

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Buah Jengkol (*Archidendron pauciflorum*)

Buah jengkol (*Archidendron pauciflorum*), yang juga memiliki sinonim *Archidendron jiringa*, *Pithecellobium jiringa*, dan *Pithecellobium lobatum*, termasuk dalam famili polong-polongan (*Fabaceae*) dan banyak tersebar di kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Tanaman ini memiliki beragam sebutan lokal, seperti jering di Malaysia, niang-yai di Thailand, serta dikenal sebagai dogfruit dalam bahasa Inggris. Dari segi morfologi, jengkol merupakan tanaman perdu yang mampu tumbuh hingga mencapai tinggi sekitar 25 meter. Buahnya berbentuk pipih dengan warna coklat kehitaman saat sudah matang, dan di bagian dalamnya terdapat biji yang dilapisi oleh kulit ari tipis. Selain itu, buah jengkol mengandung berbagai senyawa fitokimia, seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, polifenol, dan glikosida. Kandungan senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas farmakologis, salah satunya berpotensi sebagai antioksidan alami. Tanaman ini tidak hanya dibudidayakan, tetapi juga kerap dijumpai tumbuh secara liar (Manurung & Ridwanto, 2022).



Gambar 2. 1 Buah Jengkol (*Archidendron pauciflorum*)

Sumber: (Wahyuni & Listyono, 2023)

Pada gambar 2.1 buah jengkol (*Archidendron pauciflorum*) mempunyai ciri fisik yang khas, dengan bentuk buah yang pipih dan warna coklat kehitaman saat mencapai tingkat kematangan. Pada bagian dalam buah terdapat biji yang diselimuti oleh lapisan kulit ari yang tipis. Buah jengkol diketahui memiliki kandungan beberapa senyawa fitokimia, seperti flavonoid, tanin, alkaloid,

saponin, polifenol dan glikosida yang berpotensi memberikan berbagai aktivitas biologis.

1. Kandungan Nutrisi dalam Buah Jengkol

Buah jengkol (*Archidendron pauciflorum*) merupakan salah satu tanaman tropis yang memiliki kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif yang cukup lengkap. Berdasarkan penelitian ilmiah, bagian buah yang dapat dikonsumsi mengandung berbagai komponen gizi penting yang berperan dalam menunjang kesehatan tubuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa buah jengkol memiliki kandungan air yang cukup tinggi, yaitu sekitar 74,06%, yang menunjukkan bahwa buah ini tergolong sebagai bahan pangan dengan kadar kelembapan tinggi. Selain itu, jengkol juga mengandung protein sebesar $\pm 8,23\%$ yang berfungsi sebagai sumber pembangun jaringan tubuh. Kandungan abu (ash) sebesar 1,80% menunjukkan adanya mineral yang cukup signifikan dalam buah tersebut (Pian, 2019).

Dari segi karbohidrat, buah jengkol mengandung gula total sekitar 1,84% dan pati (starch) sekitar 6,32%, yang berperan sebagai sumber energi bagi tubuh. Meskipun kadar gulanya relatif rendah, keberadaan pati tetap memberikan kontribusi terhadap kebutuhan energi harian. Selain makronutrien, jengkol juga kaya akan mineral makro dan mikro, seperti kalsium (Ca), fosfor (P), zat besi (Fe), seng (Zn), serta selenium (Se). Selenium merupakan mineral penting yang berperan sebagai antioksidan dan memiliki efek protektif terhadap sel, termasuk dalam menjaga kesehatan kardiovaskular.

Buah jengkol juga mengandung berbagai vitamin dan senyawa bioaktif, seperti asam askorbat (vitamin C), karotenoid, dan β -karoten yang berfungsi sebagai antioksidan alami. Senyawa-senyawa ini berperan dalam menangkal radikal bebas serta melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Selain itu, kandungan fitokimia dalam jengkol meliputi flavonoid, polifenol, tannin, alkaloid, dan saponin. Senyawa flavonoid dan polifenol merupakan komponen utama yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, sedangkan tanin memiliki aktivitas antibakteri dan antiinflamasi.

