

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Tanaman Bangun-bangun

Tanaman bangun-bangun (*Coleus amboinicus*) termasuk tanaman familia Lamiaceace, banyak tumbuh di berbagai daerah di Indonesia (Kartasapoetra, 2004). Tanaman bangun-bangun dapat diklasifikasikan sebagai berikut,

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnolipyta
Subdivisi	: Magnolopsida
Ordo	: Lamiale
Famili	: Lamiaceace
Genus	: <i>Coleus</i>
Spesies	: <i>C. amboinicus</i>

Bangun-bangun (*Coleus amboinicus* Lour) tumbuh liar di daerah pegunungan dan tempat lain sampai pada ketinggian 1100 m di atas permukaan laut. Ada juga yang ditanam di halaman dan ladang sebagai tanaman lalapan. Daunnya berwarna hijau muda, berbentuk lonjong bergerigi kasar, tebal dan berbau agak langu. Karena bentuknya tebal maka sering disebut "daun tebal". Ukurannya kira-kira 4 x 5 cm. Sebagian orang di Jawa menyebutnya daun kucing. Batangnya lunak beruas-ruas dan bisa disetek. Di pot pun ia bisa tumbuh dengan baik (Kardaror, 2008). Foto bangun-bangun dapat dilihat pada lampiran 6.

Tanaman bangun-bangun mengandung lemak, protein, kalium dan minyak terbang (karvon, limonen, dihidrokarvon, dihidrokarveol, karveol, asetaldehida, furol, karvakrol, pinen, felandren), simen dan terpen-terpen (Kartasapoetra, 2004). Tanaman yang sering disebut daun tebal ini dapat digunakan untuk mengobati mulas, perut kembung, sariawan, bayi sering muntah, batuk rejan, demam, influenza, sembelit, digigit serangga berbisa, radang anak telinga, dan radang hidung (Kardaror, 2008).

Dalam budidaya tanaman bangun-bangun dapat berkembangbiak dengan baik melalui keratan batang dan daun. Medium pilihan untuk dapat hidup bagi tanaman bangun-bangun adalah tanah gembur yang mempunyai pengaliran air

yang baik dan banyak mendapat cahaya matahari. Pengembangbiakan tanaman ini dapat dilakukan dengan cara stek dan dapat ditanam dalam pot maupun ditanam langsung di tanah (Heyne, 1987).

2.2. *Effective Microorganism (EM)*

Effectiv Microorganism (EM) adalah campuran berbagai mikroorganisme yang digunakan untuk mempertahankan bahan organik yang ada dalam tanah dan tanaman. Aplikasi dari EM disebut dengan teknologi EM. Teknologi pemanfaatan mikroorganisme yang dikembangkan oleh Prof. Teruo Higa dari Universitas Ryukyu di Okinawa, Jepang ini awalnya difokuskan untuk pertanian selanjutnya berkembang untuk perikanan dan peternakan. Pada teknologi EM, mikroorganisme dapat hidup secara bersama dalam suatu kultur campuran dan secara fisiologis dapat bekerjasama secara sinergis. Bila kultur ini dimasukkan dalam lingkungan alami, maka pengaruh baik masing-masing akan lebih dilipat gandakan secara sinergik (Apanan, 1997). Mikroorganisme yang terdapat dalam EM yaitu bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, jamur peragian (khamir) dan *Actinomyces* (Higa dan Parr, 1994).

EM dapat menghasilkan hormon yang sama dengan yang dihasilkan oleh tanaman, substansi bioaktif yang menguntungkan dan antioksidan (Wood dkk,1999). Mikroba tanah yang mengandung beberapa spesies yang terdapat dalam EM dapat mensintesis beberapa fitohormon dan turunannya, seperti auksin, giberelin dan kinetin. *Actinomyces* dan *Streptomyces* menghasilkan auksin, giberelin dan sitokinin. Jamur *Aspergillus niger* menghasilkan giberelin (Kato dkk, 1996). Auksin merupakan hormon yang dapat merangsang pembelahan sel kambium. Giberelin dapat merangsang pertumbuhan batang. Sitokinin dapat mendorong pembelahan sel pada bagian ujung tunas samping dan mengubahnya menjadi meristem aktif (Heddy,1996).

1. Bakteri Fotosintetik

Bakteri fotosintetik *Rhodosemonas* dan *Rhodospillium* merupakan mikroorganisme yang mandiri serta dapat membentuk zat-zat yang bermanfaat dan akan mempercepat pertumbuhan dan perkembangan tanaman dari sekresi akar-akar tumbuhan, bahan organik dan atau gas-gas berbahaya seperti hidrogen

sulfida (H_2S) diubah menjadi zat-zat seperti asam-asam amino, asam nukleat dan gula dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi. Hasil-hasil metabolisme tersebut dapat diserap secara langsung oleh tanaman dan juga berfungsi sebagai substrat bagi bakteri atau mikroorganisme lainnya (Apanan, 2003).

