

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sirsak

Tanaman sirsak memiliki nama spesies *annona muricata linn*, merupakan tanaman dari kelas dicotyledonae, keluarga annonaceae, dan genus annona. Nama sirsak sendiri berasal dari bahasa belanda “Zuurzak” yang berarti “kantong asam”. Tanaman buah tropis ini didatangkan ke nusantara oleh pemerintah hindia belanda pada abad ke-19. Zuurzak bukan tanaman asli eropa (zuhud, 2011)



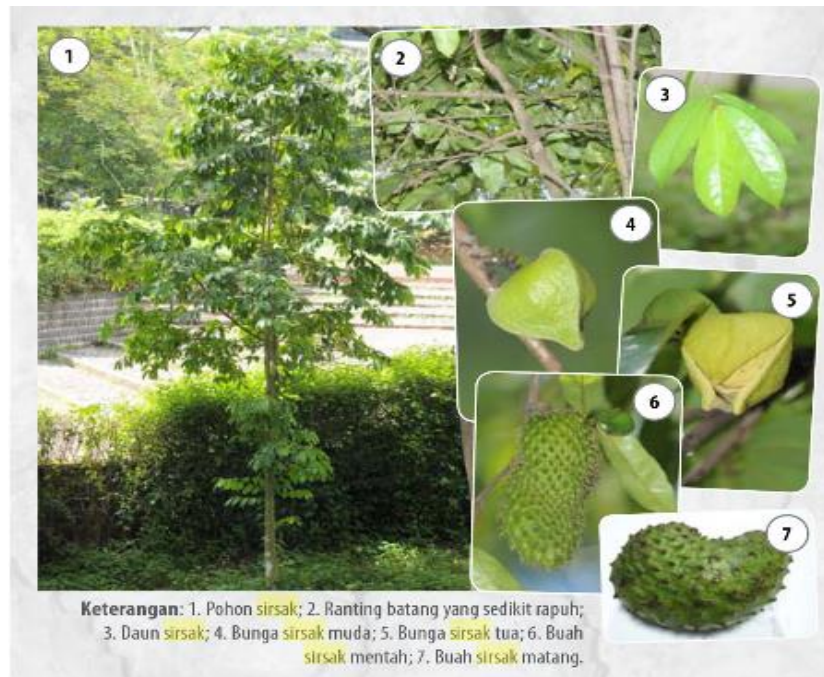
**Gambar 2.1.** Sirsak

Tanaman sirsak mempunyai bentuk perdu atau pohon kecil, tinggi antara 3-10 meter, tajuk pohon tidak beraturan dan banyak bercabang mulai dari pangkal hingga ujung tanaman, serta dahan-dahannya kecil terpenjar. Daun sirsak berbentuk lonjong-bundar telur, berukuran antara (8-16) cm x (3-7) cm, dan ujungnya lancip pendek. Helaihan daun melekat pada tangkai daun berukuran panjang 3-7 mm dengan tepi lurus dan permukaan agak licin (Rukmana, 2015).

Ciri umum tanaman sirsak :

- Secara umum, pohon sirsak memiliki tinggi 3-10 meter, bercabang rendah, dan ranting batangnya sedikit rapuh.
- Bentuk daun sirsak memanjang, seperti lanset atau bulat telur sungsang, ujung meruncing pendek, permukaan atas daun berwarna hijau tua, dan permukaan bawah daun berwarna hijau muda.

- Kulit buahnya berduri lunak. Jika masih muda berwarna hijau dan jaraknya rapat. Buah sirsak yang sudah tua berubah agak kehitaman dan duri lunaknya merenggang.
- Daging buahnya berwarna putih gading dan berbiji banyak.
- Bunga sirsak berwarna kuning dan berbentuk kerucut tidak beraturan



**Gambar 2.2** Ciri-Ciri Tanaman Sirsak

**Tabel 2.1.** Luas Panen, Rata-rata Hasil dan Produksi Sirsak di Indonesia

Tahun	Luas Panen (Ha)	Rata-rata Hasil (Ton/Ha)	Produksi (Ton)
2009	4.972	13,15	65.359
2010	5.111	11,89	60.754
2011	4.221	14,18	59.844
2012	4.687	11,05	51.802
2013	4.886	10,66	52.081
2014	4.900	10,83	53.059

Sumber: Direktorat Jenderal Hortikultura (2014)

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Hortikultura (2014), tanaman sirsak di Sumatera Selatan mencapai 14.663 pohon, luas panen 49 Ha, dan produksi 602 ton dengan rata-rata hasil 41,03 kg/pohon atau 12,31 ton/Ha.

### 2.1.1 Kandungan dan Manfaat Tanaman Sirsak

Salah satu tumbuhan yang digunakan dalam pengobatan herbal yakni tumbuhan sirsak yang termasuk dalam family Annonaceae. Diperkirakan sejak tahun 1940 tumbuhan sirsak telah digunakan sebagai pengobatan herbal. Masyarakat Brazil merupakan masyarakat yang pertama kali memanfaatkan tumbuhan sirsak untuk dijadikan obat, baik bagian daun, biji, batang dan akar (Taylor, 2002).

Senyawa annonaceous acetogenins yang dikandung daun sirsak banyak terdapat dalam daun dengan kematangan yang sedang. Hal tersebut dikarenakan pada daun yang muda senyawa anti kanker itu belum banyak terbentuk, sedang pada daun yang terlalu tua, senyawa acetogenins sudah mulai rusak sehingga kadarnya berkurang (Wicaksono, 2012). Daun sirsak yang tepat yaitu daun yang berasal dari pohon yang sudah berbuah agar zat kimia yang terkandung di dadalamnya lebih lengkap dan daun yang digunakan daun nomor empat atau lima dari ujung karena pada daun nomor empat atau lima dari ujung itu memiliki kematangan sedang yang artinya daun tersebut tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda (Wicaksono, 2012).

Menurut Kumalaningsih (2007), menyatakan bahwa tanaman sirsak telah digunakan dalam medis untuk pengobatan karena berisi senyawa-senyawa kimia 16 yang antara lain yaitu tannin, alkaloid dan flavonoid yang ditemukan di bagian akar, daun, buah dan bijinya. Daun sirsak mengandung bahan aktif annonain, saponin, flavonoid, tanin (Warisno dan Kres, 2012).