Berikut kandungan nutrisi dalam buah jengkol per 100 gram disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kandungan Nutrisi Buah Jengkol per 100 gram

Kandungan Zat	Nilai Rata-rata Buah Jengkol
Energi	192,0 kkal
Protein	5,0 g
Karbohidrat	41,0 g
Serat	1,5 g
Lemak	0,3 g
Air	52 g
Kalsium	4 mg
Fosfor	150 mg
Kalium	241 mg
Natrium	60 mg
Vitamin C	31 mg
Zat Besi	0,7 mg

Sumber: (Nurin, 2023)

Secara keseluruhan, kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif dalam buah jengkol menunjukkan bahwa tanaman ini tidak hanya berpotensi sebagai sumber pangan, tetapi juga sebagai bahan alami yang memiliki aktivitas biologis, khususnya sebagai antioksidan.

2. Kandungan Fitokimia Buah Jengkol

Buah jengkol (*Archidendron pauciflorum*) diketahui mengandung berbagai senyawa fitokimia yang berperan penting dalam aktivitas biologis, khususnya sebagai antioksidan alami. Fitokimia merupakan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan dan memiliki berbagai efek farmakologis, seperti antioksidan, antibakteri, dan antiinflamasi.

Berdasarkan hasil penelitian, buah jengkol mengandung senyawa fenolik total, flavonoid, serta tannin dalam jumlah yang signifikan. Senyawa fenolik merupakan komponen utama yang berperan dalam aktivitas antioksidan karena kemampuannya dalam mendonorkan elektron atau atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas. Penelitian menunjukkan bahwa ekstrak jengkol memiliki kandungan polifenol sebesar 28,82%, flavonoid 0,23%, dan tannin 3,83%, yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan yang sangat kuat (Saputri et al., 2026). Selain itu, hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa buah jengkol, khususnya pada bagian kulitnya, mengandung berbagai

golongan senyawa seperti alkaloid, flavonoid, tannin, saponin, glikosida, serta steroid atau triterpenoid. Keberadaan senyawa-senyawa ini menunjukkan bahwa jengkol memiliki potensi besar sebagai sumber bahan alami untuk pengembangan obat tradisional maupun modern (Pian, 2019).

Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa komponen utama fitokimia dalam jengkol meliputi flavonoid, polifenol, terpenoid, dan alkaloid. Senyawa flavonoid dan polifenol memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi karena mampu menghambat reaksi oksidasi dan melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas. Selain itu, senyawa fenolik seperti asam galat dan p-kumarat juga ditemukan dalam buah jengkol dan berperan dalam aktivitas biologisnya (Ratu et al., 2019).

Pada bagian daun dan biji jengkol juga ditemukan kandungan fitokimia yang serupa, seperti alkaloid, tannin, saponin, flavonoid, dan steroid. Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh bagian tanaman jengkol memiliki potensi bioaktivitas yang tinggi dan dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan.

Secara keseluruhan, kandungan fitokimia utama dalam buah jengkol meliputi:

a. Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok senyawa polifenol yang banyak ditemukan pada tumbuhan dan berperan sebagai antioksidan alami. Senyawa ini mampu menangkap radikal bebas melalui mekanisme donor elektron atau atom hidrogen, sehingga dapat mencegah kerusakan sel akibat stres oksidatif. Selain itu, flavonoid juga memiliki aktivitas antiinflamasi, antibakteri, dan antikanker. Beberapa senyawa flavonoid yang telah diidentifikasi dalam jengkol antara lain flavon, flavonol, dan flavanon. Pada flavonoid jika dinyatakan positif, maka terjadi perubahan warna seperti merah, jingga, atau kuning saat ditambahkan pereaksi tertentu (Hasan et al., 2022).

b. Tanin

Tanin merupakan senyawa polifenol dengan kemampuan mengikat dan mengendapkan protein. Secara *in vitro*, tanin menunjukkan aktivitas antioksidan dengan cara berperan sebagai penangkal radikal dan pengkelat logam. Pada tanin jika dinyatakan positif, maka akan terjadi pertumbuhan warna menjadi biru kehitaman saat ditambahkan pereaksi seperti FeCl_3 (Putra et al., 2019).

