

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pisang Ambon (*Musa AAA 'Pisang Ambon'*)

Pisang ambon merupakan satu dari lima jenis pisang terbanyak yang dikonsumsi di Indonesia¹. Pisang ini memiliki laju pertumbuhannya yang sangat cepat dan terus-menerus sehingga menghasilkan jumlah pisang yang banyak. Satu pohon dapat menghasilkan 7-10 sisir dengan jumlah buah 100-150. Bentuk buah melengkung dengan pangkal meruncing. Daging buah berwarna putih kekuningan. Umumnya buah pisang ini tidak mengandung biji.¹⁶

Pisang ini memiliki tempat tumbuh di iklim tropik yang hangat dan lembap. Suhu merupakan faktor utama untuk pertumbuhan dan memiliki suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah sekitar 27° C, dan suhu maksimumnya 38° C. Curah hujan optimal untuk menunjang pertumbuhan pisang ini berkisar 200-220 mm dengan kelembapan tanah tidak boleh kurang dari 60-70%. Pisang ini tidak dapat tumbuh pada ketinggian di atas 1600 m di atas permukaan laut (dpl). Kebutuhan akan penyinaran belum dipahami benar. Kebanyakan pisang tumbuh baik di lahan terbuka, tetapi kelebihan penyinaran akan menyebabkan terbakar-matahari (*sunburn*).¹⁶



Gambar 1. Pisang Ambon (*Musa AAA 'Pisang Ambon'*)¹⁶

Pisang ambon memiliki banyak kandungan gizi seperti karbohidrat, vitamin dan mineral⁷. Pisang ambon kaya mineral seperti kalium, magnesium, fosfor, besi dan

kalsium. Pisang ambon juga mengandung vitamin yaitu vitamin C, B kompleks, B6 dan serotonin yang aktif sebagai neurotransmitter dalam kelancaran fungsi otak⁷.

2.2 Radikal Bebas

2.2.1 Definisi

Radikal bebas (Latin: *radicalis*) adalah molekul yang mempunyai sekelompok atom dengan elektron yang tidak berpasangan. Radikal bebas adalah bentuk radikal yang sangat reaktif dan mempunyai waktu paruh yang sangat pendek. Radikal bebas dapat merusak seluruh tipe makromolekul seluler, termasuk karbohidrat, protein, lipid, dan asam nukleat jika tidak diinaktivasi.¹⁷

2.2.2 Mekanisme Kerja

Radikal oksigen dan turunannya dapat mematikan sel, karena dapat menyebabkan kerusakan oksidatif terhadap protein, DNA, membran lipid (mengandung lebih dari satu ikatan rangkap pada rantai hidrokarbon) dan komponen sel lain. Beberapa penyakit disebabkan secara langsung oleh radikal bebas oksigen (misal : kerusakan jaringan yang dicetuskan oleh pajanan ke radiasi pengion). Namun, pada penyakit lain, misalnya arthritis rheumatoid, spesies oksigen reaktif hanya mempertahankan kerusakan sel yang disebabkan oleh proses lain. Sel granulomatosa misalnya makrofag dan neurofil menggunakan spesies oksigen reaktif untuk menghancurkan organisme asing selama fagositosis.¹⁸

Bentuk radikal bebas yang penting dalam jejas sel *in vivo* adalah superoksida(O_2^-), hidrogen peroksida (H_2O_2), superoksida(O_2^-), dan ion hidroksil (OH^-). Ketiga radikal bebas ini dapat terbentuk pada aktivasi berbagai enzim oksidatif yang terdapat dalam mitokondria, lisosom, peroksisom, sitosol, membran sel. Mekanismenya dapat dimulai oleh banyak hal, baik yang bersifat endogen maupun eksogen. Berbagai radikal bebas yang lain adalah Fe^+ , Fe^{2+} , NO_2 , NO_3^- , $ONOO^-$, CCl_3^- dan Cl^- . Reaksi selanjutnya adalah peroksidasi lipid membran dan sitosol yang mengakibatkan terjadinya serangkaian reduksi asam lemak sehingga terjadi kerusakan membran dan organel sel.¹⁷

