

BAB II

Tinjauan Pustaka

A. Radikal bebas

Radikal bebas merupakan suatu atom atau gugus atom yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan, bersifat sangat reaktif dan mempunyai energi yang tinggi. Simbol dari suatu radikal bebas adalah sebuah titik yang menggambarkan elektron yang tidak berpasangan (Fessenden, 1986).

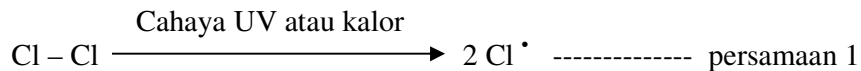
OH [•] Hidroksil	O ₂ ^{•-} Superoksid	NO [•] Nitrit oksid
NO ₂ [•] Nitrogen dioksid	ROO [•] Peroxyl	LOO [•] Lipid peroxy

Gambar 1. Contoh radikal bebas (Pham-Huy *et al.*, 2008)

Mekanisme reaksi radikal bebas dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

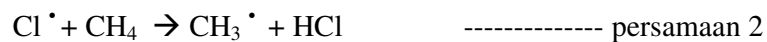
1. Inisiasi

Tahap inisiasi adalah pembentukan awal dari radikal-radikal bebas (Fessenden, 1986).



2. Propagasi

Pembentukan radikal bebas akan mengakibatkan terbentuknya radikal baru dengan suatu reaksi yang disebut reaksi rantai (Fessenden, 1986).



Secara teoritis, proses ini akan berlangsung terus menerus karena sebuah Cl^\bullet akan mengalami reaksi yang menyebabkan terbentuknya sebuah Cl^\bullet yang lain (Fessenden, 1986).

3. Terminasi

Reaksi rantai yang terjadi akan berhenti pada tahap terminasi yaitu ketika radikal bebas bergabung dengan radikal bebas yang lain sehingga tidak membentuk radikal bebas yang baru (Fessenden, 1986).



Sumber radikal bebas dapat dibagi menjadi 3, yaitu (Kumar, 2011):

1. **Sumber internal:** berasal dari reaksi enzimatik yang menghasilkan suatu radikal bebas seperti pada reaksi pernafasan, fagositosis, sintesis prostaglandin, serta dalam sistem sitokrom P₄₅₀.
2. **Sumber eksternal:** asap rokok, polutan lingkungan, radiasi, sinar UV, ozon, obat-obatan, anestesi, pestisida, dan pelarut industri.
3. **Faktor fisiologis:** status mental seperti stres, emosi dan kondisi penyakit yang dapat memicu terbentuknya radikal bebas.

B. Efek radikal bebas

Radikal bebas mempunyai peran positif bagi tubuh manusia (Droge, 2002). Namun, ketika kadarnya di dalam tubuh melebihi batas normal maka radikal bebas menjadi suatu senyawa yang berbahaya bagi manusia. Akumulasi radikal bebas yang terjadi akan menyebabkan terjadinya stres oksidatif sehingga memicu berbagai macam penyakit kronis dan degeneratif.

Penyakit yang dapat ditimbulkan dari adanya stres oksidatif diantaranya adalah kanker, gangguan autoimun, penuaan dini, katarak, rheumatoid arthritis, jantung dan penyakit neurodegeneratif (Pham-Huy *et al.*, 2008). Mekanisme terjadinya kanker sebagian besar disebabkan oleh adanya mutasi pada gen p53 atau gen yang berperan dalam proses apoptosis (Thomas, 2009). Oleh karena itu, keseimbangan antara dua efek antagonis dari radikal bebas menjadi aspek penting bagi kehidupan manusia (Pham-Huy *et al.*, 2008).

C. Radiasi Ultraviolet Dan Fotoprotektif

Radiasi ultraviolet (UV) merupakan bagian dari spektrum elektromagnetik yang berada diantara area sinar-X dan sinar tampak atau antara 40 dan 400 nm (30-3 eV) (Webber, 1997). Berdasarkan spektrum elektromagnetik, wilayah ultraviolet dibagi menjadi 3 yaitu ultraviolet A (UVA: 320-400 nm), ultraviolet B (UVB: 290 -320 nm) dan ultraviolet C (UVC: 200-290 nm) (Dutra, 2004). Radiasi UVA yang mencapai permukaan bumi yaitu sebesar 95-98%, radiasi UVB sebanyak 2-5%, sedangkan UVC diabsorpsi oleh lapisan ozon pada bagian stratosfer (McKinlay, 1987).

