

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hanjeli

Hanjeli atau jali-jali (*Coix lacryma-jobi L.*) merupakan sejenis tumbuhan biji-bijian tropis dari suku padi-padian atau Poaceae. Tanaman ini berasal dari Asia Timur dan Malaya (Kurniawan, 2014). Tanaman ini dibudidayakan secara meluas di Jepang, Korea, Cina, Taiwan, India, Sri Lanka, Myanmar, Thailand, dan Filipina (Chhabra *et al.*, 2015). Di Indonesia sendiri tanaman ini menyebar di berbagai ekosistem lahan pertanian yang beragam dari daerah iklim kering, iklim basah, lahan kering maupun lahan basah di Sumatera, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi (Kurniawan, 2014).

Tanaman ini sudah dikenal lama oleh masyarakat lokal Indonesia. Namun saat ini, hanjeli merupakan tanaman palawija yang mulai ditinggalkan petani bahkan hampir punah padahal di tahun 1980-an masih banyak dijumpai di pematang-pematang sawah di banyak tempat di Pulau Jawa, salah satunya di lahan kering Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Anonymous, 2011). Tetapi saat ini masih banyak petani yang menanam hanjeli secara konvensional sebagai tanaman langka dan dapat ditemukan di Punclut Kabupaten Bandung, Cipongkor, Gunung Halu, Kiarapayung, Rancakolong, Tanjungsari Kabupaten Sumedang, Sukabumi, Garut, Ciamis, dan Indramayu (Kurniawan, 2014). Sehingga saat ini pun jali lokal masih ditemukan dijual dalam jumlah terbatas di beberapa pasar tradisional di antaranya di Kuningan, Bandung, dan Bogor. Sebuah gerai ternama di Bogor diketahui menjual jali lokal yang mana telah dicampur dengan beras merah atau biji-bijian lainnya dalam kemasan menarik dengan harga cukup tinggi (Juhaeti, 2014).

Hanjeli merupakan sebutan yang populer di daerah Jawa Barat (Sunda) sementara sebutan umumnya di Indonesia adalah jali atau hanjeli (Kurniawan, 2014). Sedangkan di negara barat seperti Amerika Serikat dan Britania Raya lazim disebut dengan istilah *Job's tears* dikarenakan bentuknya yang mirip seperti tetesan air mata, warna bijinya setelah dikuliti nampak putih dan bening seperti mutiara itulah mengapa nama latinnya yaitu *Lacryma-jobi* yang mana seperti nama kelenjar di mata yang memproduksi air mata yaitu kelenjar lacrimal (Anonymous, 2000).

Tumbuhan hanjeli merupakan rumput setahun, rumpunnya banyak, batangnya tegak dan besar mampu mencapai tinggi 1 hingga 3 m, akarnya kasar

dan sulit dicabut. Letak daunnya berseling, helaian daun berbentuk pita, ukuran daun 8-100x1,-5 cm, ujung daun runcing, pangkalnya memeluk batang, tepinya rata. Bunga keluar dari ketiak daun dan ujung percabangan, berbentuk bulir. Buahnya berbentuk buah batu, bulat lonjong, pada varietas mayuen berwarna putih/biru-ungu dan berkulit keras apabila sudah tua.



**Gambar 2.1** Tumbuhan hanjeli (a), hanjeli yang telah dipanen (b), hanjeli yang sudah dikupas (c) (Kurniawan, 2014)

Terdapat dua varietas yang ditanam orang, yakni *Coix lacryma-jobi* var. adalah hanjeli yang memiliki cangkang keras berwarna putih, bentuk oval dan dipakai untuk manik-manik. Sementara varietas yang lainnya adalah *Coix lacryma-jobi* var. *mayuen* yang umum dikonsumsi sebagai makanan berupa bubur dan juga menjadi bagian dari tradisi pengobatan di Tiongkok (Kurniawan, 2014). Pemanenan hanjeli umumnya dilakukan pada umur 6 bulan setelah tanam (Juhaeti, 2014).