2.2.3 Sumber

Di dalam sel, spesies oksigen reaktif dibentuk dengan tak henti-hentinya melalui jalur metabolik normal. Zat antara radikal bebas dari reaksi enzimatik “bocor” dari tempat aktif enzim akibat interaksi secara tidak sengaja dengan O_2 atau senyawa lain. Hidrogen peroksida, yang terbentuk oleh sebagian oksidase, dibebaskan ke lingkungan sekitar dan menghasilkan radikal hidroksil di tempat yang mengandung besi di dalam sel. Obat, radiasi ultraviolet alami, polutan udara, dan zat kimia lainnya juga dapat bekerja pada sel untuk meningkatkan pembentukan radikal bebas.¹⁸

Radikal bebas dapat dibentuk dari dalam sel oleh absorpsi tenaga radiasi (misalnya sinar ultra violet, sinar X) atau dalam reaksi reduksi oksidasi yang selama proses fisiologi normal atau mungkin berasal dari metabolisme enzimatik bahan-bahan kimia eksogen. Tenaga radiasi dapat melisiskan air dan melepaskan radikal seperti ion hidroksil dan H^+ . Radikal bebas lain ialah superoksida yang berasal dari reduksi molekul oksigen. Oksigen secara normal direduksi menjadi air, tetapi pada beberapa reaksi terutama yang menyangkut xantin oksidase, O_2^- dapat terbentuk.¹⁷

Tabel 3. Beberapa Sumber Radikal Bebas

Sumber Internal	Sumber Eksternal
Mitokondria	Rokok sigaret
Fagosit	Polutan lingkungan
Xantin oksidase	Radiasi
Reaksi yang melibatkan besi dan logam transisi lainnya	Obat-obatan tertentu, pestisida dan anestesi dan larutan industri
Arahidonat <i>pathway</i>	Ozon
Peroksisome	
Olah raga	
Peradangan	
Iskemia/reperfusi	

Sumber : Buku ajar patologi I (umum). Jakarta: Sagung Seto; 2002.¹⁷

2.2.4 Dampak Negatif

Banyak teori pada proses penuaan, radikal bebas merupakan salah satu aspek penyebab penuaan sel yang ditandai dengan penimbunan pigmen lipofusin intrasel terutama pada jantung, hati dan otak. Pigmen ini berasal dari hasil peroksidasi polilipid tak jenuh membran seluler dalam jangka waktu yang lama dan menyebabkan akumulasi radikal bebas yang terbentuk secara fisiologik dan merupakan hasil reaksi agen eksogen.¹⁸

Peroksidasi molekul lemak selalu mengubah atau merusak struktur molekul lemak. Selain sifat peroksidasi lemak membran yang secara alami menghancurkan dirinya sendiri, aldehida yang terbentuk dapat menimbulkan ikatan silang pada protein. Apabila lemak yang rusak adalah konstituen suatu membran biologis, susunan lapis ganda lemak yang kohesif dan organisasi struktural akan terganggu.¹⁸

Radikal bebas tanpa oksigen juga merupakan sumber kerusakan DNA. Saat ini telah diketahui sekitar 20 jenis molekul DNA yang mengalami gangguan oksidatif. Pengikatan nonspesifik Fe^{2+} ke DNA mempermudah terbentuknya radikal hidroksil lokal setempat, yang dapat menyebabkan pemutusan untai dan perubahan basa DNA. Sampai tahap tertentu, kerusakan DNA ini dapat diperbaiki oleh sel tersebut.¹⁸

Dampak perusakan pada protein oleh radikal bebas menyebabkan katarak, dampak pada lipid menyebabkan aterosklerosis dan dampak pada DNA menyebabkan kanker. Akan tetapi, radikal bebas tidak selalu merugikan. Misalnya, radikal bebas berperan dalam pencegahan penyakit yang disebabkan karena mikrobia melalui sel-sel darah khusus yang disebut fagosit.¹⁷

