

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelor (*Moringa Oleifera*)

Kelor merupakan spesies dari keluarga monogenerik yang paling banyak dibudidayakan, yaitu Moringaceae yang berasal dari India sub-Himalaya, Pakistan, Bangladesh dan Afghanistan. Pohon yang tumbuh dengan cepat ini telah digunakan sejak zaman dulu oleh orang Romawi kuno, Yunani, dan Mesir dan sampai saat ini banyak dibudidayakan dan telah menjadi tanaman naturalisasi di daerah tropis (Fahey, 2005). Menurut Integrated Taxonomic Information System (2017), klasifikasi tanaman kelor sebagai berikut:

- Kingdom : *Plantae*
- Divisi : *Spermatophyta*
- Subdivisi : *Angiospermae*
- Klas : *Dicotyledoneae*
- Ordo : *Brassicales*
- Familia : *Moringaceae*
- Genus : *Moringa*
- Spesies : *Moringa oleifera Lamk*

Kelor merupakan tanaman yang berumur panjang dan berbunga sepanjang tahun. Bunga kelor ada yang berwarna putih, putih kekuningan (krem) atau merah, tergantung jenis atau spesiesnya. Tudung pelepah bunganya berwarna hijau dan mengeluarkan aroma bau semerbak (Palupi et al., 2007). Umumnya di Indonesia bunga kelor berwarna putih kekuning-kuningan. (Gambar 2.1)



Gambar 2.1 Tanaman Kelor (*Moringa Oleifera*)

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.1.1 Morfologi Tanaman

Tanaman kelor memiliki akar tunggang, berwarna putih. Kulit akar berasa pedas dan berbau tajam, dari dalam berwarna kuning pucat, bergaris halus tapi terang dan melintang. Tidak keras, bentuk tidak beraturan, permukaan luar kulit agak licin, permukaan dalam agak berserabut, bagian kayu warna cokelat muda, atau krem berserabut, sebagian besar terpisah. Akar tunggang berwarna putih, membesar seperti lobak (Kurniasih, 2010: 28).

Kelor termasuk jenis tumbuhan perdu yang dapat memiliki ketinggian batang 7-12 meter. Merupakan tumbuhan yang berbatang dan termasuk jenis batang berkayu, sehingga batangnya keras dan kuat. Bentuknya sendiri adalah bulat (teres) dan permukaannya kasar. Arah tumbuhnya lurus ke atas atau biasa disebut dengan tegak lurus (*erectus*) (Kurniasih, 2010: 29).

Kelor memiliki daun majemuk, bertangkai panjang, tersusun berseling (*alternate*), beranak daun gasal (*imparipinnatus*), helai daun saat muda berwarna hijau muda, setelah dewasa hijau tua, bentuk helai daun bulat telur, panjang 1-2 cm, lebar 1-2 cm, tipis lemas, ujung dan pangkal tumpul (*obtus*), tepi rata, susunan pertulangan menyirip (*pinnate*), permukaan atas dan bawah halus. Daun kelor termasuk jenis daun bertangkai karena hanya terdiri atas tangkai dan helaian saja. Tangkai daun berbentuk silinder dengan sisi atas agak pipih, menebal pada pangkalnya dan permukaannya halus. Bangun daunnya berbentuk bulat atau bundar (*orbicularis*), pangkal daunnya tidak bertoreh dan termasuk ke dalam bentuk bangun bulat telur. Ujung dan pangkal daunnya membulat (*rotundatus*) di mana ujungnya tumpul dan tidak membentuk sudut sama sekali hingga ujung daun merupakan semacam suatu busur (Kurniasih, 2010: 29)

Bunga kelor muncul diketiak daun (*axillaris*), bertangkai panjang, kelopak berwarna putih kekuning-kuningan terkumpul dalam pucuk lembaga di bagian ketiak dan tudung pelepah bunganya berwarna hijau. Malai terkulai 10-15 cm, memiliki 5 kelopak yang mengelilingi 5 benang sari dan 5 staminodia. Bunga kelor keluar sepanjang tahun dengan aroma bau semerbak.

Kelor berbuah setelah berumur 12-18 bulan. Buah atau polong kelor berbentuk segitiga memanjang yang disebut klentang (Jawa) dengan panjang 20-

60 cm. Ketika muda berwarna hijau, setelah tua menjadi cokelat. Biji di dalam polong berbentuk bulat, ketika muda berwarna hijau terang dan berubah berwarna cokelat kehitaman ketika polong matang dan kering. Ketika kering, polong membuka menjadi 3 bagian . Dalam setiap polong rata-rata berisi antara 12 dan 35 biji (Kurniasih, 2010: 30)

Biji kelor berbentuk bulat dengan lambung semi-permeabel berwarna kecoklatan. Lambung sendiri memiliki tiga sayap putih yang menjalar dari atas ke bawah. Setiap pohon dapat menghasilkan antara 15.000 hingga 25.000 biji/tahun. Berat rata-rata per biji adalah 0,3 g (Kurniasih, 2010: 30)