Radiasi ultraviolet dapat masuk ke dalam kulit melalui kromofor atau suatu molekul tertentu yang dapat menangkap gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu (Lucas, 2015). Ketika kulit dirangsang oleh radiasi ultraviolet, kulit akan melakukan beberapa mekanisme sebagai perlindungan diri. Pertama, epidermis akan membengkak akibat adanya radiasi UVB. Hal ini akan meningkatkan perlindungan pada kulit sebesar 3-4 kali. Kedua, sintesis melanin akan meningkat akibat radiasi UVB dan UVA,

sehingga akan memberikan perlindungan terhadap kulit 2-3 kali (Mishra *et al.*, 2011). UVB dapat menyebabkan kejadian *sunburn* 1000 kali lebih banyak dibanding dengan UVA dan UVA 1000 kali lebih efektif dalam membuat efek *tanning* akibat dari melanin pada lapisan epidermis yang membuat kulit lebih gelap dibandingkan UVB (Brenner & Hearing, 2008; Saewan *et al.*, 2013).

Tabir surya dapat digunakan sebagai agen fotoprotektif karena dapat melindungi kulit dari paparan UV dengan menyerap, memantulkan, serta menyebar (*scatter*) sinar matahari (Mishra *et al.*, 2011). Tingkat efektif suatu tabir surya didasarkan pada pengukuran nilai SPF (*Sun Protection Factor*). Semakin tinggi nilai SPF suatu tabir surya, maka kemampuan dalam melindungi kulit dari terjadinya *sunburn* juga semakin besar (Kaur & Saraf, 2010) (Tabel 1). SPF (*Sun Protection Factor*) adalah nilai yang diperoleh dengan membandingkan waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya *sunburn* pada kulit yang dilindungi tabir surya dengan kulit yang tidak dilindungi tabir surya (Mishra *et al.*, 2011).

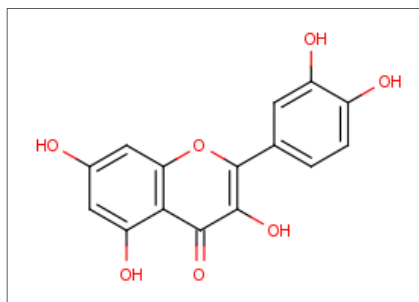
Tabel 1. Tingkat kemampuan tabir surya (Wasitaadmatdja, 1997; Damogalad, 2013)

Nilai SPF	Keterangan
2-4	Minimal
4-6	Sedang
6-8	Ekstra
8-15	Maksimal
>15	Ultra

Senyawa kimia yang terkandung di dalam tabir surya umumnya adalah senyawa aromatis yang terkonjugasi dengan gugus karbonil. Struktur ini dapat menyerap energi yang tinggi dari matahari kemudian melepas energi tersebut menjadi lebih rendah (Rai *et al.*, 2007). Senyawa yang biasa

digunakan sebagai tabir surya antara lain ozybenzon, sulisobenzon, dan oktil metoksi cinnamat (Saewan & Jimtaisong, 2013). Namun, bagi sebagian orang yang memiliki sensitifitas terhadap senyawa kimia tersebut tidak dapat memakai tabir surya yang mengandung bahan-bahan yang terkait. Para peneliti meyakini kosmetik yang menggunakan bahan herbal adalah pilihan yang tepat bagi kulit yang hipersensitif (Mishra *et al.*, 2011).

Flavonoid adalah salah satu senyawa alami yang berpotensi sebagai agen fotoprotektif karena memiliki kemampuan dalam menyerap sinar UV serta dapat menjadi senyawa antioksidan (Saewan *et al.*, 2013). Suatu agen fotoprotektif dari flavonol yaitu kuersetin (Gambar 2) dan rutin (kuersetin-3-O-rutinosida) sebesar 10% menunjukkan nilai SPF yang sama dengan homosalat (agen tabir surya sintetik) (Choquenet *et al.*, 2008).