2.2.5 Mekanisme Pertahanan Tubuh

Tubuh manusia mempunyai beberapa mekanisme untuk bertahan terhadap radikal bebas. Pertahanan yang bervariasi saling melengkapi satu dengan yang lain karena bekerja pada oksidan yang berbeda atau dalam bagian seluler yang berbeda. Suatu

garis pertahanan yang penting adalah sistem enzim yang bersifat protektif atas radikal bebas seperti *superoksida dismutase R* (SOD), katalase, glutathion synthetase, glucose-6-phosphate dehydrogenase dan glutathion peroksidase. SOD merupakan golongan enzim antioksidan yang penting dalam pendekomposisi katalitik radikal superoksida menjadi hidrogen peroksida dan oksigen. Katalase secara spesifik mengkatalisis dekomposisi hidrogen peroksida. Glutathion peroksidase merupakan golongan enzim antioksidan yang mengandung selenium yang penting dalam mengurangi hidroperoksida, sebagai contoh : hasil oksidasi lipid.¹⁷

Dengan demikian secara umum dapat disimpulkan tahapan reaksi jejas sel oleh radikal bebas adalah inisiasi (permulaan terbentuknya radikal bebas), propagasi (serangkaian reaksi yang berkembang atas timbulnya radikal bebas—transfer atau penambahan atom, dan terminasi (inaktivasi radikal bebas oleh antioksidan endogen atau eksogen maupun enzim superoksida dismutase).¹⁷

2.3 Antioksidan

2.3.1 Definisi

Antioksidan adalah substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal, protein, dan lemak. Antioksidan menstabilkan radikal bebas dengan melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas yang dapat menimbulkan stress oksidatif.¹⁹

Senyawa kimia dan reaksi yang dapat menghasilkan spesies oksigen yang potensial bersifat toksik dapat dinamakan pro-oksidan. Sebaliknya, senyawa dan reaksi yang mengeluarkan spesies oksigen tersebut, menekan pembentukannya atau melawan kerjanya disebut antioksidan. Dalam sebuah sel normal terdapat keseimbangan oksidan dan antioksidan yang tepat. Meskipun demikian, keseimbangan ini dapat bergeser ke arah pro-oksidan ketika produksi spesies oksigen tersebut sangat meningkat atau ketika kadar antioksidan menurun.

Keadaan ini dinamakan "stress oksidatif" dan dapat mengakibatkan kerusakan sel yang berat jika stress tersebut masif atau berlangsung lama.²⁰

Pertahanan sel terhadap toksisitas oksigen masuk dalam kategori enzim antioksidan untuk mengeluarkan spesies oksigen reaktif, vitamin dan *scavenger* (penyapu, pencari) radikal bebas antioksidan, kompartementasi sel dan perbaikan. Enzim penyapu yang bersifat antioksidan mengeluarkan atau menyingkirkan superoksida dan hidrogen peroksida. Vitamin E, vitamin C, dan mungkin karotenoid, biasanya disebut sebagai vitamin antioksidan, dapat menghentikan reaksi berantai radikal bebas.²¹

Tabel 4. Nutrien dan Pertahanan Antioksidan

Nutrien	Peranan dalam Tubuh Manusia
Besi	Katalase, memperbaiki fungsi mitokondria, hemoglobin.
Mangan Mn-SOD	Dalam mitokondria.
Tembaga	Cu, Zn-SOD caeruloplasmin.
Seng	Cu, Zn-SOD : lebih menghasilkan sifat antioksidan. Menstabilkan stuktur membran.
Protein	Asam amino yang mengandung sulfur diperlukan untuk membuat GSH, SOD, katalase, glutathion reduktase dan peroksidase, transpor logam, dan penyimpanan protein. Albumin, sebagai pembawa antioksidan tembaga
Riboflavin (vit. B. yang larut dalam air)	Glutathion reduktase, memperbaiki fungsi mitokondria, dibutuhkan untuk membuat FMN & FAD.
Vitamin E (tokoferol; vitamin yang larut lemak)	Melindungi terhadap proses peroksidasi lipid; dapat pula membantu menstabilkan struktur membran

Tabel 4. Nutrien dan Pertahanan Antioksidan (sambungan)