Kulitnya mempunyai sifat-sifat berair, liat dan rasanya seperti rapen atau radis. Menurut Hasskarl (Het Nut No. 500) bahan ini setelah di tumbuk dan di panaskan dapat di letakkan di atas perut untuk pengobatan sakit demam. Kulit yang di campur dengan kapur dan kemudian di oleskan pada badan dapat menyembuhkan penyakit gemeteran pada kepala dan tangan sebagai akibat serangan penyakit (Heyne K, 1987)



Gambar 2.2 Kulit Batang Kelor (*Moringa oleifera*)

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.2 Kandungan Kimia Pada Kelor

Menurut Misra et al. (2014) dan Abdalla (2013), daun kelor sangat kaya akan nutrisi, di antaranya kalsium, besi, protein, vitamin A, vitamin B dan vitamin C. Daun kelor mengandung zat besi lebih tinggi dari pada sayuran lainnya yaitu sebesar 17,2 mg/100 g (Yameogo et al. 2015). Selain itu, daun kelor juga mengandung berbagai macam asam amino, antara lain asam amino yang berbentuk asam aspartat, asam glutamat, alanin, valin, leusin, isoleusin, histidin, lisin, arginin, venilalanin, triftopan, sistein dan methionin (Simbolan et al. 2007).

Hasil uji fitokimia ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) menunjukkan bahwa terdapat senyawa alkaloida, flavonoida, saponin, fenol, steroida/triterpenoida dan tanin.

Alkaloid merupakan senyawa organik yang paling banyak ditemukan, karena sebagian besar zat alkaloida berasal dari tanaman. Pada umumnya alkaloida memiliki satu buah atom nitrogen atau lebih dengan sifat basa sehingga disebut alkaloid.

Senyawa flavonoida adalah suatu kelompok senyawa fenol yang terbesar yang ditemukan di alam. Senyawa-senyawa ini merupakan zat warna merah, ungu dan biru dan sebagai zat warna kuning yang ditemukan dalam tumbuh-tumbuhan.

Saponin merupakan jenis glikosida yang banyak ditemukan dalam tumbuhan tingkat tinggi. Saponin berupa koloid yang larut dalam air dan berbusa setelah dikocok, memiliki rasa pahit. Saponin dapat menghemolisis atau menghancurkan sel-sel darah merah (Tyler dkk, 1989).

Senyawa fenolik adalah metabolit sekunder bioaktif yang terdistribusi secara luas di tanaman terutama disintesis oleh asam sikamat, pentosa fosfat dan jalur fenilpropanoid (Balasundram *et al.*, 2006). Secara struktural, senyawa fenolik mencakup sejumlah senyawa yang memiliki cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil dan dapat bervariasi dari molekul sederhana hingga polimer kompleks (Haminiuk *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2015).

Steroid merupakan terpenoid lipid yang dikenal dengan empat cincin kerangka dasar karbon yang menyatu. Struktur senyawanya pun cukup beragam. Perbedaan tersebut disebabkan karena adanya gugus fungsi teroksidasi yang terikat pada cincin dan terjadinya oksidasi cincin karbonya (Samejo dkk., 2013).

Tanin adalah suatu senyawa polifenol yang berasal dari tumbuhan, terasa pahit dan kelat, yang bereaksi dengan dan menggumpalkan protein, atau beragam senyawa organik lainnya termasuk asam amino dan alkaloid.

Tabel 2.1 Kapasitas Antioksidan (Widyastuti, Niken 2010)

| Replikasi | Berat Sampel (gram) | Absorbansi | Kapasitas Antioksidan (mg Tr/g ekstrak) |
|-----------|---------------------|------------|---|
| I | 0,0106 | 0,542 | 19,41 |
| II | 0,0102 | 0,599 | 22,50 |
| II | 0,0107 | 0,588 | 21,02 |
| Rata-Rata | | | 20,97 |

2.3 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan kandungan senyawa kimia dari jaringan tumbuhan ataupun hewan dengan menggunakan penyari tertentu. Ekstrak adalah sediaan pekat yang diperoleh dengan cara mengekstraksi zat aktif dengan menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian semua atau hampir semua pelarut diuapkan dan massa atau serbuk yang tersisa diperlakukan sedemikian, hingga memenuhi baku yang ditetapkan (Depkes RI 1995).

Senyawa aktif yang terdapat di dalam berbagai simplisia dapat digolongkan kedalam golongan minyak atsiri, alkaloid, flavonoid, dan lain-lain. Dengan diketahuinya senyawa aktif yang dikandung simplisia akan mempermudah pemilihan pelarut (Depkes, 2000).

