cdot}$ ) dan non radikal lainnya yang dapat merangsang oksidasi atau terbentuknya senyawa,

molekul atau atom yang bersifat radikal diantaranya hipoklorit (HOCl), ozon ( $O_3$ ), singlet oksigen ( $^1O_2$ ) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), peroksinitrit ( $ONOO\cdot$ ) sedangkan radikal dari *Reactive Nitrogen Species* (RNS) diantaranya adalah radikal nitrogen oksida ( $NO^{\cdot}$ ), nitrogen dioksida ( $NO_2^{\cdot}$ ), dan radikal nitrogen oksida lainnya (Wiseman dan Halliwell, 1996), karena elektron radikal bebas tidak berpasangan maka mempunyai kecenderungan menarik elektron dari molekul lain dan dapat menyebabkan kerusakan atau kematian sel (Halliwell dan Gutteridge, 1999; Arivazhagan *et al.*, 2000). Menurut Lautan (1997) dan Papas (1999) tidak semua ROS adalah radikal bebas, beberapa ROS yang ada di dalam tubuh adalah radikal superoksida ( $O_2^{\cdot-}$ ), radikal hidroksil ( $\cdot OH$ ), radikal hidroperoksil ( $HO_2^{\cdot}$ ), radikal lipid ( $L^{\cdot}$ ), radikal lipid peroksil ( $LO_2^{\cdot}$ ), radikal lipid alkoksil ( $LO^{\cdot}$ ), radikal nitrogen oksida ( $r(NO_2^{\cdot})$ ), radikal nitrat oksida ( $NO^{\cdot}$ ), radikal thiyil ( $RS^{\cdot}$ ), sedangkan ROS bukan radikal di antaranya adalah hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), singlet oksigen ( $^1O_2$ ), hidroperoksida lipid (LOOH), kompleks besi-oksigen ( $Fe=O$ ), hipoklorit (HOCl).

Radikal endogen adalah radikal hasil proses-proses endogen atau metabolisme seluler yang melibatkan oksigen, meliputi proses-proses enzimatik, autoksidasi yang dikatalisis logam transisi, peroksidasi lipid, logam transisi, termasuk sistem transport elektron dalam

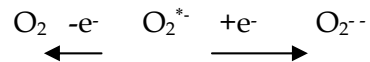
mitokondria dan mikrosom, oksidatif fagositik, dan reaksi lainnya.

### Radikal Anion Superoksida

Pada sistem biologi dalam keadaan normal reduksi  $O_2$  menjadi  $H_2O$  dalam rantai pernafasan dikatalisis oleh enzim sitokrom oksidase memerlukan empat buah elektron, namun 10% total konsumsi oksigen dalam mitokondria dan sistem transport elektron mikrosomal, metabolisme asam arakhidonat dan reaksi reaksi dalam peroksisome menghasilkan ROS (Lautan, 1997; Shahidi, 1999) Reduksi oksigen sebagian (reduksi univalen) melepaskan superoksida melalui kebocoran rantai transport elektron. Reduksi oksigen univalen berlangsung dalam sel dan ribuan reaksi di proses metabolik. Sebagai contoh ROS dihasilkan melalui fungsi oksigenase pada retikulum endoplasma dan autooksidasi flavin dan tiol tereduksi. Oksidase

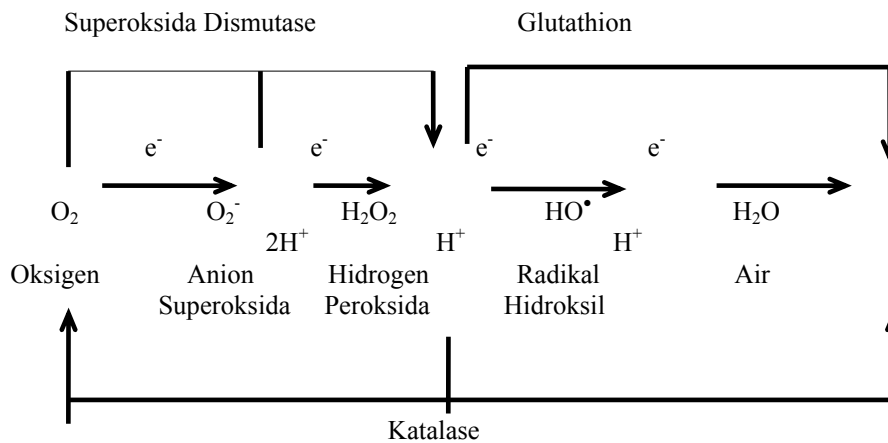
dan sistem transport elektron juga merupakan sumber utama ROS. Pembentukan  $H_2O_2$  dalam sel juga merupakan proses normal dan 15 persen dari oksidan ini dihasilkan dalam mitokondria. Reduksi univalen yaitu masing-masing hanya mengambil sebuah  $e^-$ , dengan menerima  $1 e^-$  terbentuk  $O_2^{\cdot-}$  yang juga dibatasi oleh dismutasi spontan. Jalur reduksi univalen dan perlindungan antioksidan sistem enzim dapat dilihat Gambar 1.

Superoksida dapat bersifat pengoksidasi atau pereduksi yang terlibat dalam transfer elektron.

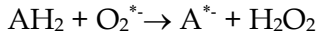


Superoksida mereduksi pewarna kuning nitroblue tetrazolium ( $NBT^{2+}$ ) menjadi biru formazan, kemampuan ini digunakan pada pengukuran aktivitas superoksida dismutasi (SOD).

Sebagai pengoksidasi misalnya mengoksidasi askorbat :

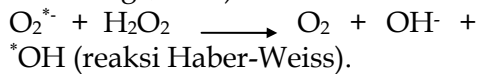


Gambar 1. Jalur reduksi univalen dari oksigen dan enzim-enzim antioksidan.