Nutrien	Pertahanan dalam Tubuh Manusia
Selenium	Glutathion peroksidase, fungsi tiroid; dapat membantu mendetoksifikasi karsinogen.
Vitamin C (asam askorbat; vitamin yang larut air)	Enzim hidroksilase; antioksidan yang larut air, mendaur ulang vitamin E, mengurangi karsinogen nitrosamin
Beta karoten	Prekursor vitamin A. Dapat mempunyai beberapa sifat antioksidan-pembersih kuat <i>singlet O</i> , dapat bereaksi dengan radikal peroksil. Beberapa melaporkan bahwa beta karoten menghambat proses peroksidasi lipid dalam membran, tetapi hanya pada konsentrasi O yang rendah.
Lycopene	Pigmen merah orange pada tomat. Pembersih kuat <i>singlet O</i> . Diperkirakan menjadi antioksidan <i>in vivo</i> , tetapi belum ditetapkan.
Retinol (vitamin A; vitamin yang larut lemak)	Beberapa sifat antioksidan dibuktikan secara <i>in vitro</i> , tetapi tidak ada bukti yang baik bahwa, retinol bekerja sebagai antioksidan secara <i>in vivo</i> .
Nikotinamid (vitamin B)	Dibutuhkan untuk membuat NAD ⁺ , NADH, NADP ⁺ , NADPH, diperlukan untuk glutathion reduktase. Penting dalam metabolisme sel dan produksi energi

Sumber: <http://www.beritaiptek.com/zberita-beritaiptek-2007-01-23-Antioksidan-dan-Peranannya-Bagi-Kesehatan.shtml>²²

Sumber-sumber antioksidan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu antioksidan sintetik (antioksidan yang diperoleh dari hasil sintesis reaksi kimia) dan antioksidan alami (antioksidan hasil ekstraksi bahan alami).²³

Beberapa contoh antioksidan sintetik yang diijinkan penggunaannya untuk makanan dan penggunaannya telah sering digunakan, yaitu butil hidroksi anisol (BHA), butil hidroksi toluen (BHT), propil galat, tert-butil hidoksi quinon

(TBHQ) dan tokoferol. Antioksidan-antioksidan tersebut merupakan antioksidan alami yang telah diproduksi secara sintetis untuk tujuan komersial.²³

Antioksidan alami di dalam makanan dapat berasal dari (a) senyawa antioksidan yang sudah ada dari satu atau dua komponen makanan, (b) senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi-reaksi selama proses pengolahan, (c) senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami dan ditambahkan ke makanan sebagai bahan tambahan pangan.²³

Senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami adalah yang berasal dari tumbuhan. Isolasi antioksidan alami telah dilakukan dari tumbuhan yang dapat dimakan, tetapi tidak selalu dari bagian yang dapat dimakan. Antioksidan alami tersebar di beberapa bagian tanaman, seperti pada kayu, kulit kayu, akar, daun, buah, bunga, biji dan serbuk sari.²³

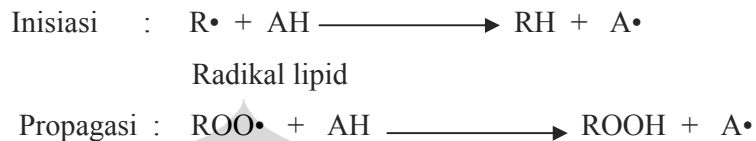
Senyawa antioksidan alami tumbuhan umumnya adalah senyawa fenolik atau polifenolik yang dapat berupa golongan flavonoid, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol dan asam-asam organik polifungsional. Golongan flavonoid yang memiliki aktivitas antioksidan meliputi flavon, flavonol, isoflavon, kateksin, flavonol dan kalkon. Sementara turunan asam sinamat meliputi asam kafeat, asam ferulat, asam klorogenat, dan lain-lain.²³

2.3.2 Mekanisme Kerja

Antioksidan memiliki dua fungsi. Fungsi pertama merupakan fungsi utama yaitu sebagai pemberi atom hidrogen. Antioksidan (AH) yang mempunyai fungsi utama tersebut sering disebut sebagai antioksidan primer. Senyawa ini dapat memberikan atom hidrogen secara cepat ke radikal lipid ($R\cdot$, $ROO\cdot$) atau mengubahnya ke bentuk lebih stabil, sementara turunan radikal antioksidan ($A\cdot$) tersebut memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal lipid.²³