Persamaan Reaksi Umum Fotosintesis:



2. Bakteri asam laktat

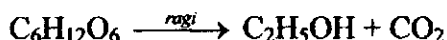
Bakteri ini menghasilkan asam laktat dan gula, sedangkan bakteri fotosintetik dan ragi menghasilkan karbohidrat lainnya. Asam laktat sudah digunakan sejak dahulu dalam industri makanan dan minuman seperti yoghurt dan asinan. Bakteri asam laktat mempunyai kemampuan untuk menekan pertumbuhan fusarium, suatu mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit pada lahan-lahan yang terus menerus ditanami. Biasanya penambahan populasi fusarium akan melemahkan tanaman. Hal ini akan meningkatkan serangan penyakit dan dapat juga mengakibatkan bertambahnya jumlah cacing yang merugikan secara tiba-tiba. Cacing tersebut akan hilang secara berangsur-angsur karena bakteri asam laktat menekan perkembangbiakan dan berfungsinya fusarium. Contoh bakteri asam laktat adalah *Laktobasillus bulgaricus* dan *Streptococcus lactis*. *Streptococcus lactis* ini tidak dapat memanfaatkan O_2 bebas karena tidak mempunyai enzim untuk mereduksi oksigen (Apanan, 2003).



3. Ragi

Ragi dalam EM terdiri dari berbagai species dari genus *Rhizopus*, genus *Mucor* (kedua genus ini termasuk golongan Phycomycetes), genus *Neurospora sitophila* (genus ini termasuk golongan Ascomycetes), genus *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Candida*, *Hansenula*, dan bakteri *Acetobacter*. Genus-genus tersebut hidup berdampingan secara sinergik. *Aspergillus* dapat menyederhanakan amilum, sedangkan *Saccharomyces*, *Candida*, dan *Hansenula* dapat menguraikan gula menjadi alkohol dan bermacam-macam zat organik lainnya. *Acetobacter* mengubah alkohol menjadi asam cuka. Zat-zat bioaktif seperti hormon dan enzim

yang dihasilkan oleh ragi meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar. Sekresi ragi adalah substrat yang baik untuk mikroorganisme efektif seperti bakteri asam laktat dan *Actinomyces* (Apanan, 2003). Ragi secara umum dipakai untuk ramuan yang digunakan dalam pembuatan berbagai makanan dan minuman seperti tempe, oncom, tape, roti, anggur, bir dan lain-lain.



4. *Actinomyces*

Actinomyces strukturnya merupakan bentuk antara bakteri dan jamur, menghasilkan zat-zat anti mikroba dari asam amino yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik dan bahan organik. Zat-zat anti mikroba ini menekan pertumbuhan jamur dan bakteri penyebab penyakit pada tanaman. *Actinomyces* dapat hidup berdampingan dengan bakteri fotosintetik. Sehingga dapat bersama-sama meningkatkan mutu lingkungan tanah, dengan meningkatkan aktivitas anti mikroba tanah (Apanan, 2003). Golongan *Actinomyces* terdiri dari genus yaitu :

- *Streptomyces*, biasanya digunakan sebagai antibiotik
- *Mikromonospora*, banyak terdapat di telaga dan kompos-kompos bersuhu tinggi.

5. Jamur Fermentasi (Peragian)

Jamur fermentasi (peragian) seperti *Aspergillus* dan *Penicillium* menguraikan bahan organik secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester, dan zat-zat anti mikroba. Zat-zat tersebut akan menghilangkan bau dan mencengah serbuan serangga dan ulat-ulat yang merugikan (Apanan, 1997a). *Aspergillus* tersebar luas di alam dan sering digunakan dalam fermentasi makanan, sedangkan *Penicillium* digunakan dalam industri untuk memproduksi antibiotik (Lidya & Djenar, 2000). EM dapat meningkatkan fermentasi limbah dan sampah organik, meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman, serta menekan aktivitas serangga, hama dan mikroorganisme patogen (Djuarnani dkk, 2005).