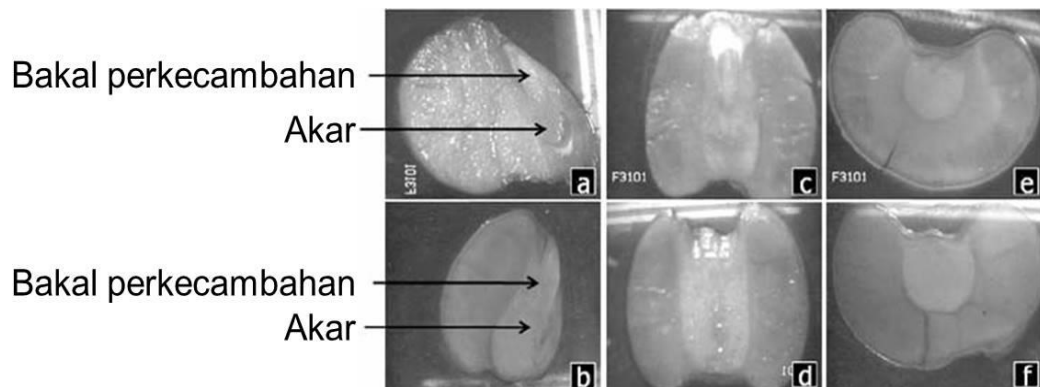
Sistematika klasifikasi tanaman hanjeli adalah sebagai berikut :

- Divisi : Spermatophyta
- Subdivisi : Angiospermae
- Kelas : Monocotyledoneae
- Ordo : Poales
- Famili : Poaceae
- Genus : Coix
- Species : *Coix lacryma-jobi* L. (Nurmala, 2010)

Menurut hasil penelitian Yulianto (2006) hanjeli mengandung protein, lemak, vitamin B1 lebih tinggi dibandingkan sereal lain, kadar kalsium lebih tinggi dibandingkan beras, jagung dan sorgum (Yulianto, 2006). Sementara Hasil analisis Duke (1983) menunjukkan bahwa kandungan gizi biji hanjeli lokal per 100 gram mengandung 380 kalori; 12,2 gram air; 15,4 gram protein; 6,2 gram lemak; 65,3 gram karbohidrat; 0,8 gram serat; 25 miligram kalsium; 435 miligram

fosfor; 5 miligram besi; 0,28 miligram tiamin (B1); 0,19 miligram riboflavin (B2); 4,3 miligram niasin (Duke, 1983).

Asam-asam amino yang terdapat dalam biji hanjeli terdiri atas asam amino tirosin, arginin, histidin, asam glutamate, lisin dan leusin. Selain kaya akan protein biji hanjeli juga mengandung asam lemak esensial, asam lemak miristat dan palmitat. Asam lemak esensial terdiri atas 45-55 persen asam oleat, dan asam linoleat 39 persen (Nurmala, 2010).



**Gambar 2.2** Bagian pada biji hanjeli yang terdiri dari akar dan bakal perkecambahan (a, b) kenampakan hanjeli secara melintang dan membujur (c, d, e, f) (Chaisiricharoenkul, *et al.* 2011)

Sementara akitivitas antioksidan pada hanjeli juga sangat tinggi yang mana inhibisinya sebesar 91,35 % terbukti melalui pengujian DPPH (1,1-diphenyl 1-2-picrylhydrazyl) *free radical scavenging* (Chhabra and Gupta, 2015). Hanjeli juga kaya akan senyawa polifenol seperti tanin, fenol, flavonoid, dan alkaloid kasar. Kemudian dari jurnal yang berkaitan, didapatkan bahwa tanin, fenol, dan flavonoid pada hanjeli sangat tinggi yaitu tanin sebesar 17,5 mg TAE/gr sampel, fenol total sebesar 20,5 mg GAE/gr sampel, flavonoid total sebesar 11.5 mg RE/gr sampel dan. Sementara akitivitas antioksidan pada hanjeli juga sangat tinggi yang mana inhibisinya sebesar 91,35 % terbukti melalui pengujian DPPH (1,1-diphenyl 1-2-picrylhydrazyl) *free radical scavenging* serta sebesar 270,25  $\mu$ g BE/mg sampel terbukti melalui pengujian FRAP (*ferric reducing antioxidant power*) (Chhabra and Gupta, 2015).