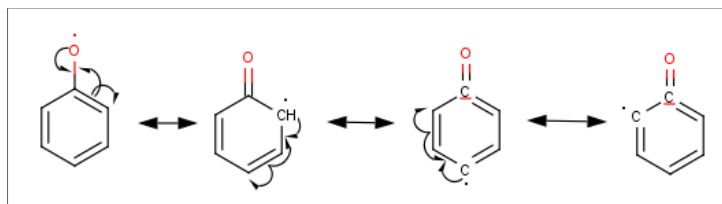


Gambar 2. Struktur kuersetin (Sing, 2007)

D. Antioksidan

Inhibitor radikal bebas adalah suatu senyawa yang dapat bereaksi dengan radikal bebas reaktif membentuk radikal bebas yang tidak reaktif dan bersifat relatif stabil. Suatu inhibitor yang berperan dalam menghambat auto-oksidasi atau oksidasi oleh udara disebut dengan antioksidan. Senyawa antioksidan tersebut dapat melawan radikal bebas karena memiliki gugus-gugus fenol atau gugus -OH yang terikat pada karbon cincin aromatik. Disamping itu, radikal

bebas yang terbentuk pada tahap propagasi dari senyawa antioksidan akan terstabilkan secara resonansi sehingga menjadi radikal bebas yang tidak reaktif (Gambar 3) (Fessenden, 1986).



Gambar 3. Resonansi radikal bebas fenol (Fessenden, 1986)

Dibawah ini adalah senyawa antioksidan beserta radikal bebas yang dapat distabilkan (Tabel 2):

Tabel 2. ROS dan antioksidan yang berperan (Pervical, 1996)

ROS	Antioksidan
Radikal hidroksil (OH^\bullet)	vitamin C, glutation, flavonoid, asam lipoat
Radikal superoksida ($\text{O}_2^{\bullet -}$)	vitamin C, glutation, flavonoid, SOD
Hidrogen peroksida (H_2O_2)	vitamin C, glutation, beta karoten, vitamin E, CoQ10, flavonoid, asam lipoat
Lipid peroksida (LOOH)	beta karoten, vitamin E, flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa dengan kerangka karbon C6-C3-C6 (Grotewold, 2006). Flavonoid yang paling besar ada 4, yaitu antosianin (pigmen merah sampai ungu), flavonol (kurang berwarna hingga pigmen kuning pucat), flavanol (pigmen yang kurang berwarna yang menjadi coklat setelah oksidasi), dan proantosianidin (Pas) (Petruzza *et al*, 2013). Flavonoid dibagi menjadi tiga kelas, antara lain:

1. Flavonoid (2-phenylbenzopyrans)

Flavonoid (2-phenylbenzopyrans) dibagi menjadi flavan, flavanon, flavon, flavonol, dihidroflavonol, flavon-3-ol, flavan-4-ol, dan flavan-3,4-diol (Grotewold, 2006).

2. Isoflavonoid (3-benzopyrans)

Kelompok isoflavonoid (3-benzopyrans) terdiri dari isoflavan, isoflavon, isoflavanon, isoflav-3-en, isoflavanol, rotenoid, coumestan, 3-arilcoumarin, coumaronochromen, coumaronochromon, dan pterocarpan (Grotewold, 2006).

3. Neoflavonoid (4-benzopyrans)

Neoflavonoid terdiri dari 4-arilcoumarin, 3,4-dihidro-arilcoumarin, dan neoflaven (Grotewold, 2006).

Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) adalah metode yang paling umum digunakan untuk menentukan kapasitas antioksidan dalam makanan ataupun minuman karena bersifat cepat, sederhana, akurat, dan juga murah (Marinova & Batchvaron, 2011). Dasar dari uji DPPH adalah pada perubahan warna radikal DPPH akibat reaksi antara radikal bebas DPPH dengan satu atom hidrogen yang dilepaskan oleh senyawa yang terkandung dalam bahan uji yang membentuk senyawa 1,1-difenil-2-pikrilhidrazin yang berwarna kuning. Absorbansi yang diukur adalah absorbansi larutan DPPH yang tidak bereaksi dengan senyawa antioksidan (Josephy, 1997). Tingkat aktivitas antioksidan suatu sampel dapat dilihat dari nilai IC_{50} (konsentrasi yang ekuivalen memberikan 50% efek aktivitas antioksidan) (Ciptaningsih, 2012). Semakin kecil nilai IC_{50} , maka semakin aktif sampel tersebut sebagai antioksidan (Budilaksono *et al.*, 2014) (Tabel 3).