Fungsi kedua merupakan fungsi sekunder antioksidan, yaitu memperlambat laju autooksidasi dengan berbagai mekanisme di luar mekanisme pemutusan rantai autooksidasi dengan perubahan radikal lipid ke bentuk lebih stabil.²⁴

Penambahan antioksidan (AH) primer dengan konsentrasi rendah pada lipid dapat menghambat atau mencegah reaksi autooksidasi lemak dan minyak. Penambahan tersebut dapat menghalangi reaksi oksidasi pada tahap inisiasi maupun propagasi, sesuai reaksi berikut :



Radikal-radikal antioksidan (A•) yang terbentuk pada reaksi tersebut relatif stabil dan tidak mempunyai cukup energi untuk dapat bereaksi dengan molekul lipid lain membentuk radikal lipid baru.²⁴

Besar konsentrasi antioksidan yang ditambahkan dapat berpengaruh pada laju oksidasi. Pada konsentrasi tinggi, aktivitas antioksidan grup fenolik sering lenyap bahkan antioksidan tersebut menjadi prooksidan, sesuai reaksi :



Pengaruh jumlah konsentrasi pada laju oksidasi tergantung pada struktur antioksidan, kondisi dan sampel yang akan diuji.²³

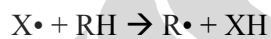
2.4 Peroksida

Dalam ilmu kimia, peroksida adalah kelompok senyawa yang memiliki ikatan tunggal oksigen-oksigen. Dalam kimia organik, peroksida adalah 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 hidrogen, maka senyawa itu disebut hidroperoksida (R-O-O-H)²⁵

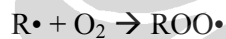
2.5 Peroksidasi Lipid¹⁴

Peroksidasi (otooksidasi) lipid bertanggung jawab tidak hanya pada kerusakan makanan, tapi juga menyebabkan kerusakan jaringan in vivo karena dapat menyebabkan kanker, penyakit inflamasi, aterosklerosis, dan penuaan. Efek merusak tersebut akibat produksi radikal bebas ($\text{ROO}\cdot$, $\text{RO}\cdot$, $\text{OH}\cdot$) pada proses pembentukan peroksida dari asam lemak. Peroksidasi lipid merupakan reaksi berantai yang memberikan pasokan radikal bebas secara terus-menerus yang menginisiasi peroksidasi lebih lanjut, Proses secara keseluruhan dapat dijabarkan sebagai berikut :

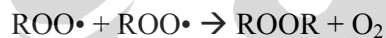
a. Inisiasi



b. Propagasi



c. Terminasi

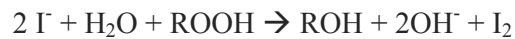


Karena prekursor molekuler dari proses inisiasi adalah produk hidrosiperoksida (ROOH), peroksidasi lipid merupakan reaksi berantai yang sangat berpotensi memiliki efek menghancurkan. Untuk mengontrol dan mengurangi peroksidasi lipid, digunakan senyawa yang bersifat antioksidan.

2.6 Bilangan Peroksida¹⁵

Bilangan peroksida adalah jumlah peroksida yang terdapat di dalam 1 kg lipid. Peroksida merupakan hasil oksidasi lipid, sehingga jumlah peroksida yang terbentuk dapat menjelaskan laju oksidasi lipid. Bilangan peroksida ditentukan

dengan mengukur jumlah Iodium (I_2) yang terbentuk akibat reaksi Ion Iodida (I^-) dengan peroksida berdasarkan reaksi sebagai berikut :



Berdasarkan reaksi tersebut, jumlah peroksida (ROOH) sama dengan jumlah Iodium (I_2) yang terbentuk. Sebagai sumber ion Iodida (I^-), digunakan Kalium Iodida (KI).