Dikarenakan komponen bioaktif yang sangat bermanfaat tersebut sehingga hanjeli banyak dimanfaatkan untuk diolah menjadi berbagai produk seperti sereal bernutrisi, beras analog, minuman fungsional pengganti susu, kopi, bahan baku camilan sehat, mie, roti, tape, tepung, bahkan bir (Chhabra and Gupta, 2015). Di samping sebagai sumber pangan pokok, hanjeli juga sangat

berpotensi sebagai obat herbal mengingat hanjeli merupakan sumber zat aktif *coixol* dan *coixenolide* yang terdapat dalam biji dan juga dari ekstrak akarnya. Khasiat zat aktif tersebut telah diteliti secara ilmiah yang mana bermanfaat sebagai anti tumor dan anti kanker (Kurniawan, 2014).

## 2.2 Teh

Teh merupakan minuman yang memiliki kandungan antioksidan alami yang dapat bermanfaat bagi kesehatan karena dengan peran antioksidan dapat membantu tubuh melawan radikal bebas yang membahayakan kesehatan tubuh (Anonim, 2016). Produk teh yang paling banyak beredar dihasilkan dari bahan baku yang sama yaitu tumbuhan teh yang bernama latin *Camellia sinensis*, sering dikenal juga sebagai *Thea sinensis* L.. Total jenis teh yang dikonsumsi di dunia antara lain 78% teh hitam, 20% teh hijau, dan kurang dari 2% adalah teh oolong. Teh hitam paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat di negara-negara barat dan beberapa negara Asia, sementara teh hijau banyak dikonsumsi terutama oleh masyarakat Jepang, Cina, India, dan beberapa negara di Afrika Utara dan Timur Tengah. Namun teh hijau saat ini telah menjadi sangat populer di berbagai belahan dunia sehingga banyak dikonsumsi juga oleh masyarakat di negara barat serta negara-negara Asia lainnya. Produksi dan konsumsi teh oolong hanya terbatas di kawasan Cina Tenggara dan Taiwan (Katiyar dan Mukhtar, 1996).

Variasi jenis teh yang berbeda-beda tersebut tergantung dari proses produksinya. Untuk memproduksi teh hijau misalnya, daun-daun teh hijau yang masih segar direbus di steamer atau dipanaskan di rotary panner untuk menginaktivasi enzim polifenol oksidase untuk mencegah terjadinya oksimatis (oksidasi enzimatis) yang mengubah polifenol menjadi senyawa oksidasinya berupa teaflavin dan tearubigin. Proses tersebut selain mencegah oksimatis juga bermanfaat untuk pengeringan hingga kadar air tertentu sehingga menjadikan produk lebih awet dan stabil (Nehlig, 2004).

Sedangkan untuk memproduksi teh hitam dan teh oolong, daun teh yang masih segar dibiarkan sampai kadar kelembabannya berkurang hingga hanya sebesar 55% dari berat asli daun teh, yang mana dapat meningkatkan senyawa polifenol di daunnya (Nehlig, 2004). Pada teh hitam proses pengolahannya cukup rumit. Dari proses tersebut teh hitam dibedakan menjadi teh hitam ortodoks dan crushing-tearing-curling (CTC) tea. Pada proses pengolahan teh

hitam ortodoks, daun teh dilayukan semalam 14-18 jam. Setelah layu, daun teh digulung, digiling dan dioksimatis selama kurang lebih 1 jam. Sementara itu, proses pengolahan CTC tea, pelayuannya lebih singkat hanya 8-11 jam dan diikuti dengan proses penggilingan yang sangat kuat untuk mengeluarkan cairan sel semaksimal mungkin. Proses selanjutnya adalah pengeringan yaitu proses pengolahan yang bertujuan untuk menghentikan proses oksimatis dan menurunkan kadar air. Teh kering selanjutnya disortasi dan digrading untuk menghasilkan jenis mutu teh tertentu (Rohdiana, 2015).