Tabel 3. Tingkat aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (Ariyanto, 2006)

IC50	Keterangan
<50 µg/mL	Sangat kuat
50 -100 µg/mL	Kuat
100- 150 µg/mL	Sedang
>150 µg/mL	Lemah

E. Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*)

1. Taksonomi

Klasifikasi

Kingdom : Plantae
 Subkingdom : Tracheobionta
 Superdivisio : Spermatophyta
 Divisio : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Subkelas : Hamamelidae
 Ordo : Caryophyllales
 Famili : Cactaceae
 Genus : *Hylocereus*
 Spesies : *Hylocereus polyrhizus*

(Kristanto, 2008)



Gambar 4. Tanaman buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*)

2. Karakterisasi tanaman

Buah naga atau dalam Bahasa Inggris dikenal dengan nama “*pitaya*” atau “*pitahaya*” merupakan buah yang berasal dari Meksiko, Amerika Tengah, dan Amerika Selatan (Puspita, 2011). Secara morfologis, tanaman ini termasuk tanaman yang tidak lengkap karena tidak memiliki daun.

Akar buah naga tidak terlalu panjang dan berupa akar serabut yang sangat tahan pada kondisi tanah yang kering dan tidak tahan genangan yang cukup lama. Bunga buah berukuran besar dan mekar penuh pada malam hari dan menyebarkan bau yang harum (Dembitsky *et al.*, 2011).

Buah naga memiliki bentuk bulat agak lonjong yang terletak di ujung cabang atau batang dengan ketebalan kulit buah sekitar 2-3 cm dengan sisik seperti naga dikulit buahnya. Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) memiliki kulit berwarna merah dan daging yang berwarna merah keunguan dengan kadar kemanisan 13-15% briks (Puspita, 2011). Biji buah naga berbentuk bulat berukuran kecil dengan warna hitam dan setiap buah terdapat sekitar 1200-2300 biji (Kristianto, 2008). Biasanya, buah naga akan banyak ditemukan pada bulan April-Mei dan September-November (Dembitsky *et al.*, 2011).

3. Kandungan buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*)

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti asam stearat, asam oleat, campesterol, stigmasterol, asam asetat, betanin, isobetanin, fenolik, dan flavonoid (Foong *et al.*, 2012). Asam stearat, asam oleat, serta fitosterol dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi LDL-kolesterol dan menghambat penyerapan kolesterol (Fong *et al.*, 2012; Isabelle *et al.*, 2009). Kandungan tujuh betacyanin pada buah naga merah (betanin, isobetanin, betanidin, isobetanidin, phyllocactin, isophyllocactin, dan

bougainvillein-R-I) dapat menjadi pewarna alami, antioksidan, dan untuk menurunkan kolesterol (Foong *et al.*, 2012).

Senyawa fenolik seperti flavonoid juga bersifat sebagai antioksidan sehingga berpotensi untuk mengurangi risiko penyakit seperti penyakit jantung koroner dan kanker. Selain bersifat sebagai antioksidan, flavonoid juga bersifat sebagai penghambat enzim dan mempunyai efek terhadap bakteri (Fong *et al.*, 2012). Kulit buah naga merah juga mengandung beberapa senyawa seperti triterpenoid, betasianin, alkaloid, steroid, dan flavonoid (flavon dan flavonol) (Pranata, 2013; Budilaksono *et al.*, 2014).

Menurut Wee Sim Choo dan Wee Khing Yong (2011), daging dan kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) memiliki nilai EC₅₀ sebesar $11,34 \pm 0,22$ mg/mL atau memiliki daya antioksidan lebih besar daripada daging dan kulit buah naga putih (*Hylocereus undatus*) dengan nilai EC₅₀ sebesar $14,61 \pm 0,82$ mg/mL. Namun, daging dan kulit buah naga putih memiliki total fenolik lebih besar ($20,14 \pm 1,15$ mg GAE/100g) daripada daging dan kulit buah naga merah ($15,92 \pm 1,28$ mg GAE/100g).

Nurliyana *et al.* (2010) juga menyatakan bahwa daya antioksidan (nilai IC₅₀) tertinggi terdapat di kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*), diikuti kulit buah naga putih (*Hylocereus undatus*), daging buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dan daging buah naga putih (*Hylocereus undatus*). Total fenolik tertinggi terdapat di kulit buah naga putih (*Hylocereus undatus*), diikuti kulit buah naga merah (*Hylocereus*

polyrhizus), daging buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dan daging buah naga putih (*Hylocereus undatus*).

F. Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah istilah yang digunakan dalam bidang farmasi yang menggambarkan akan adanya proses pemisahan bagian aktif tanaman atau jaringan hewan dari komponen yang tidak aktif atau inert menggunakan pelarut yang dipilih secara selektif dengan mengikuti standar prosedur ekstraksi (CSI-UNIDO, 2008). Selama ekstraksi, pelarut akan berdifusi ke dalam bahan tanaman dan melarutkan senyawa yang memiliki kepolaran yang sama (Pandey, 2014). Senyawa flavonoid yang kurang polar misalnya isoflavon, flavanone, flavon yang termetilasi, dan flavonol dapat diekstraksi dengan pelarut seperti diklorometana, kloroform, dietil eter atau etil asetat, sementara glikosida flavonoid dan aglikon yang lebih polar diekstraksi dengan pelarut polar seperti alkohol atau campuran alkohol-air (Andersen *et al*, 2006).

Tabel 4. Pelarut dan parameternya (Barwick, 1997)

Pelarut	Indeks polaritas	Berat jenis (g/mL)
Heksan	0,1	0,65
Kloroform	4,1	1,48
Etilasetat	4,4	0,90
Metanol	5,1	0,79
Etanol	5,2	0,79
Air	9,0	1,00

Semakin besar nilai indeks polaritas suatu pelarut maka semakin polar pelarut tersebut (Sadek, 2002). Oleh karena itu, urutan pelarut diatas apabila diurutkan dari yang non polar ke polar adalah heksan, kloroform, etilasetat, metanol, etanol dan air. Etilasetat dan kloroform merupakan pelarut yang bersifar semi polar (Wikanta, 2012; Mangindaan, 2013).

Metode dalam ekstraksi tanaman diantaranya adalah maserasi, infus, perkolasi, digesti, soxhlet, sonikasi, dan destilasi (Pandey, 2014). Ada beberapa parameter yang digunakan untuk memilih metode ekstraksi dengan tepat. Pertama, bagian simplisia yang dapat mengganggu dihilangkan terlebih dahulu. Simplisia yang akan digunakan adalah bagian dari tanaman yang benar dan untuk mengendalikan kualitas simplisia maka usia tanaman, waktu, musim, dan tempat pengambilan sebaiknya dicatat. Selanjutnya, proses pengeringan dilakukan tergantung pada sifat kimia dari simplisia (CSI-UNIDO, 2008).

Serbuk simplisia yang didapatkan diayak dengan ayakan yang sesuai untuk mendapatkan ukuran yang seragam, biasanya menggunakan mesh ukuran 30-40. Jika senyawa yang akan diukur bersifat non polar maka pelarut yang digunakan adalah yang bersifat non polar, begitu pula sebaliknya. Apabila senyawa yang akan diambil bersifat termolabil, metode ekstraksi seperti maserasi dingin, perkolasi, dan CCE (*Counter-Current Extraction*) lebih dianjurkan. Namun, apabila senyawa yang akan diambil bersifat termostabil maka dapat dilakukan dengan ekstraksi soxhlet (jika menggunakan pelarut bukan air) dan dekoksi (CSI-UNIDO, 2008).

Apabila mengambil senyawa seperti flavonoid dan fenil propanoid sebaiknya berhati-hati ketika menggunakan pelarut organik karena dapat mendegradasi senyawa tersebut. Ketika menggunakan metode ekstraksi panas, maka suhu yang tinggi harus dihindari karena beberapa glikosida dapat mengalami kerusakan. Standardisasi waktu ekstraksi merupakan hal yang

penting karena waktu ekstraksi yang terlalu lama akan menyebabkan senyawa yang tidak diinginkan juga dapat terekstraksi. Kualitas pelarut yang digunakan juga perlu diperhatikan. Proses pengeringan harus aman dan dapat menjaga stabilitas senyawa yang diambil. Parameter yang terakhir adalah parameter analisis ekstrak seperti TLC (*Thin Layer Chromatography*) dan HPLC harus didokumentasikan untuk memantau kualitas ekstrak dari batch yang berbeda (CSI-UNIDO, 2008).