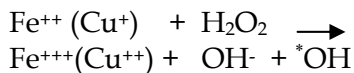
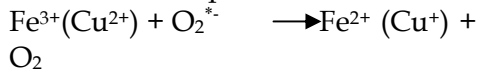


Radikal bebas dan ROS yang dapat terbentuk di dalam sel eritrosit adalah  $O_2^-$ ,  $H_2O_2$  dan peroksil ( $ROO^*$ ). Superoksida di dalam eritrosit terbentuk karena proses autoksidasi hemoglobin (Hb) menjadi metHb (metyoglobin). Ion  $Fe^{2+}$  dari Hb, sangat rentan terhadap oksidasi oleh radikal bebas misalnya oleh  $O_2^-$  sehingga terbentuk metHb yang tidak mampu mengangkut oksigen. Dalam keadaan normal hanya sedikit terbentuk metHb karena terdapat sistem yang efektif untuk mereduksi  $Fe^{3+}$  menjadi  $Fe^{2+}$ . Superoksida juga terbentuk dari berbagai reaksi enzimatik yang dikatalisasi oleh flavin oksidase, xantin oksidase, monoaminase oksidase, autoksidase tiol misalnya glutation, katekolamin, dan asam askorbat.

Radikal anion superoksida akan sangat berbahaya apabila terdapat bersama-sama dengan hidrogen peroksida karena akan menghasilkan radikal hidroksil, dengan reaksi sebagai berikut (Suryohudoyo, 1993, Halliwell dan Gutteridge, 1999) :



Reaksi ini akan memerlukan ion  $Fe^{3+}$  dan  $Cu^{2+}$  dan terjadi melalui reaksi dua tahap :



### Antioksidan sebagai Sistem Perlindungan terhadap Oksidan

Antioksidan dalam pengertian kimia adalah senyawa pemberi elektron sedangkan pengertian biologis antioksidan adalah semua senyawa yang dapat meredam radikal bebas dan *Reactive Oxygen Species* (Suryohudoyo, 1993, Halliwell dan Gutteridge, 1999; Arivazhagan *et al.*, 2000).

Sistem antioksidan tubuh sebagai mekanisme perlindungan terhadap serangan radikal bebas secara alami telah ada di dalam tubuh terdiri dari banyak komponen diantaranya superoksida dismutase (SOD), glutation peroksidase (GPx), katalase (CAT), glutation-S-transferase (GST) dan antioksidan ekstraseluler yang berasal dari makanan seperti  $\alpha$ -tokoferol,  $\beta$ -karoten, vitamin c, ubiquinol dan flavonoid, jadi antioksidan adalah senyawa-senyawa yang mampu menghilangkan, membersihkan, menahan pembentukan ataupun meniadakan efek radikal bebas. Kekurangan salah satu komponen tersebut akan menyebabkan terjadinya penurunan status antioksidan secara menyeluruh dan berakibat perlindungan tubuh terhadap serangan radikal bebas melemah yang berarti rentan terhadap berbagai penyakit (Wijaya, 1998; Arivazhagan *et al.*, 2000).

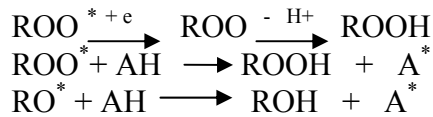
Bila produksi radikal bebas dalam tubuh terus meningkat karena pengaruh eksternal diantaranya xenobiotik atau meningkatnya konsumsi makanan yang mengandung asam lemak tak jenuh maka

sistem pertahanan antioksidan tubuh tidak akan efektif lagi bekerja sebagai pelindung serangan radikal bebas sehingga terjadi stres oksidatif, untuk mencegah terjadinya stres oksidatif maka diperlukan suplemen antioksidan (Halliwell dan Gutteridge, 1999; Ibrahim *et al.*, 1999; Shahidi, 1999; Papas, 1999; Subarnas, 2001).

### Jenis Antioksidan

Antioksidan diklasifikasikan (Hudson, 1999; Shahidi, 1999; Fardiaz, 2001; Pokorny *et al.*, 2001) :

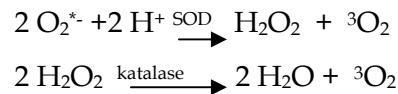
1. Antioksidan primer bekerja sebagai pemutus reaksi berantai, bereaksi dengan radikal lipid mengubahnya menjadi produk yang lebih stabil, dan sebagai antioksidan preventif dengan mengurangi kecepatan reaksi inisiasi, mencegah autooksidasi lipid melalui pemberian atom hidrogen yang cepat kepada radikal lipid. Antioksidan yang termasuk golongan ini adalah fenolik seperti butylated hydroxyanisole (BHA), tertiary butyl hydroquinone (TBHQ), butylated hydroxytoluene (BHT), senyawa alami flavonoid.



2. Antioksidan sekunder bekerja memperlambat laju autooksidasi melalui berbagai mekanisme yaitu melalui pengikatan ion logam, penangkapan oksigen,

penguraian hiperoksida menjadi produk non radikal, penyerapan radiasi UV, deaktivasi singlet oksigen. Yang termasuk golongan ini adalah asam askorbat, askorbil palmitat, asam eritorbat, natrium eritorbat sebagai antioksidan sekunder untuk menstabilkan produk pangan dan pakan berlemak.

Pada sistem biologi berbagai macam radikal bebas akan berperan dalam oksidasi lipid, radikal superoksida ( $\text{O}_2^*$ ) yang dihasilkan oleh xanthine oksidase dan hidrogen peroksida dapat dirubah oleh enzim SOD (superoksida dismutase), enzim katalase berperan penting dalam merubah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen



Berdasarkan pembentukan dan asalnya antioksidan dalam tubuh makhluk hidup digolongkan menjadi dua golongan yaitu antioksidan endogen dan antioksidan eksogen. Antioksidan endogen adalah antioksidan secara alami terdapat dalam tumbuhan, hewan, manusia terdapat baik intra maupun ekstraselular. Antioksidan eksogen yaitu antioksidan yang ditambahkan dari luar, pada produk makanan sering ditambahkan antioksidan untuk menghambat kerusakan oksidatif sedangkan hewan, manusia sering mengkonsumsi antioksidan untuk menghambat terjadinya stres oksidatif

(Halliwell, 1994; Sidik, 1997; Papas, 1999; Halliwell dan Gutteridge, 1999; Shahidi, 1999; Arivazhagan *et al.*, 2000).