Untuk proses pembuatan teh oolong, daun teh yang telah sampai di tempat produksi atau pabrik langsung dilayukan dengan memanfaatkan panas dari sinar matahari sambil digulung halus secara manual menggunakan tangan ataupun menggunakan mesin untuk mengoksidasi sebagian polifenol yang terdapat dalam daun teh. Proses ini dikenal sebagai proses semi oksimatis. Setelah dipandang cukup semi oksimatisnya, daun teh kemudian dikeringkan (Rohdiana, 2015). Oksimatis teh oolong ini lebih rendah daripada teh hitam (Nehlig, 2004).

Teh mengandung komponen bioaktif polifenol yang memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat. Manfaat teh terhadap kesehatan berhubungan dengan sifat antioksidan dan aktivitas penghambatan radikal bebas dari teh yang kaya akan kandungan fenolik dan flavonoid (Komes *et al.*, 2010).

Menurut pengujian aktivitas penangkapan radikal DPPH ekstrak produk teh hitam oleh Jaya dkk. (2013) teh hitam mempunyai nilai  $IC_{50}$  sebesar  $311,54 \pm 2,79 \mu\text{g/mL}$ . Menurut penelitian Zhao *et al.* (2014) kadar aktivitas antioksidan berbagai jenis teh mulai dari teh hijau, teh oolong, teh hitam, dan *dark tea* dari berbagai merk yang beredar di Cina memiliki persentase aktivitas antioksidan yang berkisar antara 20 hingga 80 % melalui pengujian aktivitas antioksidan metode DPPH (Zhao *et al.*, 2014).

Bahan minuman teh yang beredar selain berbasis dari daun tumbuhan teh *Camellia sinensis*, juga memiliki variasi bahan jenis lain yang tidak mengandung daun teh. Teh ini disebut teh herbal karena berbahan dasar herbal seperti dari buah-buahan, biji-bijian, atau akar yang semuanya melalui berbagai proses pengeringan lalu direndam atau diseduh dalam air panas. Bahan-bahan yang biasa dipakai antara lain jahe, bunga rossela, akar herbal, ginseng, melati, serbuk vanilla, lemon mint, bunga chamomile, bunga echinacea, bunga melati, walnut, almond, jagung, gandum, dan salah satunya termasuk jali-jali atau

hanjeli. Pengolahan minuman teh yang berbahan dasar hanjeli sudah dikembangkan sejak zaman nenek moyang untuk pengobatan pertama pada penderita flu, demam, asma, bronkitis, dan masuk angin (Joseph dan Duyen, 2017; Gabris, 2017). Teh hanjeli juga telah dikenal sebagai salah satu variasi minuman teh berbasis biji-bijian yang mana dikenal dengan nama *yulmucha* (Anonymous, 2010).

Untuk membuat teh hanjeli, perlu untuk dipanaskan pada wajan besi lalu disangrai dengan cara diaduk menggunakan sendok kayu selama 15 hingga 20 menit sampai berwarna keemasan atau coklat muda. Waktu tersebut sangat ideal bagi hanjeli untuk diolah menjadi teh karena apabila lebih dari waktu tersebut maka akan menghasilkan minuman yang berupa kopi, hanya saja bila berbahan baku hanjeli lebih rendah kafein daripada kopi pada umumnya (Gabris, 2017).