Tujuan ekstraksi bahan alam adalah untuk menarik komponen kimia yang terdapat pada bahan alam. Bahan-bahan aktif seperti senyawa antimikroba dan antioksidan yang terdapat pada tumbuhan pada umumnya diekstrak dengan pelarut. Pada proses ekstraksi dengan pelarut, jumlah dan jenis senyawa yang masuk kedalam cairan pelarut sangat ditentukan oleh jenis pelarut yang digunakan dan meliputi dua fase yaitu fase pembilasan dan fase ekstraksi (Voigt, 1995).

Maserasi merupakan salah satu metoda ekstraksi yang dilakukan dengan cara merendam simplisia nabati menggunakan pelarut tertentu selama waktu tertentu dengan sesekali dilakukan pengadukan atau penggojokan. Prinsip kerja dari maserasi adalah proses melarutnya zat aktif berdasarkan sifat kelarutannya dalam suatu pelarut (like dissolved like). Ekstraksi zat aktif dilakukan dengan cara merendam simplisia nabati dalam pelarut yang sesuai selama beberapa hari pada suhu kamar dan terlindung dari cahaya. Pelarut yang digunakan, akan menembus

dinding sel dan kemudian masuk ke dalam sel tanaman yang penuh dengan zat aktif. (Marjoni, 2016).

2.4 Pelarut

Pelarut adalah benda cair atau gas yang melarutkan benda padat, cair atau gas, yang menghasilkan sebuah larutan. Pelarut paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah air. Pelarut lain yang juga umum digunakan adalah bahan kimia organik (mengandung karbon) yang juga disebut pelarut organik. Pelarut yang sering digunakan dalam proses ekstraksi adalah aseton, etil klorida, etanol, heksana, isopropil alkohol dan metanol.

Pelarut biasanya memiliki titik didih rendah dan lebih mudah menguap, meninggalkan substansi terlarut yang didapatkan. Untuk membedakan antara pelarut dengan zat yang dilarutkan, pelarut biasanya terdapat dalam jumlah yang lebih besar.

Menurut Perry (1984), berbagai syarat pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi, yaitu sebagai berikut: Memiliki daya larut dan selektivitas terhadap solute yang tinggi. Pelarut harus dapat melarutkan komponen yang diinginkan sebanyak mungkin dan sesedikit mungkin melarutkan bahan pengotor. Bersifat inert terhadap bahan baku, sehingga tidak bereaksi dengan komponen yang akan di ekstrak. Reaktivitas pelarut tidak menyebabkan perubahan secara kimia pada komponen bahan ekstraksi, tidak terbentuk emulsi, tidak korosif, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Stabil secara kimia dan termal, tidak berbahaya bagi lingkungan, memiliki viskositas yang rendah sehingga mudah untuk dialirkan, murah dan mudah didapat, serta tersedia dalam jumlah yang besar. Memiliki titik didih yang cukup rendah agar mudah diuapkan dan memiliki tegangan permukaan yang cukup rendah.

2.4.1 Air (Aquadest)

Aquadest adalah zat kimia yang istimewa, terdiri dari dua atom hydrogen dan satu atom oksigen dengan rumus kimia (H_2O). Aquadest bersifat netral ($pH=7$) dalam keadaan murni. Aquadest tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau.

Aquadest bersifat polar karena adanya perbedaan muatan. Aquadest merupakan pelarut yang baik karena kepolarannya, konstanta dielektrik yang tinggi dan ukurannya yang kecil, terutama untuk senyawa ionik dan garam yang polar. Sifat aquadest yang bersifat polar dapat melarutkan senyawa tanin dan flavonoid.

2.4.2 Etanol

Etanol merupakan senyawa organik yang tersusun dari unsur-unsur karbon, hydrogen dan oksigen. Etanol memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan methanol dan lebih rendah dibandingkan dengan alkohol-alkohol lainnya. Etanol bersifat miscible terhadap air dan dengan kebanyakan larutan organik, termasuk larutan non-polar dan bila bahan non-polar dilarutkan dalam etanol, dapat ditambahkan air untuk membuat larutan yang kebanyakan air. Sifat etanol dapat mengekstraksi senyawa-senyawa tersebut dan mengakibatkan senyawasenyawa tersebut mudah larut di dalam etanol (Aziz, et al. 2009). Hal ini dikarenakan etanol yang bersifat semi polar dapat melarutkan senyawa-senyawa yang polar maupun non-polar seperti tanin, flavonoid, fenol dan minyak atsiri.

2.5 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi merupakan suatu tehnik praktis yang sudah dikembangkan dari ketertarikan para ahli kimia dalam memiliki kemampuan untuk memisahkan suatu campuran senyawa menjadi komponen-komponennya, dengan tujuan akhirnya mampu untuk mengidentifikasi komponen-komponen individualnya. Dalam kromatografi, molekul dipisahkan dengan melarutkan campuran dalam fase gerak (misalnya, buffer) dan melewatkannya melalui fase diam (misalnya, manik-manik kromatografi). Mereka semua memiliki fase diam (padat, atau cair yang di dukung pada padat) dan fase gerak (cairan atau gas). Fase gerak mengalir melalui fase diam dan membawa komponen-komponen campuran dengannya. Komponen yang berbeda berjalan dengan laju yang berbeda. Kromatografi digunakan untuk memisahkan campuran zat ke dalam komponennya.