Berdasarkan jenisnya antioksidan dibagi antioksidan alami dan sintetik. Akhir-akhir ini penelitian tentang antioksidan alami khususnya berasal dari tumbuhan semakin diminati karena (Sidik, 1997) :

1. Antioksidan alami mempunyai tingkat keamanan yang lebih baik dibandingkan dengan antioksidan sintetik.
2. Manfaat antioksidan yang luas di bidang pengawetan pangan, kesehatan, kosmetik dan pencegahan penyakit yang disebabkan radikal bebas.

Dari berbagai macam tumbuhan mengandung antioksidan diantaranya vitamin C, tokoferol, karotenoid, polifenolik diantaranya flavonoid, isoflavonoid. Senyawa fenolik sebagai antioksidan tersebar luas dalam dunia tumbuhan dan beberapa diantaranya lebih efektif dari pada tokoferol, vitamin C dan antioksidan sintetik (Sidik, 1997, Shahidi, 1999; Saftri, 2002). Polifenol adalah senyawa fenolik yang memiliki lebih dari satu gugus hidroksil (OH), golongan senyawa ini terdapat pada berbagai jenis tumbuhan yang mempunyai berbagai macam aktivitas biologi salah satunya adalah aktivitas antioksidan (Shahidi, 1999; Bors *et al.*, 2001; Subarnas, 2001; Miller, 2002).

Flavonoid merupakan salah satu golongan fenolik alam yang

terbesar, menurut perkiraan kira-kira 2 % dari seluruh karbon yang difotosintesis oleh tumbuhan (kira-kira  $1 \times 10^9$  ton/th) dirubah menjadi flavonoid atau senyawa yang berkaitan dengannya (Markham, 1988).

Menurut Halliwell dan Gutteridge (1999) berbagai tumbuhan sebagai sumber fenolik sebagai antioksidan adalah flavanol diantaranya epikatesin, katesin, epigalokatesin, galat epikatesin, galat epigalokatesin terdapat pada teh hitam, teh hijau dan anggur merah; flavanon diantaranya naringin, taksifolin terdapat pada kulit dan buah jeruk; flavonol diantaranya kaempferol, quersetin, mirisetin terdapat pada brokoli, redish, anggur merah, kulit apel, buah anggur merah, teh, lettuce; flavones diantaranya krisin, apigenin pada kulit buah, parsley; antosianidin diantaranya malvidin, sianidin, apigenidin terdapat pada buah anggur merah, minuman anggur merah, cherry, strawberry, buah berwarna dan kulitnya; fenilpropanoid diantaranya asam kafeat, asam kumarat- $\rho$ , asam klorogenat terdapat pada kubis, buah anggur, anggur putih, kopi, tomat, asparagus, pear, apricot, blueberry.

### **Antioksidan flavonoid**

Telah diketahui ternyata flavonoid memiliki sejumlah kemampuan yaitu dapat memerangkap menghambat pembentukan radikal bebas hidroksil, anion

superoksida, radikal peroksil, radikal alkoksil, singlet oksigen, hidrogen peroksida (Shahidi, 1999; Miller, 2002).

Menurut Halliwell dan Gutteridge (1999) mekanisme kerja antioksidan flavonoid meliputi :

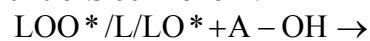
1. Menekan pembentukan radikal bebas atau ROS dengan cara menghambat enzim, pengkelatan ion logam (*metal ion chelating*) yang terlibat produksi radikal bebas

2. Meredam radikal bebas (*free radicals scavengers*)

Peroksidasi lipid dapat dicegah pada tahap inisiasi dengan *radical scavengers*, sementara reaksi propagasi dapat dicegah dengan *peroxy-radical scavenger* diantaranya dengan antioksidan flavonoid (Shahidi, 1999) :



Terminasi radikal lipid ( $L^*$ ), radikal lipid peroksil ( $\text{LOO}^*$ ), radikal alkoksil ( $\text{LO}^*$ ) yang terbentuk melalui reinisiasi dari peroksidasi lipid, dapat dilakukan oleh antioksidan fenolik



A-OH : fenol ( $\alpha$ -tokoferol, flavonoid)

AO\* : radikal fenoksi

Flavonoid dapat mereduksi radikal bebas seperti radikal anion superoksida ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ), radikal peroksil ( $\text{ROO}^*$ ), radikal alkoksil ( $\text{RO}^*$ ), radikal hidroksil ( $^{\cdot}\text{OH}$ ) (Papas, 1999; Shahidi, 1999; Subarnas, 2001).

Flavonoid menghambat enzim yang bertanggungjawab pada produksi radikal anion superoksida seperti xantin oksidase dan protein kinase. Flavonoid juga menunjukkan penghambatan terhadap siklo-oksigenase, lipoksinase, mikrosomal monooksigenase, glutathion S-transferase, suksin oksidase mitondria, dan NADH oksidase yang seluruhnya terlibat dalam pembentukan ROS (Pieta, 2000).

Flavonoid merupakan antioksidan 'kelas tinggi' karena bekerja dengan memerangkap (*scavenging*) radikal bebas dan ROS seperti radikal anion superoksida, dan radikal bebas hidroksil.

Dalam upaya mencari antioksidan alami yang baru baik berasal dari rempah, bumbu, tumbuhan obat, buah-buahan, sayuran perlu dilakukan untuk mengetahui aktivitas antioksidan yang terkandung didalamnya. Secara umum tumbuhan mengandung senyawa antioksidan dan senyawa ini tersebar pada berbagai tumbuhan seperti akar, batang, kulit, ranting, daun, bunga, buah dan biji.

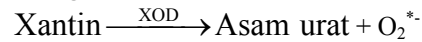
Untuk mengetahui aktivitas antioksidan yang terkandung di dalamnya diantaranya dengan mengukur aktivitas superoksida dismutase (SOD), pengujian superoksida dismutase (SOD) merupakan salah satu parameter untuk mengetahui adanya aktivitas antioksidan yaitu berdasarkan kemampuannya menghambat reaksi yang dikatalisis oleh  $\text{O}_2^{\cdot-}$  (Constantino *et al.*, 1992).

## Antioksidan Superoksida

### Dismutase

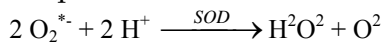
Prinsip dasar pengukuran superoksida dismutase (SOD) :

Reaksi antara xantin dan xantin oksidase yang digunakan menghasilkan  $O_2^{*-}$



Radikal superoksida yang dihasilkan akan bereaksi dengan Blue tetrazolium (NBT) sehingga menghasilkan pewarna formazan biru ungu.