2.3. Bokashi

Bokashi hampir sama dengan kompos, tetapi bokashi dibuat dengan cara memfermentasikan bahan organik dengan EM. Pembuatan bokashi menggunakan bahan-bahan organik seperti dedak padi, dedak gandum, kulit kacang, jerami, ampas kelapa, rumput, serbuk gergaji, sisa-sisa tanaman, tepung ikan, kotoran ternak, sampah dapur dan sejenisnya. Biasanya untuk meningkatkan keragaman mikroba dianjurkan penggunaan paling sedikit 3 macam bahan organik. Bahan-bahan tersebut merupakan tempat tumbuh dan berkembang biak mikroorganisme efektif yang akan memperbaiki ketersediaan unsur hara dan senyawa-senyawa bioaktif tanaman (Apanan, 1997). Sedangkan kompos dibuat secara alami dan membutuhkan waktu yang lama untuk mengubah bahan-bahan organik tersebut menjadi kompos, biasanya sekitar 3-4 bulan.

2.4. EM5

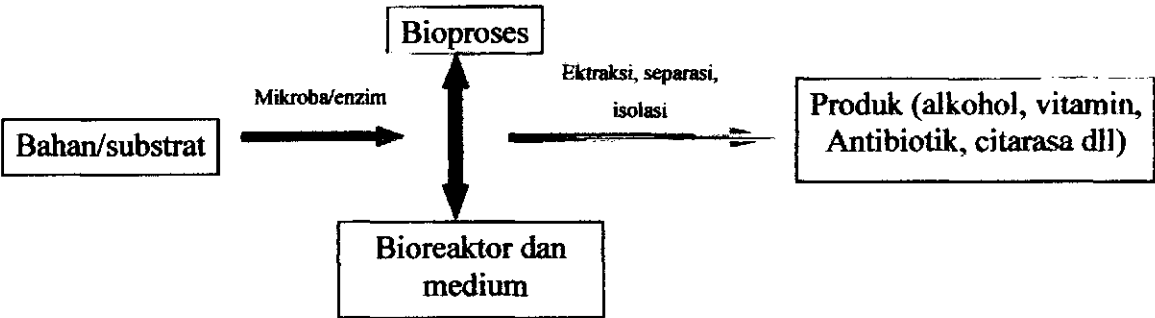
EM5 merupakan turunan dari EM4 yang dibuat dengan menfermentasi gula merah, cuka, alkohol dan EM4 (Wood dkk. 1999). EM5 berperan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman sebagai pestisida dan fungisida, penangkal serangan serangga non-kimia dan tidak beracun. Cara kerjanya dengan mengendalikan populasi serangga, mencegah penyakit tanaman, serta meningkatkan antioksidan dan daya tahan tanaman. Karena bahan-bahan yang ada pada tanaman tersebut dalam keadaan fermentasi, sementara serangga tidak menyukai bahan-bahan yang difermentasi.

2.5. Ekstrak tanaman terfermentasi (ETT)

Penggunaan pestisida sintetik sebagai pembasmi hama membawa dampak negatif seperti pencemaran lingkungan, rusaknya ekosistem dan yang terpenting adalah membahayakan kesehatan manusia. Salah satu alternatif pengganti pestisida sintetik yang dinilai cukup efektif dan ekonomis yaitu menggunakan ETT (Castro dkk, 1993). Tanaman yang difermentasi dipilih dari tanaman yang berkhasiat medis dan mengandung antioksidan seperti mahkota dewa, sirsak,

bawang putih, serai, lengkuas dan kunyit. Ekstrak ini mengandung asam-asam organik dan zat-zat bioaktif yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dan juga dapat meningkatkan metabolit sekunder pada sayuran (Wood dkk, 1999).

Fermentasi merupakan reaksi enzimatik anaerob pada substrat. Proses fermentasi memerlukan mikroba yang menghasilkan enzim bebas atau terikat. Produk suatu fermentasi dapat berupa biomassa, enzim dan produk biotransformasi. Diagram bioproses/biotransformasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Bioproses

Yunus (2007) telah membuktikan bahwa ekstrak tanaman terfermentasi dari campuran mahkota dewa dan sirsak segar dapat meningkatkan intensitas warna, total fenol dan kandungan antioksidan pada bayam merah (*Amaranthus tricolor* var L. *Blitum rubrum*). Aplikasi ekstrak buah mahkota dewa terfermentasi sebagai biokontrol alami terbukti dapat meningkatkan kandungan antioksidan pada kangkung (Anggela, 2007).

