

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

2.1.1 Sejarah Kopi

Kopi pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang Darwish (sufi) bernama Kaldi. Ia memperhatikan bahwa kambing-kambing yang digembalakannya menjadi lebih energik setelah memakan buah dari semak-semak beri tertentu. Tertarik dengan fenomena tersebut, Kaldi pun mencoba buah tersebut dan merasakan rasa pahit, namun ia juga merasakan peningkatan energi dan detak jantungnya yang lebih cepat. Kopi sejatinya dikenali di era Arab, yakni Abisinia Etiopia, atau disebut ‘Habasyah’ dalam istilah Arab. Barulah setelah itu, ia baru dikenal luas di semenanjung Arabia (*Taqiyuddin et al.*, 2021)

Kopi tiba di Indonesia melalui beberapa jalur perdagangan. Pendapat paling populer berdasarkan bukti catatan Belanda, menyatakan bahwa kopi baru dibawa ke Indonesia pada kurun abad ke-17. Kopi bukan merupakan tanaman asli kepulauan Indonesia. Pada akhir abad 16 saat Indonesia masih di bawah jajahan Belanda, VOC membawa tanaman kopi Arabika ke dalam negara ini. Mereka tertarik untuk meruntuhkan monopoli Arab terhadap perdagangan kopi dunia. Pemerintah kolonial Belanda pertama kali menanam bibit kopi di sekitar Batavia (Jakarta), sampai ke daerah Sukabumi dan Bogor. Kemudian karena semakin tingginya permintaan pasar, mulai didirikan perkebunan kopi di Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan beberapa daerah di Sumatra dan Sulawesi (*Gumulya & Helmi*, 2017).

2.1.2 Taksonomi dan Morfologi Tanaman Kopi

Morfologi tanaman kopi menurut *Wardana et al.*, 2023 yaitu memiliki sistem akar tanaman ini berbentuk tunggang dan dangkal, dengan akar yang menyebar luas untuk memaksimalkan penyerapan air serta nutrisi. Batang kopi bersifat tegak dan berkayu, dengan dua jenis cabang: ortotrop yang tumbuh vertikal dan plagiotrop yang tumbuh horizontal. Cabang plagiotrop inilah yang menghasilkan bunga dan buah. Daun tanaman berbentuk lonjong, tebal, dan berwarna hijau gelap, tumbuh

berpasangan sepanjang batang dan cabang. Bunga kopi muncul dalam kelompok di ketiak cabang, memiliki mahkota berwarna putih dengan aroma yang harum, dan biasanya mulai tumbuh setelah tanaman berumur dua tahun. Buah kopi yang awalnya berwarna hijau akan berubah menjadi merah saat matang. Buah ini memiliki beberapa lapisan pelindung biji, yaitu eksokarp, mesokarp, dan endokarp.



Gambar 2.1 Tumbuhan Kopi Arabika (*Coffea Arabica*)
(Dokumen pribadi)

Klasifikasi tanaman kopi menurut ITIS sebagai berikut

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Sub Kelas	: <i>Asteridae</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i>
Genus	: <i>Coffea L.</i>
Spesies	: <i>Coffea arabica L</i>

Kopi arabika (*Coffea arabica L*), kopi robusta (*Coffea canephora* var, robusta) Kopi liberika (*Coffea liberica*), Kopi excelsa (*Coffea excelsa*)

2.1.3 Jenis- Jenis Kopi

Di Indonesia dan di dunia secara umum menanam bibit Arabika dan Robusta. Hampir 90% produksi kopi di Indonesia berjenis Robusta. Namun dari jumlah produksi arabika yang sedikit ini, kopi Indonesia berjaya. Indonesia terkenal dengan kopi Arabikanya yang intense dan rasanya yang unik. Kopi-kopi Arabika Indonesia inilah yang menduduki jajaran kopi terbaik dunia (Gumulya & Helmi, 2017).