Maserasi merupakan proses ekstraksi yang banyak digunakan karena bersifat sederhana (Mahdi, 2010). Proses maserasi secara umum adalah dengan menempatkan bahan tanaman dalam bentuk bubuk serbuk kedalam bejana tertutup dengan menambahkan pelarut selama tujuh hari dengan sesekali diaduk. Bejana dalam keadaan tertutup untuk mencegah penguapan pelarut selama periode ekstraksi. Pelarut akan berdifusi masuk melalui dinding sel untuk melarutkan konstituen dalam sel kemudian pelarut akan berdifusi keluar. Proses difusi tanpa pengadukan akan berjalan sangat lambat. Faktor yang mempengaruhi proses maserasi diantaranya kecepatan pelarut masuk kedalam serbuk bahan, tingkat kelarutan dari senyawa yang larut dengan pelarut, kecepatan pelarut keluar dari senyawa yang tidak larut (CSI-UNIDO, 2008).

Metode maserasi termasuk kedalam golongan ekstraksi padat-cair, sedangkan ekstraksi cair-cair dilakukan dengan cara fraksinasi. Fraksinasi merupakan proses pemisahan antara zat cair dengan zat cair berdasarkan tingkat kepolarannya. Senyawa yang memiliki sifat non polar akan larut dalam

pelarut non polar, yang semi polar akan larut dalam pelarut semi polar, dan yang bersifat polar akan larut kedalam pelarut polar (Harborne 1987). Fraksinasi dilakukan menggunakan corong pisah. Pada akhir proses fraksinasi, larutan dalam corong pisah akan menghasilkan dua lapisan. Pelarut yang mempunyai berat jenis lebih besar akan berada di lapisan bawah, sedangkan pelarut dengan berat jenis yang lebih kecil akan berada di lapisan atas (Suwendiyanti, 2014).

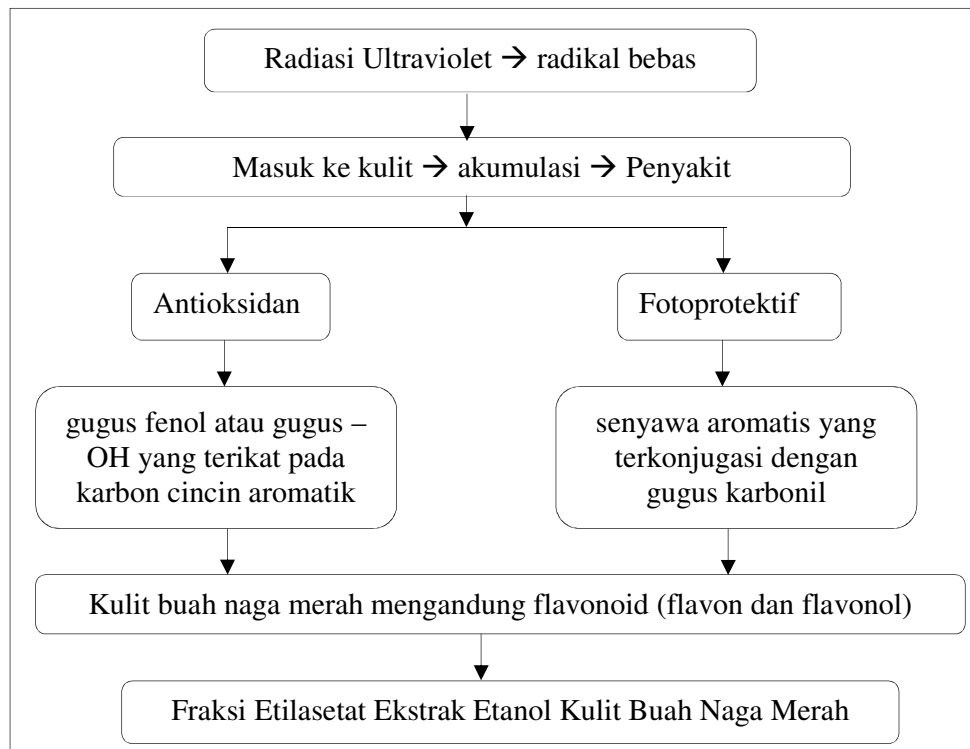
I. Spektrofotometri UV-Vis

Sinar ultraviolet (200-400 nm) dan sinar tampak (400-750 nm) merupakan salah satu radiasi elektromagnetik dan energi yang merambat dalam bentuk gelombang. Jika suatu molekul dikenai suatu radiasi elektromagnetik pada frekuensi (panjang gelombang) yang sesuai sehingga energi molekul tersebut ditingkatkan ke level yang lebih tinggi, maka terjadi peristiwa penyerapan (absorpsi) energi oleh molekul (Gandjar dan Abdul Rohman, 2012).