2.5.1. Mahkota dewa

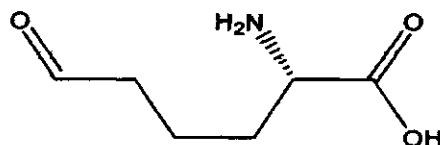
Mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*) merupakan tanaman perdu yang batang, daun, dan buahnya sangat ampuh untuk menaklukkan berbagai penyakit karena mengandung antioksidan yang tinggi. Buah mahkota dewa mengandung zat-zat aktif seperti alkaloid, saponin, flavonoid dan polifenol. Alkaloid berfungsi sebagai detoksifikasi yang dapat menetralkan racun-racun di dalam tubuh. Saponin sebagai sumber anti-bakteri dan anti-virus, meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan mengurangi kandungan gula dalam darah. Flavonoid untuk melancarkan peredaran darah ke seluruh tubuh, mencegah terjadinya penyumbatan pada pembuluh darah, mengurangi kandungan resiko penyakit jantung koroner,

mengandung anti-inflamasi (anti-radang) dan membantu mengurangi rasa sakit jika terjadi pendarahan atau pembengkakan. Polifenol berfungsi sebagai anti-histamin. Senyawa lignan ($C_6H_{20}O_6$) yang terdapat pada ekstrak daging buah berfungsi sebagai antikanker dan antioksidan (Harmanto, 2004).

Mahkota dewa tidak hanya bermanfaat untuk kesehatan tetapi ia memiliki sifat racun. Kandungan racun tertinggi terdapat pada biji sedangkan terendah pada buahnya, oleh sebab itu dalam pengirisan sebaiknya biji tetap utuh. Dalam penelitian ini, buah mahkota dewa yang digunakan sebagai ETT adalah buah yang mengkal supaya mudah dalam hal pengirisan dan penghalusan. Selain itu buah yang mengkal memiliki kandungan tanin yang sangat tinggi, hal ini dapat dilihat ketika buah dipotong kemudian timbul bekas gelap pada pisau pemotong semakin tua buahnya kandungan taninnya semakin berkurang (Harmanto, 2004). Aplikasi ekstrak buah mahkota dewa terfermentasi sebagai biokontrol alami terbukti dapat meningkatkan kandungan antioksidan pada kangkung (Anggela, 2007).

2.5.2. Rempah-rempah

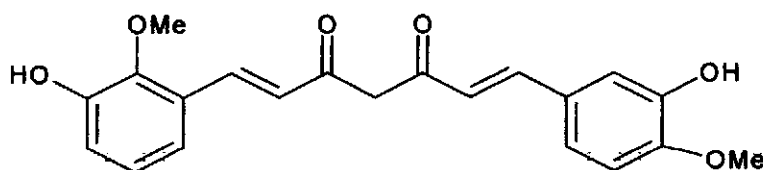
Bawang putih (*Allium sativum*) telah dikenal sejak dahulu sebagai tanaman berkhasiat obat. Komponen yang memberikan manfaat bagi kesehatan adalah allisin dapat menimbulkan aroma yang sangat kuat. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa allisin dapat menghancurkan pembentukan pembekuan darah dalam arteri, mengurangi gejala diabetes dan mengurangi tekanan darah (Kumalaningsih, 2006).



Gambar 2. Struktur allisin

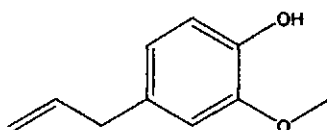
Kunyit (*Curcuma domestica*) termasuk tumbuhan berbatang basah seperti juga temulawak. Tanaman ini tumbuh liar di hutan dan di pekarangan (Hernani & Rahardjo, 2005). Kandungan kimia dalam rimpang kunyit terdiri dari kurkumin, desmetoksimin, bismetoksikurkumin, resin, oleoresin, damar, lemak, protein, kalsium, fosfor, dan besi. Rimpang kunyit mengandung senyawa kurkumin yang

mempunyai efek sebagai anti-radang, antioksidan, antibakteri, imunostimulan, hipolipidemik (menurunkan kolesterol darah), hepatoprotektor (melindungi hati dari zat toksik) dan sebagai tonikum/obat penyegar (Kumalaningsih, 2006).



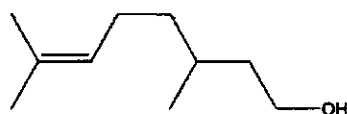
Gambar 3. Struktur kurkumin

Lengkuas (*Alpinia galanga*) merupakan tanaman semak berumur tahunan dan dikenal sebagai bumbu masakan. Senyawa kimia yang terdapat pada lengkuas antara lain minyak atsiri (eugenol, seskuiterpen, pinen, metil sinamat, kaemferida, galangan, galangol), pati, resin, tanin, alkaloid dan glikosida. Lengkuas dapat digunakan sebagai obat borok, panu, radang lambung dan reumatik (Novizan, 2006).