	Arabika	Robusta
Sifat Tanaman	Adaptif dengan lingkungan dan menangkap intisari mineral yang ada dalam tanah	Tidak seadaptif arabika
Kekuatan	Lemah pada penyakit dan harus dirawat dengan teliti	Kuat terhadap penyakit dan perawatannya lebih mudah
Rasa	Lebih bervariasi dan kaya, tergantung dari jenis tanah tempat dia ditanam.	Lebih pahit karena Tingkat kafein yang lebih tinggi dari arabika.

Tabel 2.1 Tabel perbedaan kopi arabika dan robusta

Indonesia memiliki tiga daerah utama penghasil kopi, yaitu Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Jawa merupakan daerah dengan produksi kopi terbesar dan terkenal dengan kopi Arabika yang memiliki cita rasa yang tinggi. Selain itu, Jawa juga dikenal sebagai penghasil salah satu kopi tertua dan terbaik di dunia, yaitu *Old Java* (Taqiyuddin *et al.*, 2021).

Tanaman kopi arabika di Indonesia cocok dikembangkan di daerah-daerah dengan ketinggian antara 800-1700 mdpl dan dengan suhu rata-rata 15-24 °C. Pada suhu 25 °C kegiatan fotosintesis tumbuhan akan menurun dan akan berpengaruh langsung pada hasil kebun. Tanaman kopi sangat sensitif terhadap kelembaban udara. Kelembaban udara yang ideal yaitu antara 70-89%. Selain itu tanaman kopi juga sensitif terhadap curah hujan, ada saat dimana tanaman kopi membutuhkan hujan yang cukup banyak yaitu pada saat perkembangan biji, dan ada pula saat dimana curah hujan tidak terlalu banyak dibutuhkan yaitu pada saat berbunga dan perkembangan buah, karena hujan dengan intensitas tinggi akan menyebabkan bunga rontok dari tanaman (Fadri, Sayuti, *et al.*, 2022).

2.1.4 Senyawa Pada Kopi

Senyawa kimia dalam biji kopi dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu senyawa volatil dan non-volatile. Senyawa volatil adalah metabolit sekunder yang memiliki sifat mudah menguap, dengan beberapa kelompok senyawa seperti derivatif asam lemak, terpenoid, dan fenol. Sifat volatil ini memberikan kontribusi besar terhadap aroma khas kopi. Sebaliknya, senyawa non-volatile lebih stabil dan berperan penting dalam menentukan mutu kopi. Senyawa ini meliputi kafein, asam klorogenat, hidrokarbon alifatik, asam organik, alkohol, tiol, furan, piridin, quinon, fenol (dari asam alifatik), dan amin aromatik. Meskipun tidak beraroma, senyawa non-volatile memberikan rasa, kualitas, serta manfaat fungsional kopi (Vezzulli *et al.*, 2023).

Hasil skrining fitokimia yang dilakukan oleh Fadri, Roza, *et al.*, 2022 diketahui bahwa kopi arabika mengandung senyawa tanin, alkaloid, saponin, flavonoids, dan steroid. Senyawa ini diketahui memiliki aktivitas antioksidan, antitumor, antivirus, dan antibiotik. Kopi dikenal tidak hanya karena aroma dan rasanya yang unik, tetapi juga karena manfaat kesehatannya. Manfaat tersebut berasal dari senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya.

Biji kopi mengandung senyawa polifenol yang memiliki sifat antioksidan yang kuat, terutama yang berasal dari kelompok asam fenolat seperti asam klorogenat, kafein, kumarin, dan asam sinaptik. Senyawa-senyawa ini memainkan peran penting dalam menentukan kualitas biji kopi, yang mencakup rasa, aroma, serta manfaat bagi kesehatan. Kadar polifenol dalam biji kopi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis kopi, metode pengolahan, dan tempat tumbuhnya. Asam klorogenat, yang merupakan polifenol dominan dalam kopi, memberikan kontribusi besar terhadap aktivitas antioksidan kopi (Fadri, Roza, *et al.*, 2022).