Saponin memiliki kemampuan sebagai antikanker lewat beberapa mekanisme. Pada penelitian sebelumnya baik in vitro dan in vivo diketahui bahwa saponin memiliki efek sitotoksik melawan pertumbuhan sel tumor. Saponin yang diekstrak dari *Agave cantala* dan *Asparagus curillus* secara signifikan menghambat pertumbuhan kanker serviks uteri dan p-388 sel leukemia (Rao, 1995).

Flavonoid mempunyai bermacam-macam efek, yaitu efek antitumor, anti HIV, immunostimulant, antioksidan, analgesik, anti radang (anti inflamasi), antivirus, antibakteri, antifungal, antidiare, antihepatotoksik, antihiperqlikermik, dan sebagai vasodilator (Hahn dan Payne, 2003).

Tanin biasanya berupa senyawa amorf, higroskopis yang berwarna coklat kuning yang dapat larut dalam air. Beberapa tanin terbukti mempunyai aktivitas antioksidan, menghambat pertumbuhan tumor dan menghambat enzim seperti “reverse” transkriptase dan DNA tipoisomerase (Robinson, 1995)

Penemuan khasiat daun sirsak sebagai antikanker berawal dari penelitian di Universitas Purdue, Amerika Serikat, yang membuktikan bahwa daun sirsak mampu membunuh sel-sel ganas pada 12 jenis kanker yang berbeda, termasuk usus besar, payudara, prostat, paru-paru, dan pankreas. Penelitian laboratorium menunjukkan bahwa daun sirsak memiliki kemampuan 10.000 kali lebih kuat daripada *adriamycin* yaitu obat kemoterapi yang umum digunakan. Selain itu, penelitian serupa dilakukan di Korea Selatan pada suatu studi dalam *The Journal of Natural Products* yang menyatakan bahwa salah satu unsur kimia bernama *annonaceous acetogenin* yang terkandung dalam daun sirsak mampu memilih, membedakan, dan membunuh sel kanker yang berkembang di usus besar (Rukmana, 2015).

### 2.1.2 Klasifikasi Tanaman Sirsak

Menurut Tjitrosoepomo (1991) dalam radi juhaeni, sistematika dari sirsak (*Annona muricata* Linn.) adalah sebagai berikut :

- Kingdom: *Plantae*
- Divisio: *Spermatophyta*
- Subdivisio: *Angiospermae*
- Kelas: *Dicotyledonae*
- Ordo: *Polycarpiceae*
- Famili: *Annonaceae*
- Genus: *Annona*
- Spesies: *A muricata* L

### 2.1.3 Jenis-Jenis Sirsak

Menurut Zuhud (2011) jenis sirsak yang banyak ditemukan di Indonesia sebagai berikut :

#### 1. Sirsak Ratu

Daerah penyebaran sirsak ratu adalah daerah pelabuhan ratu, Sukabumi (Jawa Barat). Buah sirsak ratu memiliki ukuran yang beragam, mulai ukuran kecil hingga ukuran besar. Berkulit licin dan berduri, daging buah kering bertepung dan manis. Buah sirsak ini sangat cocok dikonsumsi dalam keadaan segar atau diolah menjadi minuman.

#### 2. Sirsak Biasa

Buah sirsak biasa tersebar di seluruh wilayah Nusantara. Bentuk buah sirsak biasa memiliki kemiripan dengan sirsak ratu. Perbedaannya terletak pada daging buah yang bertepung, berkadar air tinggi, dan berasa asam manis. Buah sirsak jenis ini paling cocok untuk minuman, seperti campuran es krim, jus buah, atau sari buah. Disamping itu sirsak biasa, sirsak biasa cocok diolah menjadi wajik, dodol, selai, sirup dan jelly.

#### 3. Sirsak Bali

Sirsak Bali biasa disebut dengan sirsak gundul, sirsak sabun, sirsak mentega, atau sirsak irian. Sesuai dengan namanya, daerah penyebaran sirsak Bali adalah Pulau Dewata, Bali dan sekitarnya. Sirsak Bali memiliki ukuran kecil dengan bobot sekitar 200-300 gram per buah. Kulit buahnya licin, tidak berduri, dan daging buahnya manis. Sirsak Bali sangat cocok dikonsumsi segar atau dibuat minuman.

#### 4. Sirsak Mandalika

Sirsak Mandalika tersebar diseluruh wilayah Nusantara. Tampilan sirsak ini mirip dengan buah nona, yakni berbentuk bulat, daging buah berwarna kuning, bijinya banyak, rasanya manis, dan duri kulitnya jarang. Sirsak Mandalika lebih cocok diolah menjadi produk makanan dan minuman.

#### 2.1.4 Habitat Tanaman Sirsak

Sirsak (*Annona muricata*) adalah tanaman yang berasal dari daratan Amerika Tengah dan bagian utara Amerika Selatan, di daerah Amazon, Brasil. Buah sirsak juga menjadi salah satu buah yang pertama kali diperkenalkan ke seluruh dunia setelah Christopher Columbus menemukan Benua Amerika. Orang-orang Spanyol kemudian membawanya ke Filipina dan menyeberangkannya ke sebagian besar negara tropis termasuk Indonesia (Wicaksono, 2012).

Tanaman sirsak dapat tumbuh di sembarang tempat di daerah tropis. Tetapi untuk memperoleh hasil buah yang banyak dan berukuran besar, sirsak sebaiknya di tanam di daerah yang tanahnya cukup mengandung air. Di Indonesia, sirsak tumbuh dengan baik pada daerah yang mempunyai ketinggian kurang dari 1000 meter di atas permukaan laut (Wicaksono, 2012).

Sirsak dapat tumbuh pada semua jenis tanah dengan derajat keasaman (pH) antara 5-7. Suhu udara yang sesuai untuk tanaman sirsak adalah 22-32°C. Curah hujan dibutuhkan tanaman sirsak antara 1500-3000 mm/tahun (Sunarjono, 2005).