c. Alkaloid

Alkaloid merupakan kelompok senyawa organik bernitrogen yang menurut berbagai laporan juga ditemukan di dalam jengkol. Meskipun lebih dikenal dengan aktivitas farmakologisnya yang lain, beberapa alkaloid turut. Pada alkaloid jika dinyatakan positif akan terbentuk endapan, dengan warna endapan bervariasi tergantung pereaksi yang digunakan (Sriwijayanti et al., 2024).

d. Saponin

Saponin merupakan senyawa glikosida yang memiliki sifat seperti sabun (dapat menghasilkan busa). Senyawa ini memiliki aktivitas biologis sebagai antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, serta berpotensi menurunkan kadar kolesterol dalam darah. Pada saponin jika dinyatakan positif akan terbentuk buih busa yang stabil saat sampel dihomogenkan dengan air dan dikocok kuat (Hasan et al., 2022).

e. Steroid dan Terpenoid

Steroid dan triterpenoid merupakan senyawa turunan isoprenoid yang memiliki struktur cincin kompleks. Senyawa ini berperan dalam aktivitas biologis seperti antiinflamasi, antitumor, dan imunomodulator. Triterpenoid juga dikenal memiliki aktivitas sebagai antioksidan. Pada steroid jika dinyatakan positif akan terbentuk perubahan warna biru atau hijau, sedangkan terpenoid jika dinyatakan positif menghasilkan warna coklat kemerahan atau jingga/unggu tergantung jenis dan pereaksi yang digunakan (Sriwijayanti et al., 2024).

Keberadaan senyawa-senyawa fitokimia inilah yang diduga kuat menjadi dasar dari bioaktivitas antioksidan pada ekstrak buah jengkol. Komposisi dan konsentrasi senyawa-senyawa ini dapat bervariasi tergantung pada lokasi penanaman, umur buah, metode ekstraksi dan bagian tanaman yang digunakan.

B. Antioksidan dan Radikal Bebas

Antioksidan merupakan senyawa krusial yang berfungsi sebagai pelindung sel dari ancaman radikal bebas, yaitu molekul tidak stabil yang berisiko merusak struktur seluler. Keberadaannya sangat vital bagi kelangsungan hidup dan kesehatan manusia, di mana tubuh dapat memproduksinya sendiri secara endogen maupun memperolehnya dari asupan eksogen. Secara spesifik, antioksidan terdiri dari golongan enzimatis seperti katalase dan glutathione, mineral penting seperti selenium dan zink, hingga kelompok non-enzimatis yang mencakup vitamin A, C, E, serta senyawa fitonutrien. Berbagai sumber pangan menawarkan kadar antioksidan tinggi, misalnya buah dan sayur segar yang kaya vitamin C, minyak nabati dan kacang-kacangan sebagai sumber vitamin E, serta telur dan sayuran berwarna yang mengandung karotenoid sebagai pro-vitamin A (Fadlilah & Lestari, 2023).

Antioksidan didefinisikan sebagai molekul yang mampu menghambat atau mencegah terjadinya oksidasi pada molekul lain. Oksidasi sendiri merupakan reaksi kimia yang melibatkan perpindahan elektron ke zat pengoksidasi, sebuah proses yang memicu terbentuknya radikal bebas dan berujung pada kerusakan sel. Dalam hal ini, antioksidan bertindak sebagai agen pereduksi yang memutus rantai reaksi berbahaya tersebut (Fadlilah & Lestari, 2023). Radikal bebas atau oksidan dicirikan oleh adanya elektron tidak berpasangan pada orbit luarnya, sehingga sifatnya menjadi sangat reaktif karena cenderung menarik elektron dari molekul di sekitarnya. Agresivitas radikal bebas ini sangat berisiko karena dapat mengoksidasi lemak, protein, hingga DNA, yang kemudian memicu berbagai penyakit degeneratif. Selain terbentuk secara alami melalui metabolisme tubuh, radikal bebas juga dihasilkan dari faktor eksternal seperti paparan sinar UV, polusi lingkungan, asap rokok, hingga zat kimia dalam makanan yang merusak kesehatan sel secara sistematis (Dwimayasanti, 2018).