Komposisi kimia biji kopi dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti jenis spesies dan varietasnya, serta kondisi lingkungan tempat tumbuh, tingkat kematangan, cara penyimpanan, dan metode pengolahan. Sebagai contoh, proses penyangraian dapat mengubah komponen-komponen dalam kopi, menghasilkan senyawa baru yang lebih kompleks (Fadri, Sayuti, *et al.*, 2022).

2.2 Roasting Kopi

Salah satu proses yang penting untuk mendapatkan cita rasa kopi adalah proses roasting atau penyangraian kopi. Roasting merupakan proses penting untuk menghasilkan karakteristik dari kopi, seperti aroma, rasa, dan warna, yang akan menentukan kualitasnya. Tujuan roasting biji kopi adalah mensintesakan senyawa-senyawa pembentuk cita rasa dan aroma khas kopi yang ada didalam biji kopi. Selama penyangraian, terdapat tiga tahap utama, yaitu penguapan air, penguapan senyawa volatil, dan reaksi pirolisis (Fadri, Sayuti, *et al.*, 2022)

Selama proses roasting, biji kopi mengalami perubahan warna, mulai dari hijau atau cokelat muda menjadi cokelat kayu manis, hingga akhirnya menjadi hitam dengan permukaan berminyak. Setelah itu, kopi segera diangkat dan didinginkan. Kesempurnaan proses roasting dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu suhu dan durasi. (Afriliana, 2018) Durasi roasting bervariasi tergantung pada jenis alat dan kualitas kopi. Proses roasting tertutup, yang umum dilakukan industri, menghasilkan kopi dengan aroma tajam namun rasa sedikit asam akibat air dan asam volatil yang terperangkap. Suhu roasting juga memengaruhi cita rasa ekstrak kopi. Dalam proses roasting terdapat perubahan yang terjadi yaitu:

1. Perubahan fisik

Perubahan fisik meliputi beberapa aspek, salah satunya adalah kadar air. Selama proses roasting, panas menyebabkan penguapan air yang terkandung dalam biji kopi, sehingga mengurangi berat total biji kopi. Tekstur biji kopi juga berubah, di mana kadar air, suhu, serta durasi roasting memengaruhi tingkat kekerasan. Semakin tinggi suhu, biji kopi menjadi lebih rapuh. Selain itu, terjadi perubahan warna yang disebabkan oleh perubahan pigmen alami dalam biji kopi akibat paparan panas. Karamelisasi gula selama proses ini juga berkontribusi pada warna cokelat tua khas biji kopi yang telah disangrai.

2. Perubahan kimia

Perubahan kimia selama roasting berkaitan erat dengan pembentukan rasa pada kopi. Proses ini melibatkan degradasi berbagai senyawa kimia, seperti karbohidrat, alkaloid, asam klorogenat, senyawa volatil, dan trigonellin. Perubahan senyawa-senyawa ini menciptakan profil rasa unik yang menjadi ciri khas kopi hasil roasting.

Menurut *National Coffee Association* dalam Tyas,2022 , proses roasting kopi memiliki beberapa tingkat kematangan, yaitu:

1. *Light Roast*

Pada tingkat kematangan *light roast*, rasa kopi cenderung asam, dan aroma khas kopi yang dihasilkan kurang terasa. Biji kopi mulai berubah warna menjadi coklat terang karena proses *roasting* yang singkat. Pada tingkat ini, kopi masih berkarakter kering dan minyaknya belum terlihat. Suhu *roasting* berkisar antara 180°C hingga 210°C, dengan ciri retakan pertama pada biji kopi.

2. *Medium Roast*

Pada *medium roast*, rasa kopi cenderung manis dengan aroma yang tajam. Biji kopi cenderung berwarna coklat gelap, namun belum terlihat berminyak. Suhu *roasting* berada pada kisaran 225°C hingga 235°C, setelah retakan pertama dan sebelum retakan kedua. Pada tingkat ini, kandungan kafein lebih rendah dibandingkan dengan *light roast*, dan jenis kematangan ini sering digunakan.