#### 2.1.5 Morfologi Tanaman Sirsak

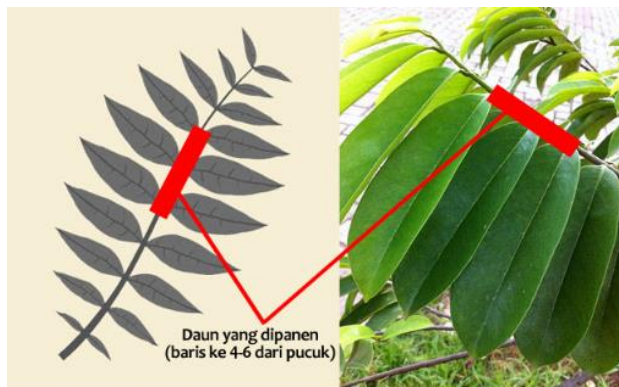
##### 1. Daun Sirsak

Daun sirsak berbentuk lonjong, elips, atau lonjong dengan ujung lancip. Permukaan daun halus dan mengkilap, bagian atas berwarna hijau tua sedangkan bagian bawah berwarna hijau muda. Panjang daun dewasa antara 6-20 cm, dengan lebar antara 2,5-6,5cm. Daun memiliki aroma yang khas saat diremas. Tanaman sirsak termasuk tanaman evergreen, artinya daun tetap hijau sepanjang tahun dan tidak menggugurkan daun.



**Gambar 2.3.** Daun Sirsak

Pemilihan daun sirsak menurut yunus syahroni untuk dimanfaatkan sebagai obat herbal harus memenuhi persyaratan berikut :



**Gambar 2.4** Pemilihan Daun Sirsak

- a. Daun sirsak yang layak panen bentuknya mulus, tidak rusak secara fisik. Selain itu juga bebas serangan hama, seperti daun keriting atau bercak-bercak penyakit. Pilih daun yang telah berwarna hijau pekat untuk dipanen, tapi hindari daun yang terlalu tua.
- b. Apabila daun terlalu tua dikhawatirkan kandungan zat aktif yang diharapkan telah menurun, begitupun dengan daun yang terlalu muda. Para praktisi pengobatan dan industri herbal biasanya memilih daun sirsak pada lembar ke 4-6 dari pucuk. Daun yang ada pada posisi tersebut dianggap memiliki kandungan zat aktif yang paling baik.
- c. Cara memetik daun sebaiknya dilakukan dengan tangan. Daun dipetik dari pangkalnya, pemetikan jangan sampai melukai batang. Kemudian daun yang ada pada baris ke-6 hingga pangkal batang sebaiknya dipapas juga. Pemapasan ini berguna untuk merangsang pertumbuhan buah.

## 2. Batang Sirsak

Batang tanaman sirsak berwarna coklat gelap dengan tinggi mencapai 9 meter, tetapi kebanyakan tingginya antara 5-6 meter. Warna cabang atau ranting juga sama dengan batangnya, namun saat masih muda berwarna hijau. Kulit batang sirsak mengandung senyawa tannin, fitosterol, caoksalat, murisine, dan alkaloid. Kulit batang sirsak biasanya dikonsumsi setelah direbus dengan air. Air rebusannya digunakan untuk pengobatan penyakit asma, batuk, penenang, dan hipertensi

## 3. Akar Sirsak

Akar tanaman sirsak ada dua jenis, yaitu akar tunggang (vertikal) dan akar serabut (horizontal). Akar tanaman sirsak mengandung senyawa aktif annonain, tannin, dan alkaloid. Akar tanaman (pohon) sirsak biasanya dikonsumsi dalam bentuk teh sebagai obat penenang, antikejang, antidiabetes, dan menurunkan tekanan darah.

## 4. Bunga Sirsak

Bunga sirsak berwarna kuning atau kehijauan, terdiri atas kelopak-kelopak bunga yang tersusun sedemikian rupa sehingga membentuk kerucut. Tidak seperti bunga pada umumnya, kelopak bunga sirsak tebal dan kaku. Bunga sirsak dapat tumbuh pada cabang, ranting, bahkan batang.

## 5. Buah Sirsak

Buah sirsak memiliki bentuk dasar kerucut, tetapi bentuknya tidak beraturan. Kulit buah berwarna hijau tua pada saat muda, namun warnanya akan berubah menjadi hijau kekuningan saat sudah masak. Buah memiliki duri-duri lunak berwarna hijau yang menyelimuti seluruh buah. Daging buah berwarna putih, beraroma khas, dan rasanya manis masam pada saat sudah masak.

## 6. Biji Sirsak

Biji sirsak berwarna hitam, lonjong, dan keras. Ujungnya memiliki bagian berwarna putih yang merupakan titik tumbuh. Biji biasanya akan tumbuh setelah disemaikan selama 2-3 minggu.



## 2.2 Sirup

Menurut SNI 3544 (BSN, 2013), sirup merupakan produk minuman yang dibuat dari campuran air dan gula dengan kadar larutan gula minimal 65% dengan atau tanpa bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan yang diijinkan sesuai ketentuan yang berlaku

**Tabel 2.2.** Syarat Mutu Sirup

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan:		
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Rasa	-	Normal
2	Total Gula (dihitung sebagai sukrosa (b/b))	%	Min. 65
3	Cemaran Logam:		
3.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1,0
3.2	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,2
3.3	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40
3.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,5
4	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,5
5	Cemaran Mikroba:		
5.1	Angka Lempeng Total (ALT)	Koloni/mL	Maks. $5 \times 10^2$
5.2	Bakteri <i>Coliform</i>	APM/mL	Maks. 20
5.3	<i>Escherichia Coli</i>	APM/mL	<3
5.4	<i>Salmonella Sp</i>	-	Negatif/25 mL
5.5	<i>Staphylococcus Aureus</i>	-	Negatif/mL
5.6	Kapang dan Khamir	Koloni/mL	Maks. $1 \times 10^2$

Sumber: SNI 3544 (2013)