Kromatografi lapis tipis (Thin-layer chromatography/TLC) merupakan teknik kromatografi yang berguna untuk memisahkan senyawa organik. Karena

kesederhanaan dan kecepatan TLC, sering digunakan untuk memantau kemajuan reaksi organik dan untuk memeriksa kemurnian produk. (Rosamah Enih, 2019).

2.6 Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa metabolit sekunder suatu bahan alam. Skrining fitokimia merupakan tahap pendahuluan yang dapat memberikan gambaran mengenai kandungan senyawa tertentu dalam bahan alam yang akan diteliti. Skrining fitokimia dapat dilakukan, baik secara kualitatif, semi kuantitatif, maupun kuantitatif sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Metode skrining fitokimia secara kualitatif dapat dilakukan melalui reaksi warna dengan menggunakan suatu pereaksi tertentu. Hal penting yang mempengaruhi dalam proses skrining fitokimia adalah pemilihan pelarut dan metode ekstraksi. Pelarut yang tidak sesuai memungkinkan senyawa aktif yang diinginkan tidak dapat tertarik secara baik dan sempurna (Kristianti et al., 2008).

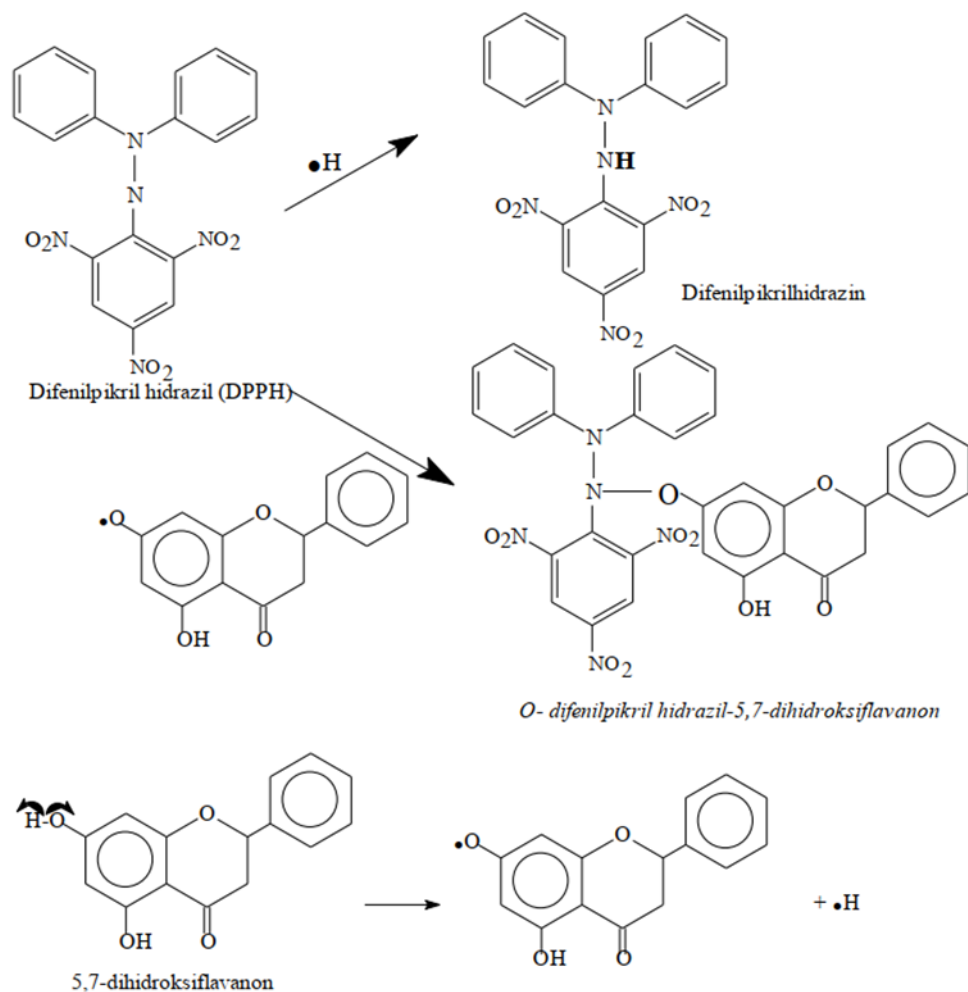
2.7 Metode Uji Antioksidan

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menunda, memperlambat, dan mencegah proses oksidasi lipid. Antioksidan bekerja dengan cara menangkap radikal bebas sehingga tidak memiliki kesempatan untuk menempel dan merusak DNA (Kumalaningsih, 2006). Antioksidan cenderung bereaksi dengan radikal bebas terlebih dahulu dibandingkan dengan molekul yang lain karena antioksidan bersifat sangat mudah teroksidasi atau bersifat reduktor kuat dibanding dengan molekul yang lain. Jadi keefektifan antioksidan bergantung dari seberapa kuat daya oksidasinya dibanding dengan molekul yang lain. Semakin mudah teroksidasi maka semakin efektif antioksidan tersebut (Anonim, 2010).