3. *Dark Roast*

Pada *dark roast*, biji kopi cenderung berwarna hitam dan mulai berminyak, dengan rasa yang cenderung pahit. Kematangan pada tingkat ini terjadi pada suhu sekitar 240°C hingga 250°C, dengan ditandai oleh retakan kedua pada biji kopi.

Proses pemanasan dengan cara penyangraian dilakukan terhadap biji kopi dengan menggunakan suhu yang sesuai. Kemudian dihaluskan dan diayak hingga diperoleh ukuran 100 mesh. Hal ini dilakukan untuk tujuan homogenisasi, yaitu memperoleh ukuran yang seragam. Selain itu, penghalusan bertujuan untuk memperluas permukaan serbuk kopi agar senyawa-senyawa yang terkandung di dalam serbuk kopi dapat terekstrak secara maksimal (Wardana *et al.*, 2023)

Penggilingan biji kopi dapat dilakukan dengan atau tanpa penambahan bahan lain, asalkan tidak mengurangi cita rasa kopi. Untuk memastikan keamanan dan kelayakan produk, diperlukan standar mutu kopi bubuk. Standar tersebut dibagi menjadi dua kategori, yaitu kopi bubuk murni dan kopi bubuk dengan bahan tambahan. SNI kopi bubuk 01-3542-2004 adalah standar yang diterapkan untuk semua produk kopi bubuk. Penerapan standar ini bertujuan untuk menjamin kualitas

produk yang memberikan manfaat bagi produsen, konsumen, dan pemerintah. (Tyas, 2022)

2.3 Ekstraksi

2.3.1 Pengertian

Ekstraksi atau penyarian adalah metode yang digunakan untuk memisahkan suatu zat dari campurannya dengan menambahkan pelarut, baik organik maupun anorganik, sesuai dengan jenis metabolit yang ingin diisolasi. Kecepatan penyarian dipengaruhi oleh polaritas pelarut dan zat terlarut, suhu penyarian, pengadukan, dan lamanya waktu penyarian (Nurani *et al.*, 2024) ekstraksi ini merupakan langkah awal dalam isolasi analit alami yang diinginkan dari bahan mentah dan memiliki peran penting dalam penelitian awal produk berbasis bahan alam.

2.3.2 Metode Ekstraksi

Metode ekstraksi senyawa dari tanaman didasarkan pada sifat fisika dan kimia senyawa yang terdapat di dalamnya. Proses ekstraksi dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu metode dingin dan metode panas. Metode dingin mencakup teknik seperti maserasi, maserasi bertingkat, dan perkolasai. Sementara itu, metode panas meliputi infusasi, dekokta, ekstraksi menggunakan alat soxhlet, dan destilasi.

1. Maserasi

Maserasi adalah metode tradisional untuk mengekstraksi metabolit sekunder dari bahan tanaman menggunakan pelarut. Maserasi bertujuan untuk menarik zat-zat berkhasiat yang tahan pemanasan maupun yang tidak tahan pemanasan. Secara teknologi maserasi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian konsentrasi pada keseimbangan. (Prasetyo, 2015). Prosesnya melibatkan perendaman bahan tanaman dalam pelarut, biasanya pelarut organik seperti etanol atau metanol, dalam jangka waktu lama, biasanya beberapa hari hingga minggu. (Nurani *et al.*, 2024)

2. Perkolasi

Perkolasi adalah ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru dan sempurna dengan temperatur ruangan. Prinsip perkolasai adalah dengan menempatkan serbuk simplisia pada suatu bejana silinder, yang bagian bawahnya diberi sekat berpori. Proses terdiri dari tahap pengembangan bahan, tahap maserasi, tahap perkolasai

sebenarnya, terus menerus sampai diperoleh ekstrak perkolat yang jumlahnya 1-5 kali bahan. (Prasetyo, 2015) Metode perkolasian digunakan untuk mengekstrak metabolit sekunder, seperti rasa, wewangian, dan pigmen, dari sumber alami seperti tumbuhan, buah-buahan, dan rempah-rempah.

3. Digesti

Digesti merupakan bentuk dari ekstrasi menggunakan cara maserasi tetapi dilakukan dengan pemanasan selama prosesnya.