Sirup adalah sejenis minuman ringan yang berupa larutan kental dengan cita rasa beraneka ragam. Sirup penggunaannya tidak langsung diminum tetapi harus diencerkan terlebih dahulu. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sirup secara sederhana adalah air dan gula. Air merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat ditinggalkan untuk kehidupan manusia, karena air diperlukan untuk

bermacam-macam kegiatan seperti minum, pertanian, industri, perikanan, dan rekreasi. Air berhubungan dengan hasil-hasil industri pengolahan pangan harus memenuhi setidaknya standar mutu yang diperlukan untuk minum dan air minum. Tetapi, masing-masing bagian dari industri pengolahan pangan mungkin perlu mengembangkan syarat-syarat mutu air khusus untuk mencapai hasil-hasil pengolahan yang memuaskan. Dalam banyak hal diperlukan air yang bermutu lebih tinggi daripada yang diperlukan untuk keperluan air minum, di mana diperlukan penanganan tambahan supaya semua mikroorganisme yang ada mati, untuk menghilangkan semua bahan-bahan di dalam air yang mungkin dapat mempengaruhi penampakan, rasa dan stabilitas hasil akhir, untuk menyesuaikan pH pada tingkat yang diinginkan, dan supaya mutu air sepanjang tahun dapat konsisten (Buckle dkk., 2013).

Menurut Purnawijayanti (2001), air dalam pengolahan makanan perlu mendapatkan perhatian khusus karena berperan besar dalam semua tahapan proses. Pada tahapan persiapan, air digunakan untuk merendam, mencuci, dan semua kegiatan membersihkan bahan mentah. Pada tahap selanjutnya, air digunakan, antara lain untuk media penghantaran panas selama proses pemasakan, khususnya pada makanan yang diolah dengan teknik pengolahan panas basah, seperti merebus, mengukus dan menyetim. Air juga digunakan dan berperan sebagai komponen dari masakan, baik sebagai kuah, saus, sirup, serta pada proses gelatinisasi bahan makanan berpati. Pada bagian lain air juga berperan sebagai media pembersih bagi peralatan, ruangan, maupun orang yang terlibat dalam proses pengolahan makanan. Air yang dapat digunakan dalam pengolahan makanan minimal harus memenuhi syarat air yang dapat diminum. Adapun syarat air yang dapat diminum adalah sebagai berikut:

1. Bebas dari bakteri berbahaya serta bebas dari ketidakmurnian kimiawi.
2. Bersih dan jernih..
3. Tidak berwarna dan tidak berbau.
4. Tidak mengandung bahan tersuspensi (penyebab keruh).
5. Menarik dan menyenangkan untuk diminum.

Gula adalah suatu istilah umum yang sering diartikan bagi setiap karbohidrat yang digunakan sebagai pemanis, tetapi dalam industri pangan

biasanya digunakan sebagai pemanis, tetapi dalam industri pangan biasanya digunakan untuk menyatakan sukrosa, gula yang diperoleh dari bit atau tebu. Gula bersifat menyempurnakan pada rasa asam dan cita-rasa lainnya dan juga memberikan rasa berisi pada minuman karena memberikan kekentalan (Buckle dkk., 2013).

## **2.3 Radikal Bebas dan Antioksidan**

### **2.3.1 Radikal Bebas**

Menurut Halliwell (1999), radikal bebas adalah suatu atom, gugus, molekul, atau senyawa yang dapat berdiri sendiri dan mengandung satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbit paling luar. Molekul tersebut terdiri dari atom hidrogen, logam-logam transisi, dan molekul oksigen (Yuslianti, 2018).

Para ahli biokimia menyebutkan bahwa radikal bebas merupakan salah satu bentuk senyawa oksigen reaktif dan memiliki elektron yang tidak berpasangan. Senyawa ini terbentuk di dalam tubuh dipicu oleh beberapa faktor. Radikal bebas bisa terbentuk misalnya, ketika komponen makanan diubah menjadi bentuk energi melalui proses metabolisme. (Winarsi, 2007).

Radikal bebas bereaksi sangat reaktif karena dapat membentuk senyawa radikal baru dan senyawa radikal baru tersebut akan membentuk senyawa radikal yang baru lagi apabila bereaksi, demikian seterusnya. Reaksi pembentukan radikal bebas disebut juga reaksi berantai (*chain reaction*). Reaksi ini akan berlangsung terus menerus sampai ada peredaman senyawa lain yang disebut antioksidan (Yuslianti, 2018).

Menurut Wedhasari (2014). Penyakit yang disebabkan oleh radikal bebas bersifat kronis, yaitu dibutuhkan waktu bertahun-tahun untuk penyakit tersebut menjadi nyata. Contoh penyakit yang sering dihubungkan dengan radikal bebas adalah serangan jantung, kanker, katarak dan menurunnya fungsi ginjal. Untuk mencegah atau mengurangi penyakit kronis karena radikal bebas diperlukan antioksidan.

Menurut Soetmaji (1998) dalam winarsi (2007), yang dimaksud radikal bebas (*free radical*) adalah suatu senyawa atau molekul yang mengandung satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital luarnya. Adanya elektron yang

tidak berpasangan menyebabkan senyawa tersebut sangat reaktif mencari pasangan, dengan cara menyerang dan mengikat elektron molekul yang berada disekitarnya. Jika elektron yang terikat oleh senyawa radikal bebas tersebut bersifat ionik, dampak yang timbul tidak begitu berbahaya. Akan tetapi, bila elektron yang terikat oleh senyawa radikal bebas berasal dari senyawa yang berikatan kovalen, akan sangat berbahaya karena ikatan akan digunakan secara bersama-sama pada orbital terluarnya. Umumnya senyawa yang memiliki ikatan kovalen adalah molekul-molekul besar (biomakromolekul), seperti lipid, protein, maupun DNA (Winarsi, 2007).

Semakin besar ukuran biomolekul yang mengalami kerusakan, semakin parah akibatnya. Kerusakan sel akan berdampak negatif pada struktur dan fungsinya. Secara biologis senyawa biomolekul memiliki fungsi yang sangat penting. Oleh sebab itu, adanya kerusakan struktur dan fungsi sel akan sangat mengganggu sistem kerja organ secara umum (Winarsi, 2007).

Dalam tubuh terdapat 4 kelompok biomakromolekul yang menyusun sel yaitu, protein, asam nukleat, lemak dan polisakarida. Molekul-molekul tersebut secara individu maupun bersama-sama mendukung fungsi biologis yang sangat mendasar. Bila terjadi kerusakan pada salah satu atau beberapa dari molekul tersebut, pasti akan menimbulkan efek yang sangat mengganggu organ lain (Winarsi, 2007).