### 2.2.1 Standar Nasional Indonesia Produk Teh

Menurut Badan Standarisasi Nasional tahun 2010, standar mutu teh celup adalah sebagai berikut

**Tabel 2.1** Standar Nasional Indonesia Teh Hitam Celup

Kriteria Uji	Persyaratan Kadar (% bb)
Ekstrak dalam air	Min. 32
Kadar air	Maks. 10
Abu	4 hingga 8
Abu larut dalam air	Min. 45
Abu tidak larut dalam air	Maks. 1
Serat Kasar	Maks. 16,5

(Badan Standarisasi Nasional, 2010)

Standar nasional Indonesia ini selain bertujuan untuk melindungi kesehatan dan konsumen juga untuk :

- meningkatkan mutu teh,
- mendorong industri berbasis pertanian,
- melindungi produsen,
- mendukung perkembangan industri agrobases,
- mendukung ekspor non migas,

- menunjang instruksi Menteri Perindustrian No. 04/M/INS/10/1989 (SNI Teh Wangi, 2000).

### **2.3 Antioksidan**

Antioksidan bisa didefinisikan sebagai senyawa dalam jumlah kecil yang memiliki kemampuan untuk mencegah atau menghambat proses oksidasi (Schuler, 1990). Dalam perundang-undangan pangan, bahan tambahan pangan yang berupa antioksidan bertujuan untuk memperpanjang masa simpan suatu produk yang mana mekanisme antioksidan itu untuk melindungi produk pangan tersebut agar tidak mengalami penurunan mutu akibat oksidasi seperti misalnya ketengikan dan perubahan warna (Directive 95/2/EC). Sementara antioksidan alami hanya menandakan bahwa zat tersebut secara alami sudah terdapat di alam atau suatu komoditas, dalam artian senyawa yang dimaksud didapat secara alami dan suatu komoditas bisa sebagai sumber suatu senyawa antioksidan (Yanishlieva-Maslarova, 2001). Maka dari itu tidak ada perbedaan spesifik sifat kimia yang kontras antara antioksidan alami dan antioksidan sintetik. Istilah antioksidan yang terakhir tersebut adalah jenis antioksidan yang disintesis secara kimia dan tidak ditemukan secara alami di alam. Namun sehubungan dengan terminologi beberapa pakar, para pakar tetap berprinsip bahwa sebenarnya senyawa antioksidan sintetik juga berasal dari alam hanya saja sengaja dibentuk atau disintesis untuk digunakan sebagai bahan tambahan pangan karena tujuan ekonomis. Sehingga, bila suatu antioksidan alami seperti misalnya asam askorbat yang disintesis secara kimia, senyawa ini termasuk dalam antioksidan alami, atau paling tidak disebut antioksidan 'identik alami' (Lingnert *and* Lundgren, 1980).

#### **2.3.1 Klasifikasi Antioksidan**

Antioksidan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu antioksidan primer atau alami dan antioksidan sekunder atau sintetik.

##### **1. Antioksidan primer atau alami**

Antioksidan adalah zat yang dapat mencegah atau menghambat proses oksidasi sehingga membentuk senyawa yang lebih stabil. Antioksidan golongan polifenol adalah kelompok yang paling banyak terdapat dalam buah-buahan, sayuran, tanaman polong-polongan, biji-bijian, teh, rempah-rempah dan anggur (Inggrid dan Santoso, 2014).

Pengelompokkan antioksidan primer adalah sebagai berikut :

- a. Antioksidan mineral adalah kofaktor antioksidan enzim. Keberadaanya mempengaruhi metabolisme makromolekul kompleks seperti karbohidrat. Contoh : selenium, tembaga, besi, seng dan mangan.
- b. Antioksidan vitamin, dibutuhkan untuk fungsi metabolisme tubuh. Contoh : vitamin C, vitamin E, vitamin B.
- c. Polifenol adalah senyawa fenolik, yang bukan vitamin maupun mineral. Senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol adalah senyawa flavonoid. Flavonoid adalah senyawa fenolik yang memberi warna pada buah, biji-bijian, daun, bunga dan kulit. Sebagai contoh katekin adalah senyawa antioksidan paling aktif pada teh hijau dan hitam, karotenoid adalah zat warna dalam buah-buahan dan sayuran,  $\beta$  karoten terdapat pada wortel dapat dikonversi menjadi vitamin A, likopen banyak terdapat dalam tomat dan zeaxantin banyak pada bayam (Inggrid dan Santoso, 2014).