4. Reflux

Dalam (Prasetyo, 2015) Refluks adalah ekstraksi dengan pelaurt pada temperature titik didihnya, selama waktu dan jumlah pelarut tertentu yang relatif konstan dengan adanya pendingin balik. Pada umumnya dilakukan tiga sampai lima kali pengulangan proses pada rafinat pertama. Kelebihan metode refluks adalah padatan yang memiliki tekstur kasar dan tahan terhadap pemanasan langsung dapat diekstrak dengan metode ini. Kelemahan metode ini adalah membutuhkan jumlah pelarut yang banyak

5. Soxhlet

Dalam (Prasetyo, 2015) ekstraksi menggunakan soxhlet dengan pelarut cair salah satu metode yang paling baik digunakan dalam memisahkan senyawa bioaktif dari alam. Alat soxhlet adalah suatu sistem penyarian berulang dengan pelarut yang sama yang menggunakan proses sirkulasi perubahan uap-cair dari pelarut dengan pemanasan. Ekstraksi dengan alat soxhlet merupakan ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru, umumnya dilakukan menggunakan alat khusus sehingga terjadi ekstraksi konstan dengan adanya pendingin balik (kondensor).

6. Infus

Infus merupakan metode penyarian dengan cara menyari simplisia dengan panci infus dalam air pada suhu 90°C dalam waktu 15 menit. Infus umum dilakukan untuk menyari senyawa polar tahan panas yang larut dalam air.

7. Dekokta

Dekokta merupakan metode penyarian dengan cara menyari simplisia dengan panci infus dalam air pada suhu 90°C dalam waktu 30 menit.

8. Destilasi

Penyulingan (distilasi) merupakan proses pemisahan komponen dapat berupa cairan atau padatan yang dibedakan berdasarkan titik didih dari masing-masing zat tersebut. Dalam industri minyak atsiri dikenal tiga macam metode penyulingan, yaitu:

- a. Distilasi air (*water distillation*).
- b. Distilasi kukus (*steam and water distillation*).
- c. Distilasi uap (*steam distillation*).

2.4 Antioksidan

2.4.1 Pengertian

Menurut Kesuma, 2015 senyawa antioksidan secara kimia berfungsi sebagai pemberi elektron (elektron donor). Secara biologis, antioksidan didefinisikan sebagai senyawa yang mampu menetralisir atau mengurangi efek negatif dari oksidan. Mekanisme kerja antioksidan adalah dengan menyumbangkan satu elektron kepada senyawa oksidan sehingga aktivitas senyawa tersebut dapat ditekan. Antioksidan sangat penting bagi tubuh karena berperan dalam melindungi tubuh dari serangan radikal bebas. Antioksidan adalah senyawa atau komponen kimia yang, dalam jumlah tertentu, mampu memperlambat atau mencegah kerusakan yang disebabkan oleh proses oksidasi.

Radikal bebas adalah molekul atau senyawa yang memiliki elektron tidak berpasangan pada orbit terluarnya, membuatnya sangat reaktif dan tidak stabil. Molekul ini cenderung bereaksi dengan zat lain, seperti protein, lemak, dan DNA, untuk menstabilkan dirinya. Akumulasi radikal bebas dalam tubuh dapat merusak jaringan dan memicu berbagai penyakit akibat serangan terhadap senyawa rentan, seperti lipid dan protein (Kesuma, 2015).

Fungsi utama antioksidan adalah menghambat proses oksidasi, baik dalam makanan maupun tubuh. Dalam makanan, antioksidan berperan mencegah oksidasi lemak dan minyak, memperlambat kerusakan, meningkatkan stabilitas lemak, memperpanjang umur simpan, serta menjaga kualitas sensori dan nutrisi. Dalam tubuh, antioksidan membantu mencegah proses oksidasi berlebih yang dapat memicu penyakit degeneratif dan penuaan dini (Kesuma, 2015). Dalam Bahriul *et*

al., 2014 aktivitas antioksidan suatu senyawa dapat dikategorikan berdasarkan nilai IC₅₀ yang diperoleh dalam pengujian. Secara umum, semakin kecil nilai IC₅₀, semakin kuat kemampuan antioksidan dalam menangkal radikal bebas. Klasifikasi aktivitas antioksidan berdasarkan nilai IC₅₀ adalah sebagai berikut :