$NBT + O_2^{*-} \rightarrow$  Pewarna Formazan  
SOD yang terdapat dalam plasma atau serum berlomba dengan NBT untuk bereaksi dengan radikal superoksida sehingga menghambat pembentukan zat warna



Aktivitas SOD diukur pada 560 nm melalui derajat penghambatan (inhibisi) pembentukan zat warna.

Aktivitas enzim SOD dapat dinilai berdasarkan kemampuannya menghambat reaksi yang dikatalisi oleh radikal superoksida, seperti

menghambat reduksi sitokrom C dan nitro blue tetrazolium (NBT).

### Materi dan Metode Penelitian

Untuk mengetahui aktivitas SOD pada berbagai tanaman sayuran, buah-buahan, rempah, bumbu dan bunga terdiri dari 140 tanaman.

Sebelum dilakukan uji aktivitas SOD setiap jenis tanaman diekstraksi dengan cara maserasi. Setiap jenis tanaman haluskan terlebih dahulu sampai menjadi serbuk kemudian diekstraksi dengan etanol 95 % menggunakan metode maserasi. Satu kg serbuk secang direndam dengan 5 liter etanol, lama perendaman sampai 144 jam.

Ekstraksi diulang 3 kali sehingga jumlah etanol yang dibutuhkan 15 liter sampai filtrat bening, Filtrat yang ditampung dikumpulkan jadi satu untuk selanjutnya diuapkan menggunakan rotary vacuum evaporator, sehingga bebas etanol dan ekstrak yang diperoleh berbentuk pasta kemudian dievaporasi lagi sampai menghasilkan bentuk powder.

### Tahapan Reaksi penghambatan Reduksi NBT

1.  $\text{Xantin} \xrightarrow{\text{Xantin Oksidase}} \text{Superoksida } (O_2^{*-})$
2.  $\text{NO}_2\text{TB} + O_2^{*-} \xrightarrow{\text{diinkubasi pada } 37^\circ\text{C}}$   
Menghambat reduksi NBT, menghambat warna biru
3. Sampel mengandung SOD  $\xrightarrow{\text{selama } 20 \text{ menit}}$  Menghambat reduksi NBT, menghambat warna biru
4. Warna yang terbentuk diukur pada spektroskopi visibel,  $\lambda = 560 \text{ nm}$



### Pengujian aktivitas SOD :

	Sampel (E <sub>S</sub> )	Kontrol (E <sub>BI</sub> )	Sampel-blanko (E <sub>S-BI</sub> )	Blanko-blanko (E <sub>BI-BI</sub> )
Sampel	12,5 µl	-	12,5 µl	-
DMSO	-	12,5 µl	-	12,5 µl
NBT	250 µl	250 µl	250 µl	250 µl
Enzim XO	250 µl	250 µl	-	-
Inkubasi pada suhu 37°C selama 20 menit				
SDS	500 µl	500 µl	500 µl	500 µl
Absorbansi diukur pada panjang gelombang 560 nm				
Data	E <sub>S</sub>	E <sub>BI</sub>	E <sub>S-BI</sub>	E <sub>BI-BI</sub>

$$(\%) \text{ aktivitas SOD} = [1 - (E_S - E_{S-BI}) / (E_{BI} - E_{BI-BI})] \times 100$$

E<sub>S</sub> = campuran enzim, xantin dan ekstrak (hasil serapan cahaya sampel)

E<sub>BI</sub> = campuran Blank (kontrol), substrat dan ekstrak (hasil serapan cahaya kontrol)

E<sub>S-BI</sub> = campuran enzim, substrat dan DMSO (hasil serapan cahaya blanko sampel)

E<sub>BI-BI</sub> = campuran Blank, substrat dan DMSO (hasil serapan cahaya blanko kontrol)

### Hasil Penelitian

Tabel 1. Rata-rata hasil uji aktivitas antioksidan terhadap berbagai spesies tanaman dengan menggunakan metoda xantin-xantin oksidase atau SOD.

No. Sampel	Nama Lokal	Nama Latin	Familia	Organ	Aktivitas SOD (%)
1.	Leunca	<i>Solanum nigrum</i> L.	<i>Solanaceae</i>	buah	21,4
2.	Randamidang	<i>Cosmos bipinnatum</i> H.B.K	<i>Asteraceae</i> ( <i>Compositae</i> )	daun	18,0
3.	Seledri	<i>Apium graveolens</i> L.	<i>Apiaceae</i>	daun	13,8
4.	Jeruk Limau	<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle	<i>Rutaceae</i>	buah	42,5
5.	Salada Air	<i>Nasturtium officinale</i> RBr	<i>Brassicaceae</i>	daun	67,1
6.	Genjer	<i>Limnocharis flava</i> L. Buchenan	<i>Butomaceae</i>	daun	15,3
7.	Singkong	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	<i>Euphorbiaceae</i>	daun	72,6
8.	Bayam	<i>Amaranthus hybridus</i> L	<i>Amaranthaceae</i>	daun	28,1
9.	Caisim (Sawi hijau)	<i>Brassica juncea</i> L. Chern	<i>Brassicaceae</i>	daun	22,8
10.	Jengkol	<i>Pithecellobium lobatum</i> Benth.	<i>Mimosaceae</i>	buah	17,1
11.	Terong lalab	<i>Solanum melongena</i> L.	<i>Solanaceae</i>	buah	45,3
12.	Kacang Merah	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	<i>Papilionaceae</i>	biji	2,1
13.	Katuk	<i>Sauropus androgynus</i> L. Merr	<i>Euphorbiaceae</i>	Daun	35,3
14.	Melindo	<i>Gnetum gnemon</i> L.	<i>Gnetaceae</i>	Daun	53,7
15.	Daun Salam	<i>Eugenia polyanta</i> Wight	<i>Myrtaceae</i>	daun	100,0
16.	Daun Jeruk Purut	<i>Citrus hystrix</i> Dc	<i>Rutaceae</i>	daun	23,6
17.	Belimbing Wuluh	<i>Averrhoa belimbi</i> L.	<i>Oxalidaceae</i>	buah	28,9
18.	Pala	<i>Myristica fragrans</i> Houtt.	<i>Myristicaceae</i>	buah	78,7
19.	Keluwek	<i>Pangium edule</i> Reinw.	<i>Flacouritaceae</i>	buah	37,6