## 2. Antioksidan sekunder atau sintetik

Senyawa antioksidan sintetik memiliki fungsi menangkap radikal bebas dan menghentikan reaksi berantai (Inggrid dan Santoso, 2014). Contoh antioksidan sintetik antara lain yaitu butylated hydroxyl anisole (BHA), butylated hydroxyrotoluene (BHT), propyl gallate (PG) dan metal chelating agent (EDTA), tertiary butyl hydroquinone (TBHQ), nordihydro guaretic acid (NDGA). Antioksidan utamapada saat ini digunakan dalam produk makanan adalah monohidroksi atau polihidroksi senyawa fenol dengan berbagai substituen pada cincin (Hamid, A. *et al.*, 2010).

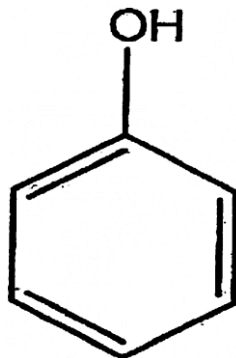
### 2.3.2 Polifenol

Polifenol adalah kelompok antioksidan yang secara alami ada di dalam sayuran, kacang-kacangan, dan minyak. Senyawa polifenol meliputi flavonol, isoflavon, flavanon, antosianidin, katekin, dan biflavan (Mokgope, 2006). Polifenol berperan dalam memberi warna pada tumbuhan misalnya seperti warna daun. Kandungan polifenol dapat melindungi sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas, penghambat enzim hidrolisis dan oksidatif serta bekerja sebagai antibakteri (Saxton, K. *et al.*, 2013).



### 2.3.3 Fenolik

Fenolik merupakan kategori polifenol terbesar dan paling banyak tersebar di berbagai tumbuhan. Fenolik merupakan gugus hidroksil (-OH) yang berikatan langsung dengan gugus hidrokarbon aromatik. Fenol ( $C_6H_5OH$ ) merupakan metabolit sekunder dan memiliki peran yang sangat penting dalam pertahanan berbagai senyawa. Fenolik mengandung beberapa khasiat yang baik dalam kesehatan manusia antara lain sebagai agen pelindung terhadap penyakit yang disebabkan oleh radikal bebas. Tiga gugus fenolik yang paling utama antara lain flavonoid, asam-asam fenolik, dan polifenol. Flavonoid merupakan gugus fenolik terbesar yang terdapat pada tanaman serta gugus ini paling banyak diteliti dan dipelajari. Asam-asam fenolik terbentuk dari bermacam-macam gugus termasuk di antaranya hidroksibenzoat dan asam-asam hidroksicinnamic. Sementara polifenol yang banyak diketahui adalah tanin yang merupakan komponen terbesar yang terdiri dari tanin terhidrolisat dan tanin terkondensasi (Saxena *et al.*, 2013).



**Gambar 2.3** Struktur fenolik (Vermerris, 2006)

### 2.3.4 Asam-Asam Fenolik

Asam fenolik merupakan fenol yang memiliki satu asam karboksilat kelompok fungsional. Asam fenolik mengandung dua kerangka karbon yang khas yaitu asam hidroksikinamik dan asam hidroksibenzoat. Senyawa asam hidroksikinamik diproduksi sebagai ester sederhana dengan glukosa atau hidroksi karboksilat (Balasundram, 2006). Senyawa fenolik tanaman berbeda dalam hal struktur molekul dan dicirikan dengan adanya cincin aromatik hidroksilasi (Saxena *et al.*, 2013).