Gambar 4. Struktur eugenol

Serai (*Andropogon nardus* L) mengandung minyak atsiri yang terdiri dari senyawa sitral, sitronela, geraniol, mirsena, nerol dan farnesol (Kardinan, 2001). Kandungan yang paling banyak adalah senyawa sitronela sebesar 35%. Senyawa sitronela bersifat sebagai racun kontak yang mengakibatkan kematian pada serangga karena kehilangan cairan terus menerus. Akar serai digunakan sebagai peluruh air seni, peluruh keringat, obat batuk dan penghangat badan, sedangkan daunnya digunakan untuk penurun panas dan pcreda kejang (Novizan, 2006).



Gambar 5. Struktur sitronella

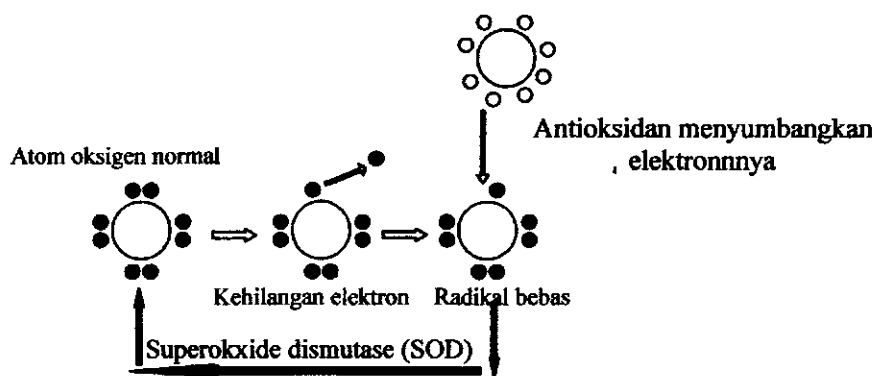
2.6. Antioksidan

Antioksidan adalah zat kimia yang memperlambat atau menghambat kerusakan oksidasi (Chang dkk, 2007). Antioksidan merupakan senyawa penting dalam menjaga kesehatan tubuh karena berfungsi sebagai benteng yang dapat mencegah serangan berbagai penyakit. Dalam arti khusus, antioksidan merupakan zat yang dapat menunda, memperlambat atau mencegah terjadinya reaksi autooksidasi radikal bebas. Contoh penyakit yang sering dihubungkan dengan radikal bebas adalah penyakit degeneratif (kemerosotan fungsi tubuh), penyakit kardiovaskular, kanker, penyakit neurodegeneratif, diabetes katarak, serangan jantung, dan penuaan dini. Penyakit yang disebabkan oleh radikal bebas bersifat kronis sehingga dibutuhkan waktu bertahun-tahun untuk mengobati penyakit tersebut (Chang, 2007). Antioksidan merupakan senyawa metabolit sekunder yang diproduksi oleh tanaman. Sintesis senyawa metabolit sekunder dipengaruhi oleh genetika dan lingkungan seperti lingkungan perawatan secara konvensional atau secara organik (Winter & Davis, 2006).

Berdasarkan fungsinya antioksidan dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu antioksidan primer dan antioksidan sekunder.

1. Antioksidan primer

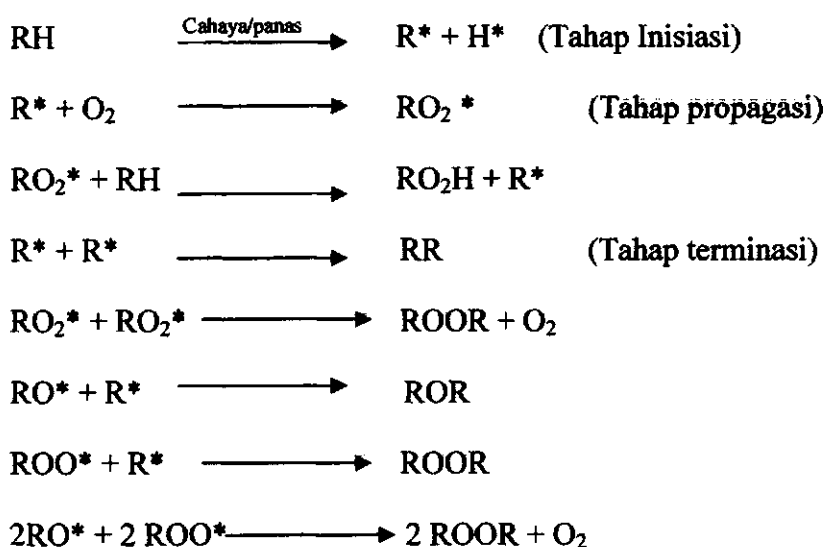
Antioksidan primer adalah zat yang berfungsi untuk mencegah reaksi berantai pembentukan radikal bebas dengan cara melepaskan atau memberikan atom hidrogen. Di dalam tubuh, antioksidan yang sangat terkenal adalah enzim superoksida dismutase (SOD), enzim ini sangat penting karena dapat melindungi sel-sel dalam tubuh akibat serangan radikal bebas (Kumalaningsih, 2006).