20.	Paria	<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	buah	39,3
21.	Ketimun	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae	buah	27,3
22.	Lemon	<i>Citrus limon</i> L.	Rutaceae	buah	27,5
23.	Kecipir	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> DC.	Papilionaceae	buah	22,4
24.	Daun Tangkil	<i>Gnetum gnemon</i> L.	Gnetaceae	daun	37,7
25.	Lengkuas (young)	<i>Alpinia galanga</i> L. Swartz	Zingiberaceae	rizoma	30,0
26.	Lengkuas Tua (Old)	<i>Alpinia galanga</i> , L.	Zingiberaceae	rizoma	79,6
27.	Kencur	<i>Kaempferia galanga</i> L. Roscoe	Zingiberaceae	rizoma	0,0
28.	Kunyit	<i>Curcuma domestica</i> Val	Zingiberaceae	rizoma	5,3
29.	Daun Genjer	<i>Limnocharis flava</i> L. Buchenan	Butomaceae	daun	52,3
30.	Kembang Genjer	<i>Limnocharis flava</i> L. Buchenan	Butomaceae	bunga	21,2
31.	Sereh	<i>Cymbopogon nardus</i> Rendle	Poaceae	batang	27,8
32.	Cabe Gendot	<i>Capsicum annum</i> L. var. <i>Abbreviatum</i> L. Geadd	Solanaceae	buah	41,2
33.	Tomat	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Solanaceae	buah	8,5
34.	Singkong matris	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	Euphorbiaceae	Tuber	40,0
35.	Ketan Hitam	<i>Oryza sativa</i> L., var. <i>Glutinosa</i>	Poaceae	biji	14,2
36.	Ketan Putih	<i>Oryza sativa</i> L., var <i>Glutinosa</i>	Poaceae	biji	26,7
37.	Nangka Sayur	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lmk	Moraceae	buah	18,3
38.	Kacang Tanah	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Papilionaceae	biji	24,8
39.	Bawang Daun	<i>Allium fistulosum</i> L.	Amaryllidaceae	daun	36,0
40.	Kacang Panjang	<i>Vigna cylindrica</i>	Papilionaceae	biji	44,7
41.	Jamur Merang	<i>Volvariella volvaceae</i>	Agaricaceae	Tubuh buah	24,9
42.	Kemangi	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Lamiaceae	Daun /biji	21,2
43.	Oyong	<i>Luffa cylindrica</i> Auct. non	Cucurbitaceae	buah	32,3
44.	Waluh Siem	<i>Sechium edule</i> Jack. Swartz.	Cucurbitaceae	buah	60,0
45.	Kacang Polong	<i>Pisum sativum</i> L.	Papilionaceae	biji	26,7
46.	Boled	<i>Ipomoea batatas</i> L.	Convolvulaceae	Tuber	30,9
47.	Singkong	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	Tuber	20,9
48.	Talas	<i>Colocasia esculenta</i> L. Schott	Araceae	Tuber	14,7
49.	Alpukat	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	buah	26,8
50.	Petai	<i>Parkia speciosa</i> Hassk.	Mimosaceae	buah	19,6
51.	Selada bokor	<i>Lactuca sativa</i> L.	Asteraceae	daun	18,8
52.	Cabe Merah	<i>Capsicum annum</i> L. forma <i>Grossum</i>	Solanaceae	buah	8,1
53.	Cabe Keriting Hijau	<i>Capsicum annum</i> L. forma <i>Long Thick</i>	Solanaceae	buah	30,8
54.	Cabe Hijau	<i>Capsicum annum</i> L. forma <i>Chilli</i>	Solanaceae	buah	32,9
55.	Cabe Rawit	<i>Capsicum frutescens</i> L.	Solanaceae	buah	52,9
56.	Asam jawa	<i>Tamarindus indicus</i> L.	Caesalpinaceae	buah	9,2
57.	Keluwih	<i>Artocarpus communis</i> Forst	Moraceae	buah	42,3
58.	Pandan Wangi	<i>Pandanus amaryllifolius</i>	Pandanaceae	daun	36,4
59.	Secang	<i>Caesalpinia sappan</i> L.	Caesalpinaceae	batang	100,0
60.	Kelabet	<i>Trigonella foenum graecum</i> L.	Papilionaceae	biji	20,5
61.	Kapulaga	<i>Amomum cardamomum</i> Auct. non.L.	Zingiberaceae	rizoma	26,2
62.	Jambe	<i>Areca catechu</i> L.	Areaceae	biji	87,9
63.	Cabe areuy	<i>Piper retrofractum</i> vahl.	Piperaceae	biji	46,3
64.	Jinten	<i>Cuminum cyminum</i> L.	Apiaceae	biji	65,6
65.	Peundeuy	<i>Parkia roxburgii</i> G. don	Mimosaceae	biji	34,6
66.	Sirih	<i>Piper betle</i> L.	Piperaceae	daun	74,5
67.	Daun Kunyit	<i>Curcuma domestica</i> Val	Zingiberaceae	daun	59,6
68.	Alang-alang	<i>Imperata cylindrica</i> Ness	Poaceae	akar	30,7
69.	Bit	<i>Beta vulgaris</i>	Chenopodiaceae	tuber	32,6