Salah satu pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui aktivitas antioksidan pada suatu bahan adalah dengan mengetahui aktivitas reduksi terhadap senyawa radikal. DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl), DPPH adalah senyawa radikal yang dapat digunakan sebagai indikator proses reduksi senyawa antioksidan (Alam et al., 2013). Prinsip pengujiannya adalah dengan mereaksikan

senyawa antioksidan dengan senyawa radikal bebas. Mekanisme pengujian aktivitas antioksidan ini adalah melihat senyawa radikal bebas yang dapat direduksi oleh sampel (Chanda dan Dave, 2009).

Senyawa DPPH adalah senyawa radikal bebas yang stabil yang dapat bereaksi dengan atom hidrogen yang berasal dari suatu antioksidan membentuk DPPH tereduksi. (Kubo et al., 2002 dalam Radianti 2005). Reaksi DPPH dengan antioksidan alami dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut



Gambar 2.3 Reaksi DPPH dengan Antioksidan Alami (Parwata,2016)

Senyawa 5,7-dihidroksiflavanon mengalami reaksi hidrasi, sehingga kehilangan atom H yang membawa 1 elektron bebas dan membawa antioksidan.

Dua senyawa ini akan tersubstitusi kedalam DPPH dikarenakan adanya pasangan elektron bebas oleh atom N yang dapat digunakan untuk berikatan. DPPH yang tersubstitusi atom H akan menghasilkan senyawa difenilpikrilhidrasin, sedangkan substitusi senyawa antioksidan 5,7-dihidroksiflavanon akan menghasilkan O-difenilpikrilhidrasil-5,7-dihidroksiflavanon.

Radikal bebas DPPH yang memiliki electron tidak berpasangan memberikan warna ungu dan menghasilkan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 517 nm. Warna akan berubah menjadi warna kuning saat elektron berpasangan. Pengurangan intensitas warna yang terjadi berhubungan dengan jumlah elektron DPPH yang menangkap atom hidrogen. Pengurangan intensitas warna mengindikasikan peningkatan kemampuan antioksidan untuk menangkap radikal bebas. Dengan kata lain, aktivitas antioksidan diperoleh dengan menghitung jumlah pengurangan intensitas warna ungu DPPH yang sebanding dengan pengurangan konsentrasi larutan DPPH melalui pengukuran absorbansi larutan uji (Prakash, 2001)

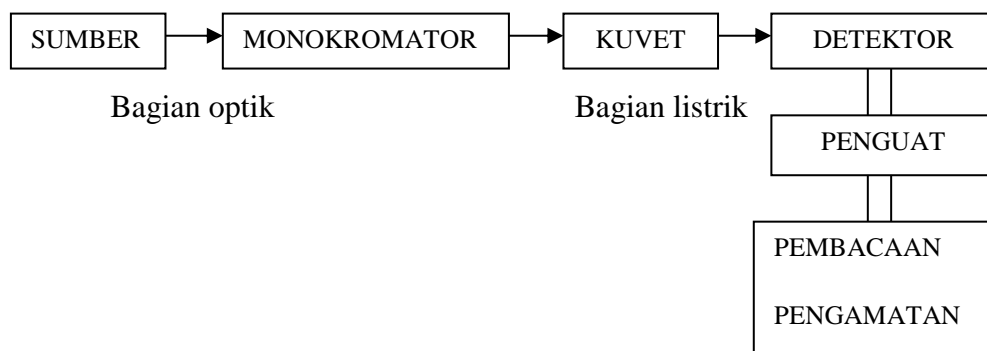
2.8 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, dan diemisikan sebagai fungsi dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang di absorpsi (Khopkar, 2008: 184).

Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisi, direfleksikan atau dieliminasi sebagai fungsi dari panjang gelombang. Kelebihan spektrofotometer dibandingkan fotometer adalah panjang gelombang dari sinar putih dapat lebih selektif dan ini diperoleh dengan alat pengurai seperti prisma, grating ataupun celah optis. Spektrofotometer juga tersusun atas sumber spektrum yang kontinu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat untuk mengukur suatu perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembanding (Khopkar 2008: 215-216).