Untuk mengukur jumlah Iodium (I_2) yang terbentuk, maka perlu direaksikan dengan ion Tiosulfat ($S_2O_3^{2-}$) sesuai dengan reaksi sebagai berikut :



Sebagai sumber ion tiosulfat ($S_2O_3^{2-}$), digunakan Natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$). Iodium (I_2) yang secara normal tidak berwarna akan menjadi berwarna biru-kehitaman jika dicampur dengan kanji yang mengandung amilum. Dengan proses titrasi menggunakan tiosulfat ($S_2O_3^{2-}$), maka Iodium akan perlahan-lahan diubah menjadi ion iodida (I^-) sehingga secara perlahan-lahan, warna biru-kehitaman akan berubah menjadi bening.

Dengan cara tersebut, jumlah peroksida yang terbentuk bisa dihitung dengan menggunakan rumus :

$$POV = S \times N \times 1000$$

- POV : bilangan peroksida (mEq/kg sampel)
- S : Volume Larutan Natrium Tiosulfat yang digunakan untuk titrasi (mL)
- N : Normalitas Larutan Natrium Tiosulfat (N).

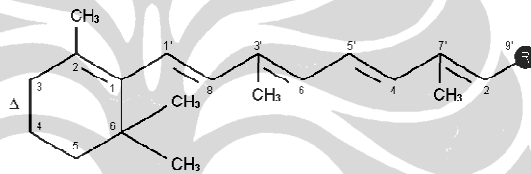
2.7 Vitamin A

2.7.1 Definisi dan Rumus Struktur

Vitamin A merupakan kelompok senyawa dengan bentuk molekul yang sama yang dikenal sebagai retinoid. Komponen penting dalam kelompok molekul retinoid adalah grup retinil. Pada makanan yang berasal dari hewan, bentuk vitamin adalah ester terutama retinil palmitat yang dikonversi menjadi retinol dalam usus halus. Vitamin A juga bisa hadir dalam bentuk aldehid atau retinal,

atau dalam bentuk asam retinoat. Prekursor vitamin dapat ditemukan dalam makanan yang berasal dari tumbuhan dalam bentuk satu dari senyawa karotenoid.²⁶

Semua bentuk vitamin A mempunyai cincin beta-ionon di mana cincin isoprenoid menempel. Struktur ini penting untuk aktivitas vitamin. Pigmen jingga yang terdapat dalam wortel yaitu beta-karoten dapat dipresentasikan sebagai dua grup retinil yang bersambung antar satu dengan lain. Grup retinil merupakan satu-satunya absorber cahaya dalam persepsi visual, dan nama senyawanya diambil dari retina mata.²⁶



Gambar 2. Rumus Struktur Vitamin A²⁶

2.7.2 Klasifikasi

Secara umum, ada dua kategori vitamin A, tergantung dari sumber vitamin A tersebut dari hewan atau tumbuhan.²⁷

Vitamin A yang ditemukan dalam makanan yang berasal dari hewan dikenal sebagai *preformed vitamin A*. Ia diabsorpsi dalam bentuk retinol, satu dari bentuk paling aktif vitamin A. Sumbernya antara lain termasuk hati, *whole milk*, dan beberapa produk makanan yang *fortified*. Retinol dapat diubah menjadi retinal dan asam retinoik yaitu bentuk aktif lain vitamin A dalam tubuh²⁷.

Vitamin A yang ditemukan dalam buah-buahan dan sayur-sayuran dinamakan karotenoid provitamin A yang dapat diubah menjadi bentuk retinol dalam tubuh. Karotenoid provitamin A yang sering ditemukan dalam makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan adalah beta-karoten, alfa-karoten, dan beta-kriptoxantin.

Dari ketiga provitamin A ini, beta-karoten merupakan bentuk yang paling efisien untuk ditukarkan ke dalam bentuk retinol. Alfa-karoten dan beta-kriptoxantin juga dikonversi ke vitamin A, tapi tidak seefisien dari penukaran beta-karoten²⁷.