Target utama radikal bebas adalah protein, asam lemak tak jenuh dan lipoprotein, serta unsur DNA termasuk karbohidrat. Dari ketiga molekul tersebut, yang paling rentan terhadap serangan radikal bebas adalah asam lemak tak jenuh. Berbagai kemungkinan dapat terjadi sebagai akibat kerja radikal bebas. Misal, gangguan fungsi sel, kerusakan struktur sel, molekul termodifikasi yang tidak dapat dikenali oleh sistem imun, dan bahkan mutasi. Semua bentuk gangguan tersebut dapat memicu munculnya berbagai penyakit (Winarsi, 2007).

Sadikin (2001) dalam Winarsi (2007). berpendapat bahwa serangan radikal bebas terhadap molekul disekelilingnya akan menyebabkan terjadinya reaksi berantai, yang kemudian menghasilkan senyawa radikal baru. Dampak reaktivitas senyawa radikal bebas bermacam-macam mulai dari kerusakan sel atau jaringan, penyakit autoimun, penyakit degeneratif, hingga kanker.

Karena reaktivitasnya, senyawa radikal bebas akan sesegera mungkin menyerang komponen seluler yang berada di sekelilingnya, baik berupa senyawa lipid, lipoprotein, protein, karbohidrat, *ribicluneic acid* (RNA), maupun DNA. (Winarsi, 2007).

### 2.3.2 Antioksidan

Tingginya kadar radikal bebas dalam tubuh dapat ditunjukkan oleh rendahnya aktivitas enzim antioksidan dan tingginya kadar malondialdehid (MDA) dalam plasma (zakaria, et al., 2000; Winarsi, et al., 2003). Dengan meningkatnya usia seseorang, sel-sel tubuh mengalami degenerasi, proses metabolisme terganggu, dan respon imun juga menurun. Semua faktor ini dapat memicu munculnya berbagai penyakit degeneratif. Oleh karena itu kita membutuhkan substansi, yakni antioksidan yang dapat membantu melindungi tubuh dari serangan radikal bebas dan meredam dampak negatifnya (Winarsi, 2007).

Konsumsi antioksidan dalam jumlah memadai dilaporkan dapat menurunkan kejadian penyakit degeneratif, seperti kardiovaskuler, kanker, aterosklerosis, osteoporosis, dan lain-lain. Konsumsi makanan yang mengandung antioksidan juga disebut-sebut dapat meningkatkan status imunologis dan menghambat timbulnya penyakit degeneratif akibat penuaan. Oleh sebab itu, kecukupan asupan antioksidan secara optimal diperlukan pada semua kelompok umur (Winarsi, 2007).

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron (*electron donor*) atau reduktan. Senyawa ini memiliki berat molekul kecil, tetapi mampu mengaktivasi berkembangnya reaksi oksidasi, dengan cara mencegah terbentuknya radikal. Antioksidan juga merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi, dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif. Akibatnya, kerusakan sel dapat dihambat (Winarsi, 2007).

Dalam pengertian kimia, senyawa antioksidan adalah senyawa pemberi elektron (*electron donors*) dan secara biologis, senyawa antioksidan diartikan sebagai senyawa yang mampu meredam atau menangkal dampak negatif oksidasi di dalam tubuh (Winarsi, 2007).

Antioksidan merupakan zat yang dapat menetralkan radikal bebas (Hariyatmi, 2004 : 54). Antioksidan berfungsi mencegah kerusakan sel jaringan tubuh. Pengertian antioksidan lebih lanjut ialah gabungan dua kata yakni anti dan oksidan. Oksidan ialah radikal bebas dari lingkungan maupun yang berlangsung dalam tubuh. Proses oksidasi bisa merusak jaringan tubuh dengan cepat. Selain itu, antioksidan juga digunakan sebagai senyawa untuk mencegah terjadinya stres oksidatif, yaitu kondisi ketidakseimbangan antara jumlah radikal bebas dan jumlah antioksidan di dalam tubuh (Wedhasari, 2014). Antioksidan terdiri dari tiga jenis yaitu enzim, vitamin dan fitokemikal. Flavonoid merupakan jenis antioksidan fitokemikal.

Dalam dunia kedokteran dan kesehatan banyak dibahas tentang radikal bebas (*Free radical*) dan antioksidan. Hal ini disebabkan karena sebagian besar penyakit diawali oleh adanya reaksi oksidasi yang berlebihan didalam tubuh. Oksigen merupakan sesuatu yang paradoksial dalam kehidupan. Molekul ini sangat dibutuhkan oleh organisme aerob karena memberikan energi pada proses metabolisme dan respirasi, namun pada kondisi tertentu keberadaannya berimplikasi pada berbagai penyakit dan kondisi degeneratif, seperti *aging*, artritis, kanker dan lain-lain (Winarsi, 2007).

Berkaitan dengan reaksi oksidasi dalam tubuh, status antioksidan merupakan parameter penting untuk memantau kesehatan seseorang. Tubuh manusia memiliki sistem antioksidan untuk menangkal reaktivitas radikal bebas, yang secara kontinu dibentuk oleh tubuh. Bila jumlah senyawa oksigen reaktif ini melebihi jumlah antioksidan dalam tubuh, kelebihanannya akan menyerang komponen lipid, protein, dan DNA sehingga mengakibatkan kerusakan-kerusakan yang disebut stres oksidatif. Namun demikian, reaktivitas radikal bebas dapat dihambat melalui 3 cara berikut.

- Mencegah atau menghambat pembentukan radikal bebas baru.
- Menginaktivasi atau menangkap radikal dan memotong propagasi (pemutusan rantai).
- Memperbaiki (*repair*) kerusakan oleh radikal.

Tidak selamanya senyawa oksigen reaktif yang terdapat di dalam tubuh itu merugikan. Pada kondisi-kondisi tertentu keberadaannya sangat dibutuhkan.

Misalnya, untuk membunuh bakteri yang masuk kedalam tubuh. Oleh sbab itu, keberadaannya harus dikendalikan oleh antioksidan dalam tubuh (Winarsi, 2007).