C. Uji Aktivitas Antioksidan

1. DPPH (2,2-difenil 1-1-pikrilhidrazil)

DPPH merupakan jenis senyawa radikal bebas dengan tingkat stabilitas yang tinggi, sehingga sering dimanfaatkan sebagai reagen utama dalam pengujian efektivitas penangkapan radikal. Penggunaan metode ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana aktivitas antioksidan yang terkandung dalam setiap sampel simplisia, yang kemudian hasilnya digunakan untuk mengklasifikasikan karakteristik antioksidan tersebut melalui perolehan nilai IC_{50} . Setelah mendapatkan data absorbansi dari hasil pengukuran, tahap selanjutnya adalah menghitung persentase inhibisi (hambatan) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

Sumber: (Yanty & Karta, 2023)

Keterangan:

% inhibisi blanko Absorbansi DPPH tanpa sampel

Absorbansi sampel = Absorbansi DPPH ditambahkan sampel

Persentase inhibisi mencerminkan sejauh mana efektivitas antioksidan dalam menangkal serangan radikal bebas DPPH. Selain itu, parameter lain yang digunakan untuk mengevaluasi potensi antioksidan dari suatu ekstrak adalah nilai IC_{50} . Secara teknis, IC_{50} merepresentasikan besaran konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk meredam aktivitas radikal bebas sebanyak 50%. Terdapat korelasi terbalik antara nilai ini dengan kekuatan antioksidan; semakin kecil angka IC_{50} yang diperoleh, maka semakin tinggi daya kerja antioksidannya. Berdasarkan klasifikasi standar, suatu senyawa dikategorikan memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat apabila nilai IC_{50} berada di bawah 50 $\mu\text{g/mL}$ (Rozi et al., 2023).

Tabel 2. 2 Kategori Kekuatan Antioksidan

IC ₅₀	Kategori
Dibawah 50ppm	Sangat kuat
50–100ppm	Kuat
100-250ppm	Sedang
250-500ppm	Lemah
Diatas 500ppm	Tidak aktif

Sumber: (Wartono et al., 2021).

2. FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*)

FRAP adalah metode spektrofometri yang digunakan untuk mengukur kekuatan aktivitas antioksidan suatu sampel berdasarkan kemampuannya mereduksi ion Fe^{3+} (*ferri*) menjadi Fe^{2+} (*fero*). Dalam uji ini digunakan reagen FRAP yang terdiri dari *Acetate Buffer*, TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine), dan FeCl_3 . Ketika antioksidan dalam sampel mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} , terbentuk kompleks Fe^{2+} -TPTZ berwarna biru yang dapat diukur pada panjang gelombang 593 nm (Aryanti, Risma, Farid Perdana, 2018).

3. ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))

ABTS merupakan metode pengujian aktivitas atau aktivitas antioksidan dengan menggunakan senyawa 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) sebagai penghasil radikal bebas. ABTS adalah substrat dari enzim peroksidase yang dapat teroksidasi oleh peroksida (H_2O_2) menjadi kation radikal. Reagen ABTS memiliki ciri kimia yang stabil, dapat larut dalam air ataupun lemak.

Prinsip metode ini yaitu melihat kemampuan senyawa antioksidan dalam menstabilkan radikal bebas dengan mendonorkan proton kepada radikal bebas yang ditandai dengan pemudaran warna dari warna biru kehijauan menjadi tidak berwarna seiring tereduksinya kation radikal ABTS. Dalam pengujian aktivitas antioksidan dengan metode ABTS ini diperlukan reaksi oksidasi senyawa ABTS terlebih dahulu oleh kalium persulfat ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) untuk membentuk kation radikal ABTS ($\text{ABTS}^{+\bullet}$) yang selanjutnya direaksikan dengan senyawa antioksidan. Penghilangan warna serapan dapat diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 734 nm.

Metode ini baik digunakan untuk sistem yang berbasis air maupun organik, dengan waktu reaksi yang dibutuhkan lebih cepat, sederhana, serta

dapat bekerja pada rentang pH yang luas. Namun metode ABTS ini sangat sensitif terhadap cahaya, pada saat pembentukan radikal $ABTS^{*+}$ memerlukan waktu inkubasi 12-16 jam dalam kondisi gelap (Aryanti, Risma, Farid Perdana, 2018).