2.7.3 Fungsi

Sebagian karotenoid, provitamin A telah menunjukkan fungsi sebagai antioksidan dalam penelitian-penelitian laboratorium; namun peran ini tidak konsisten apabila diuji pada manusia. Antioksidan memproteksi sel-sel dari radikal bebas yang berpotensi merusak produk samping dari metabolisme oksigen yang bisa berkontribusi ke arah pembentukan penyakit-penyakit kronik.²⁸

2.8 Vitamin C

2.8.1 Definisi

Vitamin C adalah salah satu vitamin larut air. Vitamin C pertama kali dikenal sebagai zat untuk mengobati penyakit scurvy. Pada tahun 1932 Szent-Györgi dan Glenn King berhasil mengisolasi vitamin C dari jaringan adrenal, jeruk, dan kol. Kemudian pada tahun 1933, Haworth dan Hirst berhasil mensintesis vitamin C dan dikenal sebagai asam askorbat.²⁹

2.8.2 Sifat Kimia

Vitamin C adalah kristal putih yang mudah larut dalam air. Dalam keadaan kering, vitamin C cukup stabil. Dalam bentuk larutan, vitamin C mudah rusak akibat oksidasi oleh oksigen dari udara. Oksidasi dipercepat dengan adanya tembaga dan besi. Vitamin C tidak stabil dalam larutan alkali, tetapi cukup stabil dalam larutan asam.²⁹

Asam askorbat (vitamin C) adalah turunan heksosa dan diklasifikasikan sebagai karbohidrat yang erat berkaitan dengan monosakarida. Vitamin C dapat disintesis dari D-glukosa dan D-galaktosa dalam tumbuh-tumbuhan dan sebagian besar hewan. Vitamin C terdapat dalam 2 bentuk di alam, yaitu asam L-askorbat (bentuk tereduksi) dan L-asam dehidro askorbat (bentuk teroksidasi).²⁹



Asam L-Askorbat (Bentuk tereduksi) Asam L-dehidro askorbat
(bentuk teroksidasi)

Gambar 3. Rumus Struktur Vitamin C²⁹

Kedua bentuk vitamin C aktif secara biologis tetapi bentuk tereduksi (asam L-askorbat) adalah yang paling aktif. Oksidasi lebih lanjut dari asam L-dehidro askorbat akan menghasilkan asam diketo L-gulonat dan oksalat yang tidak dapat direduksi kembali (berarti telah kehilangan sifat antiskorbutnya).²⁹

2.8.3 Fungsi

Asam askorbat adalah bahan yang memiliki kemampuan kuat dalam mereduksi dan bertindak sebagai antioksidan dalam berbagai reaksi hidroksilasi. Beberapa turunan vitamin C (asam eritrobik dan asam askorbik palmitat) digunakan sebagai antioksidan di dalam industri untuk mencegah proses menjadi tengik, perubahan warna pada buah-buahan, dan untuk mengawetkan daging²⁹. Vitamin C juga berperan dalam sintesis kolagen karena vitamin C diperlukan untuk reaksi hidroksilasi prolin dan lisin menjadi hidroksiprolin (bahan penting untuk pembentukan kolagen).²⁹

2.9 Katekin

2.9.1 Definisi

Katekin merupakan subkelas dari polifenol. Polifenol merupakan senyawa kimia yang terkandung di dalam tumbuhan dan bersifat antioksidan kuat. Polifenol adalah kelompok antioksidan yang secara alami ada di dalam sayuran (brokoli, kol, seledri), buah-buahan (apel, delima, melon, ceri, pir, dan stroberi), kacang-kacangan (walnut, kedelai, kacang tanah), minyak zaitun, dan minuman (seperti

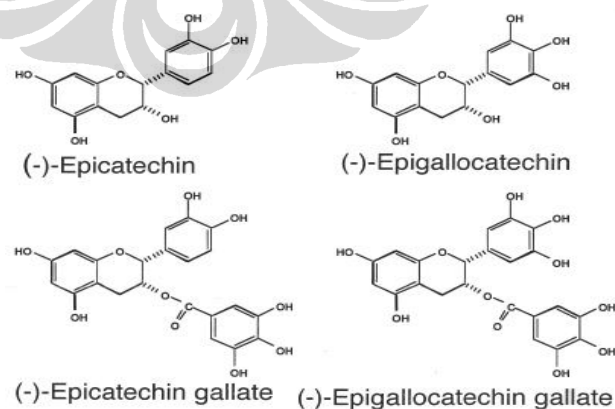
teh, kopi, coklat dan anggur merah/*red wine*). Polifenol umumnya banyak terkandung dalam kulit buah.³⁰