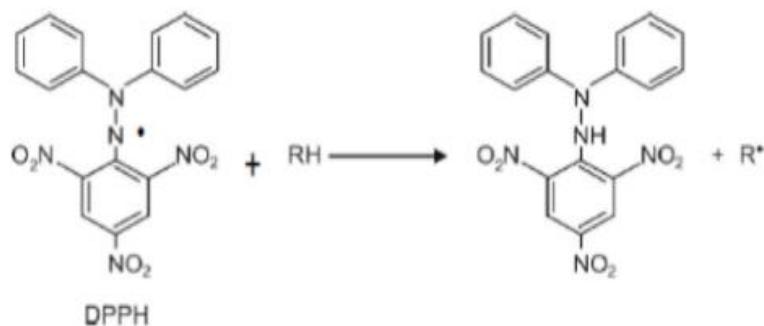
Intensitas	Rentang Nilai IC ₅₀ (ppm)
Sangat Kuat	IC ₅₀ < 50
Kuat	50 ≤ IC ₅₀ < 100
Sedang	100 ≤ IC ₅₀ < 150
Lemah	150 ≤ IC ₅₀ < 200
Sangat Lemah	IC ₅₀ ≥ 200

Tabel 2.2 Aktivitas Antioksidan

2.1.1 Metode pengujian

1. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

Metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) didasarkan pada prinsip reaksi oksidasi-reduksi, di mana DPPH, sebagai radikal bebas, bereaksi dengan antioksidan melalui dua mekanisme utama donasi atom hidrogen dan donasi elektron. Dalam proses ini, DPPH yang bersifat radikal akan menerima atom hidrogen dari senyawa antioksidan untuk membentuk pasangan elektron, sehingga mengurangi sifat radikalnya (Aryanti et al., 2021)



Gambar 2.2 Radikal Bebas DPPH dengan Antioksidan

sumber : (N. F. Utami, 2020)

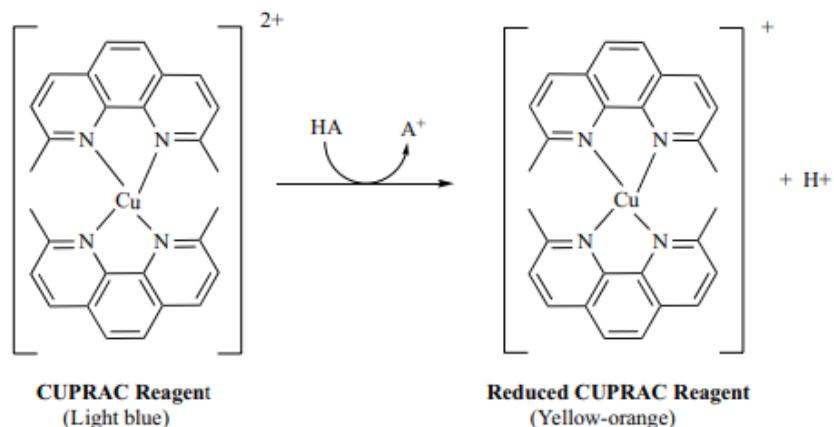
Perubahan warna pada larutan DPPH, yang awalnya ungu pekat, menjadi lebih terang atau bahkan kuning menunjukkan tingkat aktivitas

antioksidan dalam sampel. Perubahan ini dapat diukur secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm (Pratiwi *et al.*, 2023).

Metode DPPH sering digunakan untuk menilai aktivitas antioksidan bahan alam karena kesederhanaannya. Teknik ini dikenal cepat, mudah dilakukan, dan cocok untuk skrining kemampuan penangkapan radikal bebas pada berbagai senyawa. Selain itu, metode DPPH telah terbukti efektif, praktis, dan memberikan hasil yang akurat dalam mengevaluasi potensi antioksidan (Aryanti *et al.*, 2021).