Berikut adalah Mekanisme kerja dari spektrofotometri UV-Vis (Rohman & Gholib, 2007: 262). Sumber radiasi yang berasal dari lampu filament tungsten maupun lampu deuterium diteruskan melalui lensa menuju ke monokromator dan diubah dari cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas – berkas cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada sampel, sehingga menyebabkan cahaya ada yang diserap (diabsorpsi) dan ada yang dilewatkan. Cahaya yang dilewatkan ini kemudian diterima oleh detektor. Detektor selanjutnya akan menghitung cahaya yang diterima dan mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel sehingga akan diketahui konsentrasi zat dalam sampel secara kuantitatif.

Unsur-unsur terpenting suatu spektrofotometer ditunjukkan secara skematik dalam gambar berikut:



Berikut ini adalah uraian bagian-bagian spektrofotometer:

1. Sumber-sumber lampu; lampu deuterium digunakan untuk daerah UV pada panjang gelombang dari 190-350 nm, sementara lampu halogen kuarsa atau lampu tungsten digunakan untuk daerah visibel (pada panjang gelombang antara 350-900 nm).
2. Monokromator: digunakan untuk memperoleh sumber sinar yang monokromatis. Alatnya dapat berupa prisma ataupun grating. Untuk mengarahkan sinar monokromatis yang diinginkan dari hasil penguraian.
3. Kuvet: Pada pengukuran di daerah tampak, kuvet kaca atau kuvet kaca corex dapat digunakan, tetapi untuk pengukuran pada daerah UV kita harus menggunakan sel kuarsa karena gelas tidak tembus cahaya pada daerah ini.

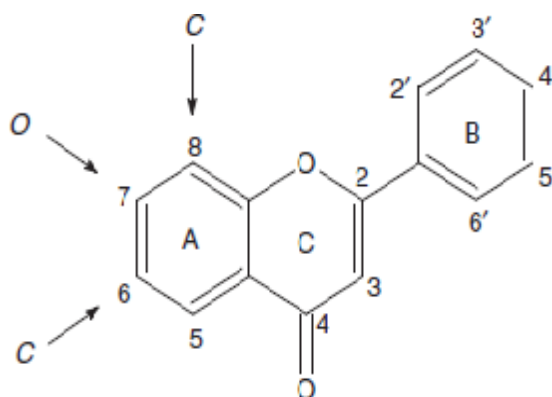
Umumnya tebal kuvet adalah 10 mm, tetapi yang lebih kecil ataupun yang lebih besar dapat digunakan. Sel yang biasa digunakan berbentuk persegi, tetapi bentuk silinder dapat juga digunakan. Kuvet yang bertutup digunakan untuk pelarut organik. Sel yang baik adalah kuarsa atau gelas hasil leburan yang homogen.

4. Detektor: Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang.
5. Suatu amplifier (penguat) dan rangkaian yang berkaitan yang membuat isyarat listrik dapat untuk diamati. Sistem pembacaan yang memperlihatkan besarnya isyarat listrik.

2.9 Metabolit Sekunder

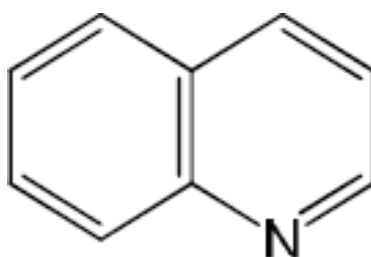
Metabolit sekunder diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu terpenoid, fenolik, dan alkaloid (Bizzo et al., 2012). Senyawa metabolit sekunder tidak berperan langsung untuk kehidupan tumbuhan namun berperan dalam interaksi sel dengan lingkungannya, seperti untuk perlindungan tanaman melawan tekanan biotik dan abiotik. Metabolit sekunder biasanya digunakan sebagai bahan obat-obatan, perasa, wewangian, insektisida dan lain-lain (Pagare et al., 2015). Metabolit sekunder dibentuk oleh tanaman di luar jalur biosintesis karbohidrat dan protein. Jalur pembentukan metabolit sekunder ada tiga, yaitu jalur asam malonat contohnya palmitat, oleat, linoleat. Jalur asam mevalonat contohnya steroid, terpenoid, saponin. Dan jalur asam sikhimat contohnya, fenol, asam benzoic, lignin, tanin, quinon (Mariska, 2015).

Flavonoid turunan dari senyawa fenolik termasuk kelompok senyawa metabolit sekunder yang terbesar dan paling luas karena memiliki 6500 lebih kelas. Struktur senyawa flavonoid terlihat pada Gambar 2.4. Pembagian subkelas flavonoid berdasarkan pada sifat strukturalnya. Golongan utama dari kelas flavonoid yaitu flavon, isoflavon, flavanon, flavonol, kalkon, antosianin (Corradini et al., 2011). Beberapa senyawa flavonoid memiliki aktifitas sebagai antibakteri, antioksidan, dan antiinflamatori (Arifin & Ibrahim, 2018).