Gambar 6. Contoh aksi sederhana antioksidan

Menurut Ketaren (1986) mekanisme kerja antioksidan dalam menghambat oksidasi atau menghentikan reaksi berantai pada radikal bebas dari lemak teroksidasi dapat disebabkan oleh 4 macam mekanisme reaksi yaitu pelepasan hidrogen dari antioksidan, pelepasan elektron dari antioksidan, adisi lemak ke dalam cincin aromatik pada antioksidan dan pembentukan senyawa kompleks antara lemak dan cincin aromatik dari antioksidan.

Tahap-tahap oksidasi nya sebagai berikut:



Keterangan:

RH = Lemak/minyak jenuh

RO_2^* = Peroksida aktif

R^* = Asam lemak tak jenuh aktif

Hidroperoksida yang terbentuk bersifat tidak stabil dan akan terdegradasi lebih lanjut menghasilkan senyawa-senyawa karbonil rantai pendek seperti aldehid dan keton yang bertanggung jawab atas flavor makanan berlemak. Antioksidan yang baik akan bereaksi dengan radikal asam lemak segera setelah senyawa tersebut terbentuk. Mekanisme kerja serta kemampuan dari berbagai antioksidan yang ada sangat bervariasi. Kombinasi beberapa jenis antioksidan memberikan perlindungan yang lebih baik (sinergis) terhadap oksidasi dibanding dengan satu jenis antioksidan saja. Sebagai contoh asam askorbat seringkali dicampur dengan antioksidan yang merupakan senyawa fenolik untuk mencegah

reaksi oksidasi lemak. Tanaman yang banyak menghasilkan antioksidan terutama enzim superoksida dismutase SOD adalah brokoli, bayam, sawi dan hasil olahan seperti tempe (Kumalaningsih, 2006).

2. Antioksidan sekunder

Antioksidan sekunder merupakan senyawa yang berfungsi mencegah kerja prooksidan. Prooksidan adalah senyawa yang dapat mengkatalisis terjadinya oksidasi seperti Cu, Fe dan sebagainya. Contoh antioksidan sekunder adalah Etilen Diamin Tetra Asetat (EDTA) (Kumalaningsih, 2006).

Berdasarkan sumbernya, antioksidan dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu antioksidan sintetis dan antioksidan alami.

1. Antioksidan sintetis

Antioksidan sintetis adalah antioksidan yang diperoleh dari hasil reaksi kimia. Diantara beberapa jenis antioksidan yang diijinkan untuk makanan dan penggunaannya sudah meluas dan menyebar diseluruh dunia, yaitu BHA (Butil Hidroksi Anisol), BHT (Butil Hidroksi Toluén), PG (Propil Galat), TBHQ (Tetra Butil Hidroksi Quinon) dan NDGA (*Nordihidroquairctic Acid*) (Kumalaningsih, 2006).

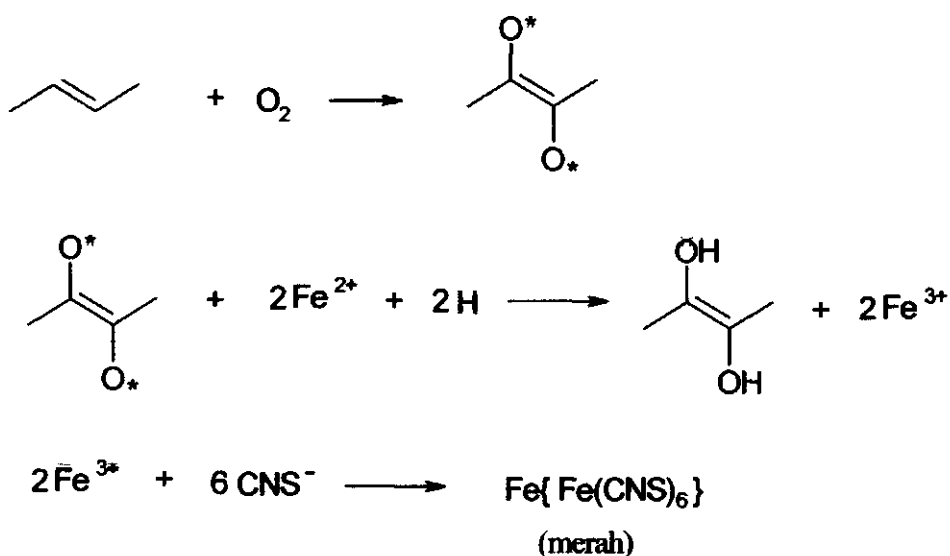
2. Antioksidan alami

Antioksidan alami adalah antioksidan yang diperoleh dari hasil ekstrak bahan alami. Antioksidan alami banyak terdapat pada sayur-sayuran, buah-buahan, ikan, rempah-rempah dan biji-bijian (Winarno, 1991). Antioksidan didalam makanan dapat berasal dari,

1. Senyawa antioksidan yang sudah ada dari satu atau dua komponen makanan
2. Senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi-reaksi selama proses pengolahan.
3. Senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami dan ditambahkan ke makanan sebagai bahan tambahan pangan (Kumalaningsih, 2006).