Senyawa-senyawa tersebut telah banyak dipelajari dikarenakan manfaatnya dalam mencegah kerusakan oksidatif pada sel tubuh yang memicu

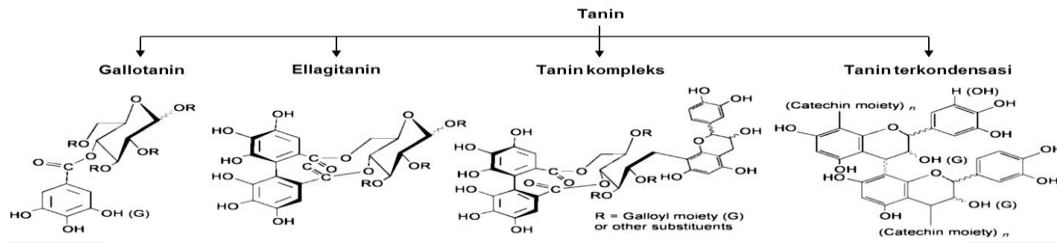
penyakit-penyakit degeneratif seperti gangguan sistem peredaran darah dan penyakit jantung, inflamasi, serta kanker. Perlu diketahui sel-sel tumor seperti sel leukemia (pemicu kanker darah) memiliki level oksigen reaktif yang sangat tinggi daripada sel normal sehingga sangat sensitif terhadap kerusakan oksidatif (Mandal, 2010). Banyak penelitian menjelaskan bahwa ketersediaan asam fenolik juga mampu memaksimalkan penyerapan zat gizi makanan karena membantu sistem metabolisme pada lambung, usus, dan hati (Battisti, 2008).

### 2.3.5 Tanin

Menurut sudut pandang ilmu kimia sulit untuk mendefinisikan tentang istilah tanin karena mencakup beberapa oligomer dan polimer yang sangat beragam (Saxena *et al.*, 2013). Sehingga dijabarkan bahwa tanin adalah gugus heterogen yang memiliki berat molekul senyawa polifenolik yang tinggi serta memiliki kapasitas untuk membentuk kompleks reversibel dan ireversibel yang terutama dengan protein di samping polisakarida (selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lain sebagainya), alkaloid, nukleat, asam, dan mineral (Schofield, 2001).

Berdasarkan struktur karakteristiknya, tanin dibagi menjadi empat golongan utama antara lain galotanin, ellagitanin, tanin kompleks, dan tanin terkondensasi. Galotanin merupakan tanin yang unit galloyl atau turunan meta-depsidiknya berikatan dengan polyol-, katekin-, atau unit triterpenoid. Ellagitanin merupakan tanin yang memiliki ikatan C-C pada paling sedikit dua unit galloyl saling berikatan satu sama lain dan tidak mengandung unit katekin glikosidik. Tanin kompleks merupakan tanin dengan unit katekin yang berikatan glikosidik pada galotanin atau unit ellagitanin. Sementara tanin terkondensasi merupakan proantosianin polimer dan oligomer yang dibentuk oleh ikatan C-4 dari salah satu katekin dengan C-8 atau C-6 monomer katekin berikutnya (Saxena *et al.*, 2013).

Berikutnya adalah pseudotanin, yang mana ini bukanlah salah satu golongan tanin tetapi dapat dikategorikan sebagai sub golongan dari tanin karena mereka tidak dapat menunjukkan hasil yang sesuai pada tes Goldbeater dan merupakan senyawa dengan berat molekul rendah. Asam klorogenik pada kopi dan nux vomica, asam ipecacuanha di ipecacuanha dan katekin pada kakao adalah contoh pseudotanin. Uji pendeteksian asam klorogenik dilakukan dengan cara ekstraksi obat dengan air, kemudian ekstrak ini ditreatmen dengan amonia. Berikutnya biarkan terpapar udara lalu kemudian terbentuk warna hijau sebagai indikasi adanya asam klorogenik (Ashok *and* Upadhyaya, 2012).