2. Cupric Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)

Pengujian antioksidan dilakukan juga dengan metode CUPRAC merupakan salah satu metode untuk melihat daya antioksidan senyawa-senyawa polifenol, dan Vitamin E yang dikenal mudah untuk dilakukan dan berbiaya rendah (Toga Nugraha, 2017). Dalam Aryanti *et al.*, 2021 metode CUPRAC (*Cupric Reducing Antioxidant Capacity*) didasarkan pada proses reduksi-oksidasi yang sederhana, di mana antioksidan mendonorkan elektron untuk mereduksi ion cupric (Cu^{2+}) menjadi cuprous (Cu^+). Proses ini memungkinkan pengukuran kapasitas antioksidan melalui reaksi kimia. Dalam metode ini, digunakan pereaksi Cu (II)-neokuproin ($\text{Cu}^{2+}-(\text{Nc})_2$) sebagai oksidator sekaligus agen pengkhelat. Reagen ini dikenal sebagai pereaksi yang selektif karena memiliki nilai potensial reduksi yang rendah, sehingga cocok untuk mengukur kapasitas antioksidan.



Gambar 2.3 Senyawa Antioksidan dengan Reaksi CUPRAC

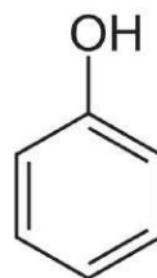
Sumber : (Gulcin, 2020)

Metode CUPRAC memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode pengukuran antioksidan lainnya. Reagen CUPRAC bekerja dengan cepat dalam mengoksidasi antioksidan jenis tiol, menunjukkan efisiensi waktu dalam pengukuran (Maryam *et al.*, 2016) Selain itu, reagen ini cukup selektif karena memiliki nilai potensial reduksi yang rendah, cepat, pereaksi lebih stabil, dapat digunakan untuk antioksidan yang bersifat hidrofilik atau lipofilik dalam pH fisiologis, selain itu metode ini mudah, sederhana, terpercaya, dengan sedikit biaya yang dibutuhkan (Aryanti *et al.*, 2021).

Aktivitas antioksidan ditandai secara kualitatif dengan perubahan warna menjadi kuning kecoklatan, yang menunjukkan pembentukan kompleks Cu⁺-neokuproin. (Maryam *et al.*, 2016) Hasilnya dapat diukur secara kuantitatif pada panjang gelombang 450 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

2.4.2 Fenolik

Fenol adalah senyawa alami dari tumbuhan yang umumnya tersimpan di dalam vakuola sel dan memiliki struktur dasar berupa cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil (-OH). Flavonoid termasuk kelompok fenol terbesar, selain itu terdapat juga senyawa penting lainnya seperti lignin, tanin, dan melanin (Tambun *et al.*, 2016)



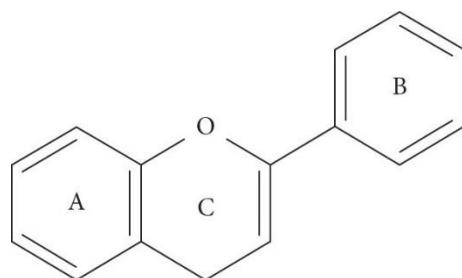
Gambar 2.4 Struktur senyawa fenol

Secara struktur, fenol ditandai dengan adanya gugus hidroksil yang langsung terikat pada cincin aromatik, dan jumlah gugus ini berperan besar dalam menentukan aktivitas antioksidannya (Pallawagau *et al.*, 2019) Senyawa fenolik bisa berupa bentuk sederhana hingga polimer yang kompleks. Polifenol, yang mengandung banyak gugus fenol, memiliki tingkat kelarutan beragam dan aktivitas biologis yang luas. Aktivitas

antioksidan senyawa fenol ditunjukkan dari kemampuannya menetralisir radikal bebas. Semakin tinggi persen penghambatan terhadap radikal DPPH, semakin kuat pula aktivitas antioksidan senyawa tersebut (Yenny & Suryani, 2020)