Gambar 2.4 Struktur Flavonoid (Corradini *et al.*, 2011)

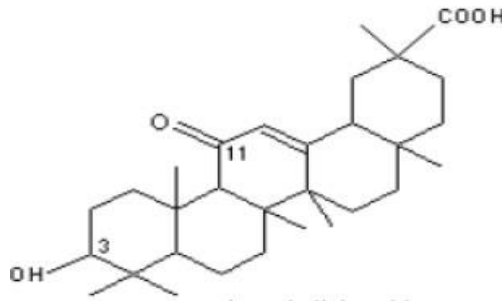
Senyawa alkaloid memiliki paling sedikit satu atom nitrogen. Struktur senyawa alkaloid terlihat pada Gambar 2.5. Turunan dari alkaloid antara lain adalah piridin, pirolidin, izoquinolon, fenetylamin, terpen, dan sebagainya (Cadar *et al.*, 2015). Senyawa alkaloid terutama indol dapat menghentikan reaksi radikal bebas. Selain itu turunan alkaloid yang juga memiliki aktivitas antioksidan adalah quinolone dan melatonin (Juniarti, 2011). Pada uji alkaloid dengan pereaksi meyer akan terbentuk endapan warna putih, sedangkan dengan pereaksi dragendorff akan terbentuk endapan berwarna jingga (Nugrahani *et al.*, 2016).



Gambar 2.5 Struktur Alkaloid (Nugrahani *et al.*, 2016).

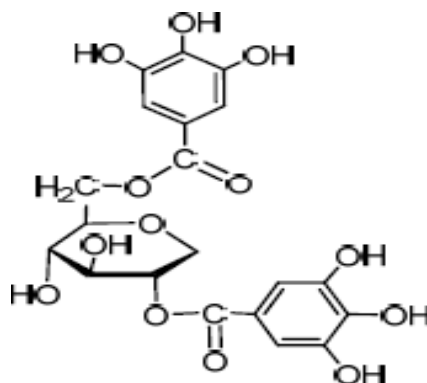
Senyawa saponin merupakan senyawa glikosida dari triterpen dan steroid yang terbentuk dari jalur mevalonat (saponin). Struktur senyawa saponin terlihat pada Gambar 2.6. Saponin tersebar merata pada bagian akar, batang, daun, dan buah. Senyawa saponin banyak dimanfaatkan sebagai antibakteri, antifungi, menurunkan konsentrasi kolesterol, dan menghambat sel tumor (Purnamaningsih, 2017). Senyawa saponin tersebar luas pada tanaman dan rata-

rata memiliki gugus $-OH$ (Bintoro *et al.*, 2017). Senyawa saponin akan menimbulkan busa jika dikocok dalam air, saponin larut dalam air dan alkohol tapi tidak larut dalam eter (Illing *et al.*, 2017).



Gambar 2.6 Struktur Saponin (Illing *et al.*, 2017).

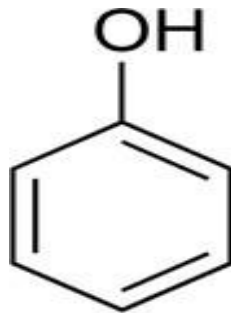
Kompleks senyawa polifenol yang terbagi menjadi dua kelompok yaitu tanin terhidrolisis dan tanin terkondensasi. Struktur senyawa tanin terlihat pada gambar 2.7. Dalam tumbuhan tanin memiliki peran sebagai antitumor, antibakteri, antioksidan (Okuda & Ito, 2011).



Gambar 2.7 Struktur Tanin (Okuda & Ito, 2011).

Senyawa fenolik adalah kelompok terbesar senyawa yang disintesis oleh buah-buahan, sayur, dan tanaman lain. Struktur senyawa fenol terlihat pada Gambar 2.8. Senyawa fenolik dibagi menjadi empat kelompok utama, yaitu fenolik dengan cincin aromatik, kuionon, dan polimer (Kabera *et al.*, 2014). Senyawa fenol memiliki satu gugus hidroksil pada penyusunnya. Senyawa fenol memiliki aktivitas antioksidan, semakin tinggi kandungan fenol suatu tanaman

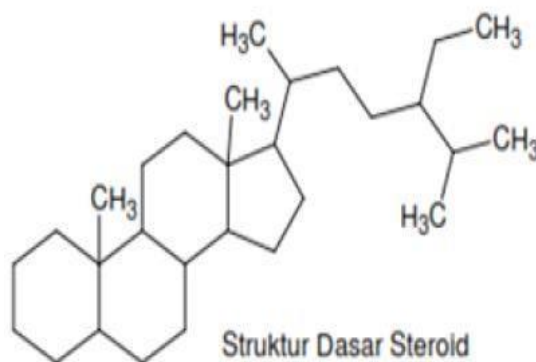
maka semakin kuat aktivitas antioksidannya (Badriyah, 2017).



Gambar 2.8 Struktur Fenol (Kabera *et al.*, 2014).