Pengukuran aktivitas antioksidan dapat ditentukan dengan metode yang dilakukan oleh Lindsey dkk. (2002). Pada metode ini, proses oksidasi lemak akan

memberikan produk primer peroksida yang dapat mengoksidasi Fe^{+2} menjadi Fe^{+3} . Fe^{+3} ini akan memberikan pewarnaan dengan CNS^- dan dapat diukur pada daerah sinar tampak menggunakan spektrometer. Adapun prinsip reaksinya adalah sebagai berikut,



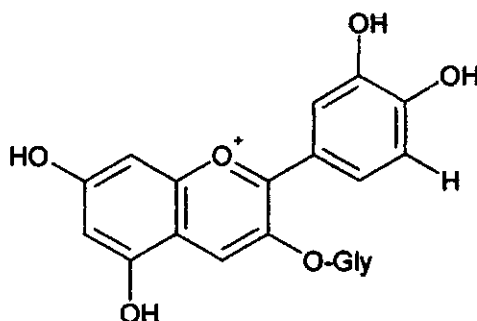
Senyawa kimia yang tergolong dalam kelompok antioksidan dan dapat ditemukan pada tanaman antara lain berasal dari golongan polifenol, flavonoid, dan vitamin C (Hernani & Rahardjo, 2005).

a. Polifenol

Polifenol merupakan senyawa turunan fenol yang mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Fungsi polifenol sebagai penangkap dan pengikat radikal bebas dari ion-ion logam. Senyawa fenolik merupakan senyawa antioksidan primer yang mudah larut dan terlepas dari jaringan buah-buahan dan sayur-sayuran pada proses yang terjadi didalam air, mudah larut dalam lemak, serta dapat bereaksi dengan Vitamin C dan E (Hernani & Rahardjo, 2005). Oleh karena itu untuk mengisolasi fenolik, senyawa ini harus di ekstraksi dengan pelarut polar seperti ethanol. Fenolik alami bermanfaat bagi kesehatan melalui aktivitas antioksidan. Senyawa ini mampu menurunkan konsentrasi oksigen, menangkap 1 oksigen. Fenolik memberi kontribusi secara menyeluruh terhadap aktivitas antioksidan dari tumbuhan pangan (Chang dkk, 2007).

Kelompok-kelompok senyawa fenolik terdiri dari asam-asam fenolat dan flavonoid. Tanaman mempunyai potensi yang cukup baik sebagai penghasil senyawa fenolik. Senyawa fenolik adalah komponen polar yang mengandung satu atau lebih cincin aromatik yang terhidroksi (Chang dkk,2007). Senyawa fenolik merupakan senyawa antioksidan primer yang mudah larut dan terlepas dari jaringan buah-buahan dan sayuran pada proses yang terjadi di dalam air. Senyawa ini memiliki ikatan rangkap yang terkonyugasi dan gugus hidroksil yang kaya akan elektron sehingga dapat menetralkan pembentukan radikal bebas dengan cara menyumbangkan elektronnya. Kandungan senyawa fenolik dapat meningkat karena pengaruh faktor lingkungan seperti tingginya intensitas penyinaran cahaya matahari, kondisi kesuburan tanah dan pemupukan.

Salah satu cara untuk menentukan kadar total fenol dari tanaman yaitu menggunakan metode FolinCiocalteu. Cara ini berdasarkan atas pengukuran serapan cahaya oleh ikatan kompleks dari warna biru ungu.