70.	Daun Labu	<i>Sechium edule</i> Jack. Swartz	Cucurbitaceae	daun	43,8
71.	Jahe	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	Zingiberaceae	rizoma	19,3
72.	Suji	<i>Pleomele angustifolia</i>	Agavaceae	daun	32,7
73.	Tespong	<i>Oenanthe javanica</i> DC.	Apiaceae	biji	60,0
74.	Peucay	<i>Brassica chinensis</i>	Brassicaceae	daun	46,6
75.	Pete Cina	<i>Leucaena leucocephala</i> Bth.	Mimosaceae	buah	39,0
76.	Kacang Roay	<i>Dolichos lab-lab</i> Lmk.	Papilionaceae	biji	34,8
77.	Lempuyang	<i>Zingiber americans</i> Bi.	Zingiberaceae	Rizoma	24,7
78.	Temulawak	<i>Curcuma xanthorrhiza</i> Roxb.	Zingiberaceae	Rizoma	19,5
79.	Temu Item	<i>Curcuma aeruginosa</i> Roxb.	Zingiberaceae	Rizoma	14,6
80.	Temu Putih	<i>Curcuma zedoaria</i> Roxb.	Zingiberaceae	Rizoma	20,0
81.	Kayu Manis	<i>Cinnamomum burmani</i> Bi.	Lauraceae	Kulit batang	71,4
82.	Kayu Manis Cina	<i>Cinnamomum cassia</i> Bi.	Lauraceae	Kulit batang	69,9
83.	Melati	<i>Jasminum sambac</i> Ait.	Oleaceae	bunga	29,6
84.	Kenanga	<i>Canangium odoratum</i> Lmk. Hook of.	Annonaceae	bunga	67,7
85.	Cempaka	<i>Michelia champaka</i> L.	Magnoliaceae	bunga	98,3
86.	Jeruk Bali	<i>Citrus maxima</i>	Rutaceae	buah	36,5
87.	Zuurzak	<i>Annona muricata</i> L.	Annoceae	buah	8,5
88.	Jeruk Siem	<i>Citrus sinensis</i> L. Osbeek	Rutaceae	buah	34,1
89.	Konyal	<i>Passiflora edulis</i> Sims	Passifloraceae	buah	29,7
90.	Kedondong	<i>Spondias cytherea</i> Sonn	Anacardiaceae	buah	22,0
91.	Salak	<i>Salacca edulis</i> Reiw	Arecaceae	buah	6,4
92.	Ender	<i>Anethum graveolens</i> L.	Apiaceae	daun	50,9
93.	Siombak	<i>Rumex sagitatifolia</i>	Asteraceae	daun	21,9
94.	Pakis (Sayur)	<i>Diplazium esculentum</i>	Polypodiaceae	daun	36,0
95.	Daun Ketumbar	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Apiaceae	daun	34,9
96.	Kuca (Lokio)	<i>Allium schoenoprasum</i> L.	Liliaceae	Tuber	26,5
97.	Asam kranji	<i>Dialium indium</i> L.	Caesalpiniaceae	buah	51,5
98.	Sukun	<i>Artocarpus communis</i>	Moraceae	buah	25,9
99.	Bayam	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	daun	38,4
100.	Petai Selong	<i>Leucaena leucocephala</i> Bth.	Mimosaceae	biji	68,2
101.	Jantung Pisang	<i>Musa paradisiaca</i>	Musaceae	buah	32,9
102.	Labu Air	<i>Lagenaria leucantha</i>	Cucurbitaceae	buah	24,8
103.	Kangkung	<i>Ipomoea aquatica</i>	Convolvulaceae	daun	32,0
104.	Daun Pepaya	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	daun	35,3
105.	Kacang kedelai	<i>Glycine max</i> L.	Papilionaceae	biji	27,5
106.	Okra	<i>Abelmoschus moschat</i>	Malvaceae	buah	36,5
107.	Pisang Muli	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	buah	8,5
108.	Pisang Raja Sereh	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	buah	6,5
109.	Pisang Ambon	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	buah	10,8
110.	Plum	<i>Prunus maritima</i> L. Botsch	Rosaceae	buah	11,1
111.	Poh-pohan	<i>Pilea melastomoides</i> Poir. Bl.	Urticaceae	daun	29,0
112.	Cherry	<i>Prunus avium</i>	Rosaceae	buah	34,9
113.	Menteng	<i>Baccaurea racemosa</i> Muell. Arg.	Euphorbiaceae	buah	15,3
114.	Banguang	<i>Pachyrrhizus erosus</i> Urban	Papilionaceae	Tuber	16,3
115.	Pisang Tanduk	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	buah	3,6
116.	Bisbul	<i>Diospyros discolor</i> Willd.	Ebenaceae	buah	24,8
117.	Pisang Nangka	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae	buah	7,4
118.	Cempedak	<i>Artocarpus champeden</i> Spreng.	Moraceae	buah	10,0
119.	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Sapindaceae	buah	6,9
120.	Jambu Klutuk	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Buah/ daun	100/100
121.	Sawo	<i>Achras zapota</i> L.	Sapotaceae	buah	11,0

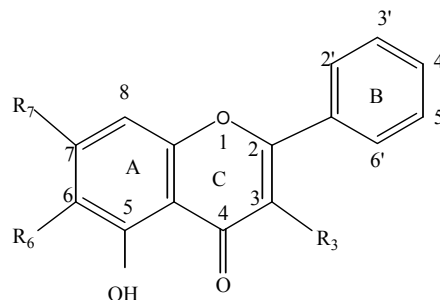
122.	Dukuh	<i>Lansium domesticum</i> Corre.	Meliaceae	buah	3,9
123.	Wortel	<i>Daucus carota</i> L.	Apiaceae	Tuber	7,5
124.	Semi (Jagung)	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae (graminae)	buah	32,8
125.	Radish	<i>Raphanus sativus</i> L.	Brassicaceae	Tuber	34,6
126.	Paria Licin	<i>Momordica charantia</i> L.. Solms	Cucurbitaceae	buah	37,0
127.	Jaliarta			buah	32,7
128.	Daun Yumak	<i>Petroselinum sativum</i>	Apiaceae	daun	35,8
129.	Kacang kolentang	<i>Canafolia ensiformis</i> L. DC.	Papilionaceae	biji	31,7
130.	Peterseli	<i>Petroselinum sativum</i> Hoffm.	Apiaceae	daun	23,5
131.	Bunga Lawang	<i>Helitiera littoralis</i> Dryand.	Bombaceae	bunga	40,7
132.	Kacang Bogor	<i>Voandzeia subteranca</i> Thou	Papilionaceae	biji	63,3
133.	Kacang Buncis	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Papilionaceae	biji	24,5
134.	Kencur	<i>Kaempferia galanga</i> L.	Zingiberaceae	rizoma	14,9
135.	Jeruk Purut	<i>Citrus hystrix</i> DC.	Rutaceae	buah	32,7
136.	Terong Taiwan	<i>Solanum macrocarpon</i> L.	Solanaceae	buah	47,4
137.	Kumak	<i>Curcuma domestica</i> Val.	Zingiberaceae		35,7
138.	Manggis	<i>Garcinia mangostana</i> L.	Dilleniaceae	buah	54,1
139.	Kembang Caisim	<i>Brassica juncea</i> L. Chern	Brassicaceae	bunga	78,1
140.	Antanan	<i>Centella asiatica</i> L.	Apiaceae	daun	63,1

## Pembahasan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap tanaman mempunyai aktivitas SOD yang berbeda-beda, yaitu aktivitas tinggi, sedang dan rendah. Aktivitas SOD yang berbeda-beda ini disebabkan kandungan flavonoid yang berbeda-beda dan jenis flavonoid yang berbeda sehingga memberikan aktivitas antioksidan yang berbeda.