**Gambar 2.4** Struktur kimia tanin

Tanin merupakan senyawa fenolik yang menginterferensi penyerapan zat besi berlebih ketika memasuki lumen saluran pencernaan. Pada saat tersebut tanin membentuk formasi secara kompleks. Ada perbedaan cara antara senyawa fenolik berinteraksi dengan pola hidroksilasi yang berbeda (asam gallat, katekin, asam klorogenik) dan efeknya terhadap penyerapan zat besi. Kandungan gugus galloil merupakan penentu untuk menghambat efek senyawa fenolik berlanjut (Brune, 1989).

Tanin banyak terkandung dalam tanaman teh, coklat, polong-polongan, sorgum, jagung, dan buah-buahan seperti anggur, kesemek, dan blueberi (Giner, 1996). Konsumsi tanin memberikan manfaat kesehatan seperti mengurangi tingkat keparahan penyakit kronis dan kanker, mengatasi diare, mengatasi penyakit dan tumor di saluran pencernaan. Hal tersebut karena peran tanin sebagai antiinflamasi, antiseptik, antioksidan, dan hemostatik (Dolara, 2005).

### 2.3.6 Mekanisme Kerja Antioksidan

Radikal bebas adalah molekul yang mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbit terluarnya, radikal bebas sangat reaktif dan tidak stabil, sebagai usaha untuk mencapai kestabilannya radikal bebas akan bereaksi dengan atom atau molekul di sekitarnya untuk memperoleh pasangan elektron. Reaksi ini dalam tubuh dapat menimbulkan reaksi berantai yang mampu merusak struktur sel, bila tidak dihentikan akan menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker, jantung, katarak, penuaan dini, serta penyakit-penyakit degeneratif lainnya (Inggrid dan Santoso, 2014).

Maka dari itu untuk menginaktivasi aktivitas radikal bebas diperlukan antioksidan karena antioksidan adalah senyawa yang dapat mendonorkan elektronnya (pemberi atom hidrogen) kepada radikal bebas. Sehingga dengan demikian menghentikan reaksi berantai dari radikal bebas dan mengubahnya menjadi bentuk yang stabil (Inggrid dan Santoso, 2014).

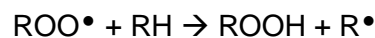
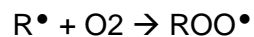
Berikut ini adalah reaksi berantai pada radikal bebas yang terdiri dari tiga tahap, yaitu :

a. Tahap inisiasi



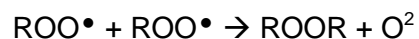
Pada tahap inisiasi terjadi pembentukan radikal bebas ( $R^{\bullet}$ ) yang sangat reaktif, karena (RH) melepaskan satu atom hidrogen, hal ini dapat disebabkan adanya cahaya, oksigen atau panas (Inggrid dan Santoso, 2014).

b. Tahap propagasi



Pada tahap propagasi, radikal ( $R^{\bullet}$ ) akan bereaksi dengan oksigen. Lalu membentuk radikal peroksi ( $ROO^{\bullet}$ ). Radikal peroksi selanjutnya akan menyerang RH (misalnya pada asam lemak) menghasilkan hidroperoksida dan radikal baru. Hidrogen peroksida yang terbentuk bersifat tidak stabil dan akan terdegradasi menghasilkan senyawa-senyawa karbonil rantai pendek seperti aldehida dan keton (Inggrid dan Santoso, 2014)..

c. Tahap terminasi



Tanpa adanya antioksidan, reaksi oksidasi lemak akan berlanjut sampai tahap terminasi, sehingga antar radikal bebas dapat saling bereaksi membentuk senyawa yang kompleks.

Sementara dengan adanya senyawa antioksidan, maka senyawa ini memberikan atom hidrogen atau elektron pada radikal bebas ( $R^{\bullet}$ ,  $ROO^{\bullet}$ ), mengubahnya ke bentuk yang lebih stabil. Sementara turunan radikal antioksidan ( $A^{\bullet}$ ) memiliki keadaan lebih stabil dibanding radikal semula ( $R^{\bullet}$ ) (Inggrid dan Santoso, 2014). Reaksi penghambatan oleh antioksidan terhadap radikal lipid mengikuti persamaan reaksi sebagai berikut,