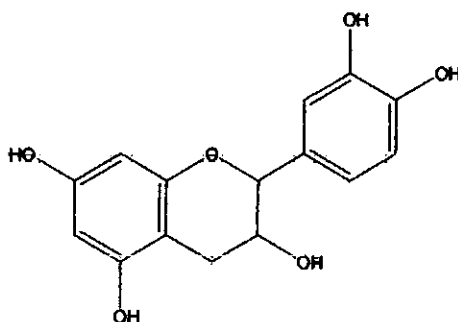


Gambar 7. Struktur fenolik

b. Flavonoid

Flavonoid merupakan golongan senyawa metabolit sekunder pada tanaman yang meliputi senyawa flavon, flavonol, dan sedikit tannin. Secara epidemiologi, mengemukakan bahwa mengkonsumsi makanan yang kaya flavonoid dapat melindungi manusia dari penyakit yang berhubungan dengan stress oksidasi. Secara in vitro, flavonoid dari sebagian tanaman mempunyai pengaruh terhadap penurunan aktivitas radikal bebas. Sebagai komponen dari sayuran dan buah-buahan, flavonoid merupakan senyawa yang mutlak ada dalam makanan (Chang & Xu, 2007)

Senyawa flavonoid adalah suatu kelompok senyawa fenol terbesar yang ditemukan didalam tumbuhan, terutama dalam biji, kulit buah, kulit kayu dan bunga. Sebagian besar tumbuhan obat mengandung flavonoid yang telah banyak dilaporkan para peneliti memiliki sifat antibakteri, anti-inflamasi, anti alergi, antiviral, dan flavonoid juga dapat berfungsi sebagai antioksidan serta memiliki peran yang berbeda dalam ekologi tumbuhan (Edwards-jones dkk., 2008). Beberapa flavonoid seperti antosianidin, calcon, dan flavon merupakan zat warna pada tumbuhan. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu biru dan sebagai zat warna kuning yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan. Senyawa flavonoid tertentu seringkali terkonsentrasi dalam suatu jaringan tertentu, misalnya antosianidin adalah zat warna dari buah, bunga dan daun. Flavonoid dapat melindungi sel terhadap penyakit- penyakit tertentu karena adanya aktivitas antioksidan dari vitamin dan enzim di dalam sistem ketahanan tubuh manusia. Aktivitas antioksidan dari flavonoid tergantung pada struktur molekulnya dan karakteristik stuktur dari beberapa jenis flavonoid (Edwards-jones dkk., 2008).



Gambar 8. Struktur flavonoid

c. Vitamin C

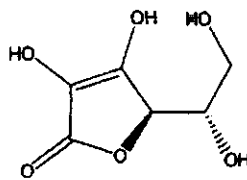
Menurut Deman (1997), vitamin C adalah vitamin yang paling tidak stabil dari semua vitamin, mudah rusak selama pemrosesan dan penyimpanan, mudah teroksidasi dan mudah larut dalam air. Sebagian besar sumber vitamin C yang penting di dalam makanan berasal dari buah-buahan dan sayur-sayuran, terutama buah segar. Karena itu vitamin C sering disebut *Fresh Food Vitamin*.

Vitamin C berfungsi sebagai antioksidan, proantioksidan, pengikat logam, pereduksi, dan penangkap oksigen. Dalam bentuk larutan yang mengandung logam, vitamin C bersifat sebagai proantioksidan. Bila tidak terdapat logam,

vitamin C sangat efektif sebagai antioksidan yang tangguh sehingga bisa membantu dalam menjaga kesehatan sel, meningkatkan penyerapan asupan zat gizi, dan memperbaiki sistem kekebalan tubuh (Hernani & Rahardjo, 2005).

Disamping berfungsi sebagai antioksidan, vitamin C memiliki fungsi menjaga dan memelihara kesehatan pembuluh-pembuluh kapiler, kesehatan gigi dan gusi, membantu penyerapan zat besi dan dapat menghambat produksi nitrosamin, zat pemicu kanker. Selain itu juga membantu dalam penyembuhan luka (Kumalaningsih, 2006).

Kekurangan vitamin C dalam darah dapat menyebabkan beberapa penyakit antara lain asma, kanker, diabetes, dan penyakit hati. Selain itu vitamin C dapat memperkecil terbentuknya katarak dan penyakit mata lainnya. Vitamin ini dapat dikonsumsi dalam bentuk suplemen atau memakan makanan yang kaya vitamin C seperti jeruk, strawberi, brokoli, tomat, kiwi, dan anggur. Antioksidan ini berfungsi untuk menurunkan tekanan darah dan kolesterol, untuk mencegah stroke dan serangan jantung, untuk mencegah gusi bengkak, dibutuhkan 10 mg vitamin C per hari (Hernani & Rahardjo, 2005).



Gambar 9. Struktur vitamin C

Penentuan kandungan vitamin C dapat dilakukan dengan metode iodimetri. Iodimetri adalah suatu metode titrasi langsung dengan menggunakan titer iodium. Reaksi yang terjadi didasarkan pada prinsip reaksi redoks karena I_2 memiliki sifat sebagai oksidator, sedangkan vitamin C merupakan reduktor kuat dengan bentuk oksidasinya berupa asam dehidroaskorbat.