2.4.3 Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok senyawa metabolit sekunder yang paling melimpah dalam tumbuhan, dan dikenal memiliki berbagai aktivitas biologis, salah satunya sebagai antioksidan. Flavonoid termasuk dalam golongan fenol, yang memiliki struktur dasar berupa cincin aromatik dengan gugus hidroksil (-OH) pada posisi tertentu. Secara umum, flavonoid memiliki kerangka dasar berupa dua cincin aromatik (C₆) yang terhubung oleh satu unit tiga karbon (C₃), membentuk sistem C₆-C₃-C₆ (Hartanti *et al.*, 2021)



Gambar 2.5 Struktur senyawa flavonoid

Sumber : (Redha, 2021)

Aktivitas antioksidan flavonoid berasal dari kemampuannya dalam mendonorkan elektron atau atom hidrogen untuk menetralisir radikal bebas. Gugus hidroksil yang terikat pada cincin aromatik—khususnya pada posisi orto atau para—berperan besar dalam meningkatkan stabilitas radikal dan potensi antioksidan (Yenny & Suryani, 2020). Selain itu, flavonoid juga dapat mengikat logam transisi dan menghambat pembentukan radikal baru.

Jenis-jenis flavonoid yang umum ditemukan di antaranya adalah flavon, flavonol, isoflavon, flavanon, dan anthosianin. Quercetin adalah salah satu flavonol yang banyak dipakai sebagai senyawa standar dalam uji

kadar flavonoid karena memiliki aktivitas antioksidan tinggi dan sering ditemukan dalam berbagai jenis tanaman (Pallawagau *et al.*, 2019)

Dalam penelitian, kadar flavonoid total biasanya ditentukan menggunakan metode kompleksasi dengan aluminium klorida (AlCl_3), yang menghasilkan warna kuning atau jingga dan dapat diukur menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Kandungan flavonoid yang tinggi pada suatu ekstrak umumnya berbanding lurus dengan kekuatan aktivitas antioksidannya (Tambun *et al.*, 2016).

2.4.4 Analisis antioksidan

Spektrofotometri UV-Vis adalah metode untuk mengukur energi cahaya yang diserap oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang sinar ultraviolet (UV) berkisar antara 200-400 nm, sedangkan sinar tampak (*visible*) berada pada rentang 400-750 nm. Spektrofotometer UV-Vis digunakan terutama untuk analisis kuantitatif karena melibatkan interaksi energi elektronik dalam molekul yang dianalisis (Lolongan, 2020)

Interaksi antara senyawa organik dengan sinar ultraviolet dan sinar tampak dapat dimanfaatkan untuk menganalisis struktur molekulnya. Elektron-elektron dalam ikatan dan elektron bebas (nonikatan) merupakan bagian molekul yang paling mudah bereaksi dengan energi dari sinar tersebut. Ketika energi sinar ultraviolet atau sinar tampak mengenai molekul, elektron-elektron tersebut akan tereksitasi dari tingkat energi dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Proses eksitasi ini menghasilkan spektrum yang direkam sebagai panjang gelombang dan nilai absorbansi, bergantung pada jenis elektron dalam molekul yang dianalisis. Semakin mudah elektron tereksitasi, semakin besar panjang gelombang yang diserap, dan semakin banyak elektron tereksitasi, semakin tinggi nilai absorbansinya (Suhartati, 2017)

Prinsip kerja dari alat ini adalah sumber cahaya yang datang merupakan sinar polikromatis yang dilewatkan melalui monokromator sehingga menjadi sinar monokromatis yang kemudian diteruskan melalui sel yang berisi sampel. Sebagian sinar akan diserap oleh sel dan sebagian

lagi akan diteruskan ke fotosel yang berfungsi untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Energi listrik yang akan memberikan sinyal pada detektor yang kemudian akan diubah menjadi nilai serapan (absorbansi) dari zat yang dianalisa. (Miarti & Legasari, 2022)