Polifenol ini berperan melindungi sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas dengan cara mengikat radikal bebas sehingga mencegah proses inflamasi dan peradangan pada sel tubuh. Polifenol juga bermanfaat menurunkan risiko penyakit degeneratif seperti penyakit jantung, alzheimer, dan kanker.³⁰

Senyawa polifenol terdiri dari beberapa subkelas yakni, flavonol, isoflavon (dalam kedelai), flavanon, antosianidin, katekin, dan biflavan. Turunan dari katekin seperti epikatekin, epigalo-katekin, epigalo-katekin galat, dan quercetin umumnya ditemukan dalam teh dan apel. Dua unsur terakhir merupakan antioksidan kuat, dengan kekuatan 4-5 kali lebih tinggi dibandingkan vitamin C dan vitamin E yang dikenal sebagai antioksidan potensial. Jenis polifenol lain adalah tanin (terkandung dalam teh dan coklat).³⁰

2.9.2 Sifat Kimia

Katekin bersifat asam lemah ($pK_{a1} = 7,72$ dan $pK_{a2} = 10,22$), sukar larut dalam air dan sangat tidak stabil di udara terbuka. Bersifat mudah teroksidasi pada pH mendekati netral (pH 6,9) dan lebih stabil pada pH lebih rendah (2,8 dan 4,9). Katekin juga mudah terurai oleh cahaya dengan laju reaksi lebih besar pada pH rendah (3,45) dibandingkan pH 4,9.³²



Gambar 4. Rumus Struktur Katekin³³

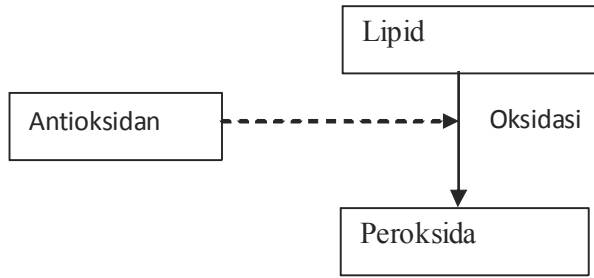
2.9.3 Fungsi

Fungsi katekin adalah sebagai anti oksidan, anti kanker, anti bakterial alami, membantu menurunkan tekanan darah, mencegah penyakit jantung, dan meningkatkan kekebalan tubuh.³¹

Daya antioksidan komponen katekin berbeda-beda. Epikatekin galat mempunyai daya antioksidan sebesar 4,93; epigalo katekin galat sebesar 4,75; epigalo katekin 3,82; epikatekin daya antioksidannya sebesar 2,50 dan untuk katekin daya antioksidannya sebesar 2,40. Daya antioksidan komponen katekin tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan vitamin C ataupun karoten.³⁰ Pada berbagai riset terhadap hewan coba ditunjukkan bukti-bukti mengenai bioaktivitas dari katekin teh hijau dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Katekin teh hijau dapat meningkatkan sekresi Interleukin-12 (IL-12), daya fagositosis, ketahanan limfosit, dan proliferasi limfosit pada mencit yang diinokulasi *Listeria monocytogenes*. Interleukin-12 akan menyebabkan sekresi interferon- γ sehingga makrofag teraktivasi dan dapat membunuh kuman penyakit.³¹

Senyawa bioaktif katekin yang terdapat pada tanaman obat tradisional Cina *Spatholobus suberectus* Dunn (SSD) dilaporkan dapat memperbaiki sistem hematopoiesis pada mencit yang diradiasi dengan meningkatkan *Granulocyte Macrophage Colony-Stimulating Factor* (GM-CSF) dan *Interleukin-6* (IL-6). GM-CSF dapat menstimulasi pembentukan netrofil, eosinofil, basofil, dan monosit. IL-6 tidak hanya berfungsi untuk regulasi sistem kekebalan dan menghambat pertumbuhan tumor, tetapi juga dapat memberikan efek stimulasi terhadap hematopoiesis.³¹

2.10 Kerangka Teori



Keterangan :

- : menjadi
- - -→ : menghambat

2.11 Kerangka Konsep