Flavonoid yang terbentuk dalam tumbuhan berasal dari asam amino aromatik fenilalanin dan tirosin dan malonat. Struktur dasar flavonoid adalah inti flavan yang terdiri 15 atom karbon yang terangkai dalam 3 cincin (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>) yang ditandai dengan A,B,C (Gambar 2.). Berbagai kelas flavonoid berbeda dalam tingkat oksidasi dan pola substitusi pada cincin C, sedangkan perbedaan setiap senyawa dalam kelas adalah

berbeda dalam substitusi pada cincin A dan B. Terdapat beberapa kelas flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan yaitu flavon, flavanon, isoflavon, flavanol, flavanonol, flavan-3ol dan antosianin.



Gambar 2. Struktur flavon (Pieta, 2000)

Flavonoid dapat menghambat peroksidasi lipid dengan cara meredam radikal peroksil ((ROO<sup>\*</sup>)) sekaligus mengakhiri reaksi radikal dan memadamkan anion superoksida (O<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Hubungan antara flavonoid dan aktivitas peredaman radikal bebas (*free radical scavenging*) menunjukkan bahwa diantara senyawa flavonoid terdapat perbedaan aktivitas, perbedaan tergantung pada struktur dan substituen pada cincin heterosiklik cincin C dan cincin B. Ada 2 gugus fungsi utama pada flavonoid yang menentukan potensi peredaman radikal bebas yaitu : 1) gugus katekol (*o*-dihidroksi) pada cincin B yang mempunyai sifat sebagai donor elektron dan merupakan target radikal; 2) ikatan rangkap C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> yang berkonjugasi dengan gugus 4-okso pada cincin heterosiklik yang berperan pada delokalisasi elektron (Subarnas, 2001).

Aktivitas antioksidan flavonoid berkaitan dengan bentuk struktur senyawanya. Potensi antioksidan flavonoid dengan substitusi polihidroksilasi dipengaruhi oleh lokasi substitusi hidroksi pada cincin B dan kemampuan memerangkap radikal yang dihasilkan oleh gugus hidroksi fenolik (Miyake dan Shibamoto, 1997).

Dari berbagai penelitian substitusi hidroksil (OH) pada posisi *orto* dalam cincin B memberikan aktivitas antioksidan yang besar, hal ini disebabkan meningkatnya stabilitas bentuk radikal flavonoid dan polifenol melalui delokalisasi elektron yang menyertai pembentukan radikal. Penambahan gugus OH dalam posisi *para* juga meningkatkan aktivitas antioksidan. Posisi *orto* dan *para* mempunyai aktivitas pemerangkapan yang

tinggi dibanding posisi *meta* (Ogata *et al.*, 1997).

Aktivitas antioksidan yang tinggi dihasilkan adanya ikatan rangkap C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> dan gugus okso pada cincin C, sebagai contoh kuersetin flavanol dengan jumlah gugus OH yang sama dengan katekin tetapi memiliki tingkat aktivitas yang lebih tinggi. Reduksi kuersetin menjadi dihidrokuersetin menunjukkan ikatan rangkap C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> dapat meningkatkan aktivitas antioksidan (Auroma dan Cuppet, 1997).

Flavonoid menghambat enzim yang bertanggung jawab pada produksi radikal anion superoksida (O<sub>2</sub><sup>•-</sup>) seperti xantin oksidase, protein kinase C. Disamping itu flavonoid juga menghambat enzim siklooksigenase, lipoksigenase, monooksigenase mikrosom, glutathion S-transferase dan NADH oksidase yang semuanya terlibat dalam pembentukan ROS (Pieta, 2000).

Aktivitas penghambatan enzim xantin oksidase pada flavonoid ditentukan oleh koplanar cincin B dan cincin C yang dibantu adanya ikatan rangkap C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa struktur planar flavonoid sangat penting untuk penghambatan xantin oksidase (Cos *et al.*, 1998).

Superoksida dismutase (SOD) berfungsi mendismutase radikal O<sub>2</sub><sup>•-</sup> dengan cara mengubah O<sub>2</sub><sup>•-</sup> menjadi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang bersifat bukan radikal bebas (Constantino *et al.*, 1992).

Dari hasil penelitian ada beberapa jenis tanaman yang menunjukkan aktivitas SOD rendah hal ini diduga tanaman tersebut kandungan flavanol dan flavanon tinggi sehingga tidak mengandung sistem konjugasi C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub> dengan gugus okso sehingga merupakan antioksidan yang lemah (Halliwell dan Gutteridge, 1999; Subarnas, 2001).

### Kesimpulan

1. Dari hasil penapisan terhadap 140 spesies tumbuhan menunjukkan bahwa setiap jenis tumbuhan mempunyai aktivitas SOD rendah, sedang dan tinggi.
2. Senyawa turunan flavanoid merupakan antioksidan golongan polifenol memiliki daya peredaman radikal bebas yang berbeda-beda
3. Dari 140 spesies tanaman yang diuji aktivitas SOD menunjukkan bahwa ada beberapa spesies tanaman yang mempunyai aktivitas SOD diatas 70 % adalah kayu manis (*Cinnamomum burmani* Bi.) dengan aktivitas SOD 71,4%; daun sirih (*Piper betle* L.) dengan aktivitas SOD 74,5%; pala (*Myristica fragrans* Houtt.) dengan aktivitas SOD 78,7 %; lengkuas tua (*Alpinia galanga*, L.) aktivitas SOD 79,6 %; biji jambe (*Areca catechu* L) dengan aktivitas SOD 87,9%; bunga cempaka (*Michelia champaka* L.) dengan aktivitas SOD 98,3% ; daun salam (*Eugenia polyanta* Wight) dengan aktivitas SOD 100 %, batang secang (*Caesalpinia sappan* L.) dengan aktivitas SOD 100 %; buah dan

daun jambu klutuk (*Psidium guajava* L.) dengan aktivitas SOD 100%

4. Dari hasil penelitian dasar ini dapat memberikan gambaran jenis-jenis tanaman yang mempunyai aktivitas SOD cukup tinggi yang diharapkan dapat dikembangkan lagi sebagai sumber SOD untuk mendismutase radikal bebas anion superoksida (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) menjadi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yang bukan radikal bebas.