Terpenoid biasanya dimanfaatkan untuk pengobatan tradisional, selain itu terpenoid memiliki fungsi sebagai pertahanan terhadap tekanan biotik dan abiotik, sebagai antibakteri, antineoplastik, dan fungsi farmasi lainnya. Sifat umum dari terpenoid adalah larut dalam pelarut organik, merupakan senyawa tak jenuh, siklik, mengalami polimerisasi dan dehidrogenasi, mudah teroksidasi (Yadav *et al.*, 2014).

Steroid dibentuk oleh bahan alam yang disebut sterol dan berfungsi sebagai pelindung untuk menolak serangan dan serangan mikroba (Ningsih & Zuhasfair, 2016). Struktur steroid memiliki cincin siklopentana sebagai kerangka dasarnya. Pada umumnya steroid berfungsi sebagai hormon (Illing *et al.*, 2017). Struktur senyawa steroid terlihat pada Gambar 2.9.

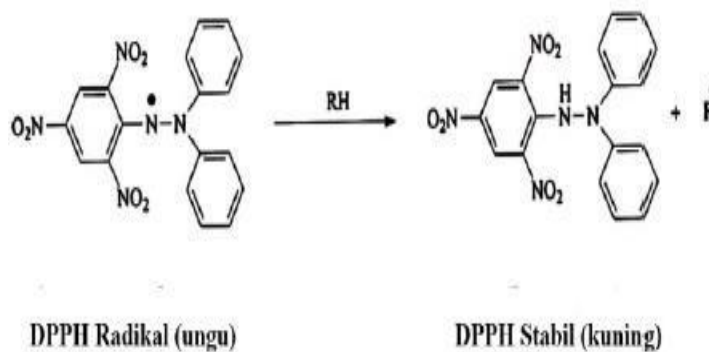


Gambar 2.9 Struktur Steroid (Illing *et al.*, 2017).

2.10 Antioksidan

Antioksidan dapat menetralkan radikal bebas. Antioksidan banyak ditemukan pada tumbuhan yang memiliki kandungan flavonoid dan polifenol yang tinggi (Yashin *et al.*, 2017). Antioksidan dapat mengurangi radikal bebas dengan cara menghambat ekspresi enzim penghasil radikal bebas (Lii *et al.*, 2010). Antioksidan dibedakan menjadi dua jenis yaitu antioksidan enzimatik contohnya adalah enzim katalase, superoksida dismutase, dan antioksidan non enzimatik contohnya vitamin C, vitamin E, karotenoid, dan flavonoid (Flora, 2009). Antioksidan alami dapat bersumber dari sayuran, buah-buahan, dedaunan, rempah-rempah, biji-bijian (Junaidi, 2007).

Aktivitas antioksidan diuji menggunakan larutan DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Uji DPPH digunakan untuk mengetahui aktivitas peredaman radikal bebas setelah diberikan senyawa antioksidan alami. DPPH adalah molekul radikal bebas berwarna ungu yang dapat berubah menjadi warna kuning jika direaksikan dengan antioksidan (Juniarti, 2011). Mekanisme perubahan warna pada DPPH terlihat pada gambar 2.10. Perubahan warna tersebut menunjukkan adanya aktivitas antioksidan karena donor elektron dari senyawa antioksidan sehingga DPPH tereduksi (Roshadi *et al.*, 2013).



Gambar 2.10 Mekanisme DPPH akseptor (Juniarti, 2011).

Pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan spektrofotometer untuk mengetahui absorbansi sampel dan menghitung persen inhibisi. Persen inhibisi digunakan untuk menentukan persentase hambatan suatu bahan terhadap radikal

bebas. Perhitungan persen inhibisi menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Inbisi} = \frac{A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Sampel}}}{A_{\text{Kontrol}}} \times 100$$

Nilai dari besarnya aktivitas antioksidan dinyatakan dengan nilai IC_{50} yang menunjukkan besarnya larutan sampel untuk dapat menghambat radikal bebas sebesar 50%. IC_{50} dihitung menggunakan rumus persamaan regresi linier yang diperoleh dari kurva hubungan antara persen inhibisi terhadap konsentrasi sampel. (Wahdaningsih *et al.*, 2011). Nilai IC_{50} dihitung dengan persamaan berikut :

$$Y = A(X) + B$$

Nilai X merupakan nilai IC_{50} dan Y bernilai 50, dari persamaan tersebut dapat diketahui aktivitas antioksidan pada sampel. Nilai dari aktivitas antioksidan dibedakan menjadi 4 level, yaitu aktivitas lemah dengan nilai IC_{50} 250-500 ppm, aktivitas sedang dengan nilai IC_{50} 100-250 ppm, aktivitas kuat dengan nilai IC_{50} 50- 100 ppm, dan aktivitas sangat kuat jika nilai $IC_{50} < 50$ ppm (Hanin & Pratiwi, 2017).