Antioksidan dapat berupa enzim (misalnya superoksida dismutase atau SOD, katalase, dan glutatiionn peroksidase), vitamin (misalnya vitamin E, C, A, dan  $\beta$ -karoten) dan senyawa lain (misalnya flavonoid, albumin, bilirubin, seruloplasmin, dan lain-lain). Antioksidan enzimatik merupakan pertahanan utama (primer) terhadap kondisi stres oksidatif. Enzim-enzim tersebut merupakan metaloenzim yang aktivitasnya sangat tergantung pada adanya ion logam. Aktivitas SOD bergantung pada logam Fe, Cu, Zn, dan Mn, Enzim katalase bergantung pada logam Fe (besi). Dan enzim glutatiionn peroksidase bergantung pada Se (selenium). Antioksidan enzimatik bekerja dengan cara mencegah terbentuknya senyawa radikal bebas baru (Winarsi, 2007).

Disamping senyawa antioksidan yang bersifat enzimatik, ada juga antioksidan non-enzimatik yang dapat berupa senyawa nutrisi maupun non-nutrisi. Kedua kelompok antioksidan non-enzimatik ini disebut juga antioksidan sekunder karena dapat diperoleh dari asupan makanan, seperti vitamin E, C, A, dan  $\beta$ -karoten. Glutatiionn, asam urat, bilirubin, albumin, dan flavonoid juga termasuk dalam kelompok ini. Senyawa tersebut berfungsi menangkap senyawa oksidan serta mencegah terjadinya reaksi berantai. Komponen-komponen tersebut tidak kalah penting perannya dalam menginduksi status antioksidan tubuh. Misalnya, isoflavon, salah satu komponen flavonoid yang banyak terdapat dalam kedelai dan produk olahannya. Senyawa ini telah banyak dilaporkan perannya sebagai antioksidan. Masih banyak bahan pangan lain yang mengandung isoflavon, misalnya teh, jahe, daun cincau, kopi, rempah-rempah, dan lain-lain (Winarsi, 2007).

Senyawa flavonoid juga terbukti mempunyai efek biologis yang sangat kuat, yaitu sebagai antioksidan yang dapat menghambat penggumpalan keping-keping sel darah, merangsang produksi nitrit oksida (NO) yang berperan melebarkan pembuluh darah (*vasorelactation*), dan juga menghambat pertumbuhan sel kanker.

Antioksidan non-enzimatik banyak ditemukan dalam sayuran maupun buah-buahan, biji-bijian, serta kacang-kacangan. Sering kali bahan-bahan tersebut dilupakan oleh anak-anak generasi saat ini. Mereka lebih menyenangi produk-

produk instant. Oleh sebab itu, banyak anak muda terkena berbagai penyakit degeneratif, diduga karena kurangnya konsumsi sayuran dan buah-buahan yang mengandung antioksidan (Winarsi, 2007).

#### **2.4 Proses Evaporasi**

Evaporasi adalah suatu proses kejadian fisika berdasarkan proses kondensasi atau perubahan uap menjadi cair (pengembunan) tanpa terjadi perubahan pada komposisi struktur gas (Elbani, 2010).

Tujuan dari evaporasi adalah memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tidak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Evaporasi dilaksanakan dengan menguapkan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi (McCabe *et.al*, 1985).

Evaporasi tidak sama dengan pengeringan, dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair yang sangat kental dan bukan zat padat. Evaporasi berbeda pula dengan distilasi, dalam evaporasi uapnya berbentuk komponen tunggal, meskipun uap berbentuk campuran namun pada proses ini tidak ada usaha untuk memisahkannya menjadi fraksi-fraksi seperti distilasi. Evaporasi juga berbeda dengan kristalisasi karena evaporasi bertujuan untuk memekatkan larutan bukan pembuatan zat cair atau kristal. Dalam evaporasi, zat cair pekat itulah merupakan produk yang berharga dan uapnya biasanya dikondensasikan dan dibuang tinggi (McCabe *et.al*, 1985).

Evaporasi dalam teknik kimia dapat diartikan sebagai peristiwa perpindahan massa dimana berubahnya cairan menjadi uap akibat penguraian yang ditimbulkan oleh adanya energi yang diterima dalam cairan yang bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi larutan tersebut. Evaporasi terbagi menjadi dua jenis, yaitu evaporasi alami dan evaporasi paksa. Evaporasi alami adalah perpindahan massa air menjadi uap akibat dari penguraian yang ditimbulkan oleh energi matahari dimana energi yang diterima digunakan untuk merubah air menjadi uap, sedangkan evaporasi paksa adalah peristiwa perpindahan massa air menjadi uap akibat diberikan panas pada suatu peralatan.



Menurut McCabe *et.al* (1985) sifat penting zat cair yang akan dievaporasikan diantaranya:

1. Konsentrasi

Jika konsentrasi suatu larutan meningkat, maka larutan tersebut semakin bersifat individual. Densitas dan viskositasnya meningkat bersamaan dengan kandungan zat padatnya, hingga larutan itu menjadi jenuh dan tidak dapat melakukan perpindahan kalor secara optimal. Jika cairan jenuh terus dididihkan, maka akan terjadi bentukan kristal. Titik didih larutan pun dapat meningkat bila kandungan zat padatnya bertambah, sehingga suhu didih larutan jenuh mungkin jauh lebih tinggi dari titik didih air pada tekanan yang sama.

2. Pembentukan Busa

Beberapa bahan tertentu membusa (*foam*) pada waktu diuapkan. Busa yang stabil akan ikut keluar evaporator bersama uap dan menyebabkan banyaknya bahan yang terbawa ikut, sehingga keseluruhan massa zat cair itu mungkin meluap ke dalam saluran uap keluar dan terbuang.

3. Kepekaan Terhadap Suhu

Beberapa bahan kimia, bahan farmasi, dan bahan makanan dapat rusak bila dipanaskan, maka dari itu diperlukan teknik khusus untuk mengurangi suhu zat cair dan menurunkan waktu pemanasan.

4. Kerak

Beberapa larutan menyebabkan terbentuknya kerak pada permukaan pemanasan. Hal ini menyebabkan koefisien menyeluruh semakin lama semakin berkurang.