### Saran

1. Perlu penelitian lanjutan untuk mengetahui aktivitas SOD dari berbagai spesies tanaman sayuran, buah-buahan, rempah, bumbu, bunga lainnya.
2. Perlu penelitian lebih lanjut pada tanaman yang mempunyai aktivitas SOD tinggi (100%) apakah mempunyai aktivitas penghambatan aktivitas enzim xantin oksidase, kemampuan peredaman terhadap radikal hidroksil (\*OH).
3. Perlu penelitian lebih lanjut kandungan fitokimia dan rendemen dari tanaman yang mempunyai aktivitas SOD 100%
4. Perlu penelitian lebih lanjut menemukan senyawa aktif antioksidan pada tanaman yang mempunyai aktivitas SOD 100%

### Daftar pustaka

- Arivazhagan, P., T. Thilakavathy, C. Panneerselvam. 2000. *Antioxidant lipoate and tissue antioxidants in aged rats*. J. Nutr. Biochem. 11:122-127.2000.
- Aruoma, O.I, S.L. Cuppet, 1997. *Antioxidant Methodology In Vivo and In*

- Vitro Concepts*. AOCS press., Champaign, Illinois.
- Bors, W. C. Michel, K. Stettmaier.** 2001. *Flavonoids and Other Polyphenols*. Packer, L. Ed. Academic Press. San Diego.
- Constantino, L., A. Albasini, G. Rastelli, S. Benvenuti.** 1992. *Activity of Polyphenolic Crude Extracts as Scavengers of Superoxide Radicals and Inhibitors of Xanthine Oxidase*. *Planta Med.* 58 : 342 - 344.
- Fardiaz, D.** 2001. *Antioksidan dan Radikal Bebas dalam Produk Pangan*. Seminar Nasional dan Lokakarya "Pemahaman Konsep Radikal Dalam Meningkatkan Kesehatan Menuju Indonesia Sehat 2010" Penentuan Status Antioksidan, in Vivo dan Identifikasi Bahan Alam Produk Pangan In-Vitro. Pusat Penelitian Kesehatan. Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran. Bandung
- Gordon, M.H.** 1990. The Mechanism of Antioxidant Action in vitro. *In Food Antioxidant*. Elsevier Applied Science. London, New York.
- Halliwell, B., J.M.C. Gutteridge.** 1999. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press. New York.
- Hudson, B. J. F.** 1999. *Food Antioxidants*. Elsevier Applied Modern Toxicology. Mc. Graw-Hill. Singapore.
- Lautan, J.** 1997. *Radikal bebas pada eritrosit dan lekosit*. Cermin Dunia Kedokteran no. 116. Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara, Medan.
- Markham, K.R.** 1988. *Cara Mengidentifikasi Flavonoid*. Penerbit ITB. Bandung
- Miller, A. L.** 2002. *Antioxidant Flavonoid Structure Function and Clinical Usage*. [http://www.thorne.com/altmedrev/fulltext/flavonoids\\_1-2.html](http://www.thorne.com/altmedrev/fulltext/flavonoids_1-2.html).
- Miyake, T. and Shibamoto, T.** 1997. Antioxidative of Natural Compounds Found in Plants. *J. Agric. Food. Chem.* 45. 1819-1822.
- Ogata, M., Hoshi, M., K. Shimtohm, S. Urano, T. Endo.** 1997. *Antioxidant Activity of Magnolol, Honokiol, and Related Phenolic Compounds*. *JAOCS.*, 7, (5) 557-562.
- Papas, A.M.** 1999. *Antioxidant Status, Diet, Nutrition and Health*. CRC Press. Washington, D.C.
- Pieta, P.G.** 2000. Flavonoids as Antioxidants. *J. Nat. Prod.* 63, 1043-1046.
- Pokorny, J., N. Yanishlieva, M. Gordon.** 2001. *Antioxidants in Food*. CRC Press. Washington, D.C
- Safitri, R.** 2002. *Karakterisasi Sifat Antioksidan In Vitro Beberapa Senyawa Yang Terkandung Dalam Tumbuhan Secang (Caesalpinia sappan L.)*. Disertasi. Program Pasca Sarjana Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Salim, S.** 1999. *Radikal Bebas dan Antioksidan Alami Tumbuh-tumbuhan*. *Majalah Ilmiah No. 28/Januari/1999*.
- Sidik.** 1997. *Antioksidan Alami Asal Tumbuhan*. Seminar Nasional Tumbuhan Obat Indonesia XII 26 s/d 27 Juni 1997.
- Suryohudoyo, P.** 1993. *Oksidan, Antioksidan dan Radikal Bebas*. *Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga*. Surabaya.
- Suyatna, F.** 1998. *Radikal Bebas dan Iskemia*. Cermin Dunia Kedokteran. Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta.
- Wijaya, A.** 1996. *Radikal Bebas dan Parameter Status Antioksidan*. *Forum Diagnosticum. Laboratorium Klinik Prodia*. Bandung
- Wijaya, A.** 1998. *Faktor Resiko Penyakit Kardiovaskuler Perspektif Baru*. *Forum Diagnosticum. Laboratorium Klinik Prodia*. Bandung.
- Yanwirasti.** 1999. *Perlindungan Sel Hepar Tikus Percobaan Oleh Vitamin A Terhadap Serangan Radikal Bebas Yang Ditimbulkan Oleh Keracunan Karbon Tetra Klorida*. *Majalah Ilmiah No. 28/Januari/ Tahun XI/ 1999*. Hal 87 - 95.