Suatu zat dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis apabila mempunyai zat tersebut memiliki gugus kromofor dan auksokrom. Kromofor merupakan ikatan rangkap yang terkonjugasi atau gugus atau atom dalam senyawa organik yang mampu menyerap sinar ultraviolet dan sinar tampak (misalnya, gugus alken, alkin, karbonil, karboksil, amido, azo, nitro, nitroso, dan nitrat). Auksokrom atau suatu gugus fungsional yang mempunyai elektron bebas seperti OH, -O, -NH₂, dan -OCH₃ (Gandjar dan Abdul Rohman, 2012).

Lampu Wolfram merupakan sumber cahaya tampak pada spektrofometer UV-Vis, sedangkan lampu hidrogen atau deuterium sebagai sumber radiasi ultraviolet. Sumber cahaya tersebut dipancarkan melalui monokromator. Monokromator akan menguraikan sinar yang masuk dari sumber cahaya tersebut menjadi pita-pita panjang gelombang yang diinginkan untuk pengukuran suatu zat tertentu. Cahaya atau energi radiasi dari monokromator diteruskan dan diserap oleh suatu larutan yang akan diperiksa di dalam kuvet. Jumlah cahaya yang diserap oleh larutan akan menghasilkan signal elektrik pada detektor, yang mana signal elektrik ini sebanding dengan cahaya yang diserap oleh larutan tersebut. Besarnya signal elektrik yang dialirkan ke pencatat dapat dilihat sebagai angka (Triyati, 1985).

J. Kerangka Konsep



Gambar 5. Kerangka konsep

Radiasi sinar UV merupakan salah satu sumber radikal bebas (Kumar, 2011). Radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh dan mengalami akumulasi akan memicu berbagai macam penyakit seperti kanker, gangguan autoimun, penuaan dini, katarak, rheumatoid arthritis, jantung dan penyakit neurodegeneratif (Pham-Huy *et al.*, 2008). Flavonoid merupakan salah satu contoh senyawa yang dapat berperan sebagai antioksidan karena mempunyai gugus fenol yang bertugas untuk melawan radikal bebas (Kumar, 2011). Radikal bebas yang terbentuk pada tahap propagasi dari senyawa antioksidan akan terstabilkan secara resonansi sehingga menjadi radikal bebas yang tidak reaktif (Fessenden, 1986).

Selain sebagai antioksidan, flavonoid juga dapat digunakan sebagai agen fotoprotektif karena memiliki kemampuan dalam menyerap sinar UV (Saewan *and* Jimtaisong, 2013). Senyawa kimia dalam tabir surya sintetik umumnya adalah senyawa aromatis yang terkonjugasi dengan gugus karbonil. Struktur ini dapat menyerap energi yang tinggi dari matahari kemudian melepas energi tersebut menjadi lebih rendah (Rai *et al.*, 2007).

Buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) merupakan buah yang mengandung berbagai senyawa bioaktif, salah satunya adalah senyawa fenolik dan flavonoid (Foong *et al.*, 2011). Daya antioksidan kulit buah naga merah dapat diketahui dengan melakukan analisis kadar fenolik total dan uji DPPH. Kadar fenol akan menentukan bagaimana daya antioksidan kulit buah naga merah. Daya fotoprotektif kulit buah naga merah diketahui dengan melakukan uji KLT, analisis kadar flavonoid total, dan uji SPF. Hasil dari uji

KLT dan analisis kadar flavonoid total menyatakan bagaimana kandungan flavonoid dalam kulit buah naga merah. Kandungan flavonoid akan menentukan bagaimana daya fotoprotektif kulit buah naga merah.

G. Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah:

1. Fraksi etilasetat ekstrak etanolik kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) mengandung flavonoid yang diuji menggunakan uji KLT dan metode khelasi $AlCl_3$ serta mengandung senyawa fenolik yang diuji menggunakan metode Folin-Ciocalteu.
2. Fraksi etilasetat ekstrak etanolik kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) memiliki daya antioksidan yang kuat dilihat dari nilai IC_{50} yang diuji dengan metode DPPH.
3. Fraksi etilasetat ekstrak etanolik kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) memiliki daya fotoprotektif dilihat dari nilai SPF yang diuji menggunakan metode spektrofotometri.