5. Bahan Kontruksi

Beberapa larutan dapat merusak bahan dari evaporator dan menjadi terkontaminasi. Maka dari itu digunakan konstruksi khusus seperti tembaga, nikel, baja tahan karat, aluminium, grafit tak tembus, dan timbal.

Pemekatan bahan pangan cair merupakan satuan operasi yang penting dalam industri pengolahan pangan. Evaporasi merupakan teknik dasar yang digunakan dalam operasi ini. Evaporator adalah peralatan yang digunakan untuk menurunkan kadar air bahan pangan dengan menggunakan prinsip penguapan

(evaporasi) zat pelarutnya sampai pada nilai yang diinginkan. Evaporator berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari sebuah larutan dari bentuk cair menjadi uap. Evaporator mempunyai dua prinsip dasar, untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap yang terbentuk dari cairan. Hasil dari evaporator biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Evaporator biasanya digunakan dalam industri kimia dan industri makanan (Chrisnanda, 2013).

Tipe evaporator berdasarkan proses yang digunakan :

1. Evaporator efek tunggal (single effect)

Yang dimaksud dengan single effect adalah bahwa produk hanya melalui satu buah ruang penguapan dan panas diberikan oleh satu luas permukaan pindah panas.

2. Evaporator efek ganda

Di dalam proses penguapan bahan dapat digunakan dua, tiga, empat atau lebih dalam sekali proses, inilah yang disebut dengan evaporator efek majemuk. Penggunaan evaporator efek majemuk berprinsip pada penggunaan uap yang dihasilkan dari evaporator sebelumnya. Tujuan penggunaan evaporator efek majemuk adalah untuk menghemat panas secara keseluruhan, hingga akhirnya dapat mengurangi ongkos produksi. Keuntungan evaporator efek majemuk adalah merupakan penghematan yaitu dengan menggunakan uap yang dihasilkan dari alat penguapan untuk memberikan panas pada alat penguapan lain dan dengan memadatkan kembali uap tersebut. Apabila dibandingkan antara alat penguapan n-efek, kebutuhan uap diperkirakan  $1/n$  kali, dan permukaan pindah panas berukuran n-kali dari pada yang dibutuhkan untuk alat penguapan berefek tunggal, untuk pekerjaan yang sama. Pada evaporator efek majemuk ada 3 macam penguapan, yaitu :

a. Evaporator Pengumpan Muka (Forward-feed)

b. Evaporator Pengumpan Belakang (Backward-feed)

c. Evaporator Pengumpan Sejajar (Parallel-feed)

Tipe evaporator berdasarkan bentuknya:

1. Evaporator Sirkulasi Alami/paksa

Evaporator sirkulasi alami bekerja dengan memanfaatkan sirkulasi yang terjadi akibat perbedaan densitas yang terjadi akibat pemanasan. Pada evaporator tabung, saat air mulai mendidih, maka buih air akan naik ke permukaan dan memulai sirkulasi yang mengakibatkan pemisahan liquid dan uap air di bagian atas dari tabung pemanas. Jumlah evaporasi bergantung dari perbedaan temperatur uap dengan larutan. Sering kali pendidihan mengakibatkan sistem kering, Untuk menghindari hal ini dapat digunakan sirkulasi paksa, yaitu dengan menambahkan pompa untuk meningkatkan tekanan dan sirkulasi sehingga pendidihan tidak terjadi.

2. Falling Film Evaporator

Evaporator ini berbentuk tabung panjang (4-8 meter) yang dilapisi dengan jaket uap (steam jacket). Distribusi larutan yang seragam sangat penting. Larutan masuk dan memperoleh gaya gerak karena arah larutan yang menurun. Kecepatan gerakan larutan akan mempengaruhi karakteristik medium pemanas yang juga mengalir menurun. Tipe ini cocok untuk menangani larutan kental sehingga sering digunakan untuk industri kimia, makanan, dan fermentasi.

3. Rising Film (Long Tube Vertical)

Evaporator Pada evaporator tipe ini, pendidihan berlangsung di dalam tabung dengan sumber panas berasal dari luar tabung (biasanya uap). Buih air akan timbul dan menimbulkan sirkulasi.

4. Plate Evaporator

Mempunyai luas permukaan yang besar, Plate biasanya tidak rata dan ditopang oleh bingkai (frame). Uap mengalir melalui ruang-ruang di antara plate. Uap mengalir secara co-current dan counter current terhadap larutan. Larutan dan uap masuk ke separasi yang nantinya uap akan disalurkan ke condenser. Evaporator jenis ini sering dipakai pada industri susu dan fermentasi karena fleksibilitas ruangan. Tidak efektif untuk larutan kental dan padatan

5. Multi-effect Evaporator

Menggunakan uap pada tahap untuk dipakai pada tahap berikutnya. Semakin banyak tahap maka semakin rendah konsumsinya. Biasanya maksimal terdiri dari tujuh tahap, bila lebih seringkali ditemui biaya pembuatan melebihi penghematan energi. Ada dua tipe aliran, aliran maju dimana larutan masuk dari tahap paling panas ke yang lebih rendah, dan aliran mundur yang merupakan kebalikan dari aliran maju. Cocok untuk menangani produk yang sensitive terhadap panas seperti enzim dan protein.

#### 6. Horizontal-tabung Evaporator

Evaporator horisontal-tabung merupakan pengembangan dari panci terbuka, di mana panci tertutup dalam, umumnya dalam silinder vertikal. Tabung pemanas disusun dalam bundel horisontal direndam dalam cairan di bagian bawah silinder. Sirkulasi cairan agak miskin dalam jenis evaporator. 7. Vertikal-tabung Evaporator Dengan menggunakan tabung vertikal, bukan horizontal, sirkulasi alami dari cairan dipanaskan dapat dibuat untuk memberikan transfer panas yang baik.

Tipe evaporator berdasarkan metode pemanasan:

##### 1. Submerged combustion evaporator

Merupakan evaporator yang dipanaskan oleh api yang menyala di bawah permukaan cairan, dimana gas yang panas bergelembung melewati cairan.

##### 2. Direct fired evaporator

Evaporator dengan pengapian langsung dimana api dan pembakaran gas dipisahkan dari cairan mendidih lewat dinding besi atau permukaan untuk memanaskan.

##### 3. Steam heated evaporator

Merupakan evaporator dengan pemanasan stem dimana uap atau uap lain yang dapat dikondensasi adalah sumber panas dimana uap terkondensasi di satu sisi dari permukaan pemanas dan panas ditransmisikan lewat dinding ke cairan yang mendidih.

Untuk produk makanan yang sensitif terhadap suhu tinggi, titik didih cairan atau pelarut harus diturunkan lebih rendah dari titik didih pada kondisi normal (tekanan atmosfer). Menurunkan titik didih pelarut atau cairan dilakukan

dengan cara menurunkan tekanan di atas permukaan cairan menjadi lebih rendah dari tekanan atmosfer atau disebut vakum (Wirakartakusumah dkk, 1988). Menurut Heldman dkk (1981), memperlama bahan pangan (yang sensitif terhadap panas) pada temperatur tinggi selama proses evaporasi terbuka menyebabkan hilangnya rasa dan menurunnya kualitas produk. Maka, dikembangkanlah evaporator yang dioperasikan pada temperatur rendah yang dilakukan pada ruang vakum.

Evaporator yang biasa digunakan dalam industri diklasifikasikan berdasarkan pada beberapa hal, yaitu berdasarkan tekanan operasinya (vakum atau atmosfer), jumlah efek yang dipakai (tunggal atau jamak), jenis aliran konveksi (alami atau buatan) atau berdasarkan kontinuitas operasi (curah atau sinambung) (Supriatna, 2008).

Evaporator vakum menggunakan pemanasan langsung pada bahan, dengan pengaturan suhu yang bisa diinginkan. Penggunaan vakum menyebabkan kondisi suhu dalam ruangan vakum menjadi rendah (dibawah 1 atm), sehingga bahan dalam ruang vakum secara gizi ataupun fisik tidak rusak. Evaporator atmosferik adalah evaporator yang menggunakan pemanasan dengan pengaturan suhu pada tekanan atmosfer. Namun kandungan gizi ataupun fisik berpotensi mengalami kerusakan karena waktu pemanasan pada tekanan atmosferik lebih lama (Krisnawan, 2013).

#### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Evaporator Vakum

##### a. Proses Evaporasi

Proses evaporasi dilakukan dengan cara menguapkan bahan pelarut dari bahan (biasanya air) dari pangan cair melalui pemanasan sampai memperoleh konsentrasi yang diharapkan. Penguapan terjadi ketika suhu lingkungan lebih tinggi dari titik didih zat pelarut. Pada proses evaporasi ini, zat pelarut akan menguap pada titik didihnya dan keluar meninggalkan bahan (pangan cair). Untuk produk makanan yang sensitif terhadap suhu tinggi tinggi, titik didih pelarut harus diturunkan lebih rendah dari titik didih pada kondisi normal (tekanan atmosfer). Menurunkan titik didih zat pelarut ini dilakukan dengan cara menurunkan tekanan di atas permukaan cairan menjadi lebih rendah dari tekanan atmosfer atau disebut vakum (Wirakartakusumah dkk, 1988).

b. Laju Evaporasi

Laju evaporasi (*evaporation rate*) adalah kuantitas air yang berhasil dievaporasi (diuapkan) menjadi uap persatuan waktu tertentu. Satuan yang biasa digunakan adalah kg uap/jam. Besarnya laju evaporasi dipengaruhi oleh temperatur larutan dan luas permukaan sentuh evaporasi. Laju evaporasi juga sangat ditentukan oleh jenis larutan, karena setiap larutan terdiri dari molekul yang berbeda-beda dalam jumlah gaya interaksi yang ada antar molekul tersebut (Deese, 2002).

c. Tekanan Vakum Alat

Tekanan vakum pada alat evaporator tergantung pada kemampuan pompa dan kondisi ruang evaporator. Apabila tekanan stabil namun di bawah tekanan optimal maka kemungkinan besar pompa memiliki masalah operasional. Kemungkinan kecilnya tabung evaporasi mengalami kebocoran halus. Sebaliknya, apabila tekanan berubah-ubah maka kemungkinan besar tabung mengalami kebocoran besar (Supriatna, 2008).

Khusus pada alat evaporator vakum, penghasil vakum ini sangat penting untuk menciptakan kondisi vakum pada ruang penguapan. Walaupun pada kenyataannya tidak akan tercapai kondisi vakum sebenarnya, akan tetapi alat ini berfungsi untuk menurunkan tekanan yang ada di ruang penguapan sampai pada kondisi yang diinginkan. Turunnya tekanan tersebut di bawah tekanan atmosfer akan mengakibatkan turunnya titik didih air (pelarut) bahan yang sedang dievaporasi. Dengan demikian air akan menguap di bawah titik didih pada kondisi tekanan atmosfer. Penghasil vakum bisa berasal dari pompa vakum (Supriatna, 2008).

## 2.5 Pengadukan dan Pencampuran

Pengadukan (Agitasi) adalah gerakan yang terinduksi membentuk sebuah pola sirkulasi pada suatu bahan di dalam bejana, sedangkan pencampuran (Mixing) adalah peristiwa menyebarnya bahan-bahan secara acak dimana bahan yang satu menyebar ke dalam bahan yang lain atau sebaliknya dan istilah pencampuran digunakan untuk berbagai macam operasi dimana homogenitas bahan yang bercampur itu berbeda-beda (McCabe *et.al*, 1985). Pada proses pengadukan, digunakan sebuah alat yang disebut pengaduk (agitator).

Menurut McCabe *et.al* (1985), pengadukan dan pencampuran bertujuan :

- Untuk membuat suspensi partikel zat padat
- Untuk meramu zat cair yang mampu-campur (*miscible*), umpamanya metil alkohol dan air
- Untuk menyebarkan (dispersi) gas di dalam zat cair dalam bentuk gelembung-gelembung kecil
- Untuk menyebarkan zat cair yang tidak dapat bercampur dengan zat cair yang lain, sehingga membentuk emulsi atau suspensi butiran-butiran halus
- Untuk mempercepat perpindahan kalor antara zat cair dengan kumparan atau mantel