4. TBHQ (*Tertiary Butylhydroquinone*)

TBHQ (*Tertiary Butylhydroquinone*) adalah senyawa kimia sintetis yang termasuk ke dalam golongan fenol, banyak digunakan sebagai antioksidan dalam industri makanan dan produk lainnya untuk mencegah oksidasi lemak dan minyak. TBHQ berfungsi menstabilkan radikal bebas yang terbentuk selama oksidasi sehingga menghambat reaksi berantai autooksidasi yang dapat menyebabkan ketengikan (*rancidity*), pembusukan, perubahan rasa, aroma, dan nilai gizi makanan. Sebagai antioksidan, TBHQ sangat efektif, bekerja pada konsentrasi rendah sehingga menjadi pilihan ekonomis untuk memperpanjang masa simpan produk makanan yang mengandung lemak dan minyak, seperti minyak goreng, makanan olahan, dan makanan kemasan.

Sifat antioksidan TBHQ berasal dari kemampuannya untuk menyumbangkan atom hidrogen ke radikal bebas, sehingga menetralkan spesies reaktif ini dan mencegah proses oksidatif. Efektivitasnya sangat menonjol pada konsentrasi rendah, menjadikannya pilihan ekonomis bagi produsen. Dengan demikian, TBHQ melindungi lemak tak jenuh ganda dan mencegah hilangnya warna, rasa, dan nilai gizi dalam makanan (Xue, 2024).

D. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis kimia yang memanfaatkan radiasi sinar ultraviolet (UV) dan cahaya tampak (*visible*) untuk mengukur daya serap (*absorban*) suatu zat pada panjang gelombang tertentu. Alat ini sangat penting dalam analisis kimia dan biologi, terutama untuk menentukan konsentrasi senyawa yang menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu. Spektrofotometer UV-Vis digunakan di berbagai bidang seperti kimia analitik, farmasi, bioteknologi, dan riset lingkungan.

1. Deskripsi Umum Spektrofotometer UV-Vis:

Spektrofotometer UV-Vis bekerja dengan prinsip dasar bahwa senyawa tertentu menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, dan jumlah cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat tersebut dalam larutan. Instrumen ini mengukur penyerapan cahaya (absorbansi) atau transmisi cahaya pada panjang gelombang ultraviolet dan tampak, yang berguna dalam identifikasi dan kuantifikasi zat dalam sampel.

2. Komponen Utama Spektrofotometer UV-Vis:

a. Sumber Cahaya

Lampu deuterium untuk panjang gelombang UV (200–400nm) dan lampu wolfram untuk panjang gelombang tampak (400–700nm) adalah dua jenis sumber cahaya utama yang digunakan pada spektrofotometer UV-Vis. Lampu ini menghasilkan cahaya yang akan diteruskan melalui sampel.

b. Monokromator

Monokromator adalah alat yang digunakan untuk memisahkan cahaya putih menjadi panjang gelombang yang lebih sempit. Ini memungkinkan pengguna untuk memilih panjang gelombang yang ingin digunakan untuk mengukur penyerapan. Monokromator ini terdiri dari kisi difraksi atau filter yang memisahkan cahaya menjadi spektrum panjang gelombang yang lebih sempit dan dapat dipilih sesuai kebutuhan.

c. Ruang Sampel (*Cuvette*):

Cuvette adalah wadah atau sel yang digunakan untuk menempatkan sampel yang akan dianalisis. Cuvette terbuat dari bahan yang transparan terhadap panjang gelombang cahaya yang digunakan (biasanya kuarsa untuk panjang gelombang UV atau kaca untuk panjang gelombang tampak). Sampel cair yang akan dianalisis dimasukkan ke dalam cuvette ini.

d. Detektor

Detektor biasanya berupa fotodiode atau photomultiplier tube (PMT), berfungsi untuk mengukur cahaya yang keluar dari sampel

setelah melewatinya. Detektor ini mengubah intensitas cahaya yang diteruskan (atau diserap) menjadi sinyal listrik yang dapat diukur dan dianalisis oleh instrumen.

e. Tampilan dan Pengontrol

Layar atau tampilan digital digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran, seperti grafik absorbansi vs panjang gelombang atau nilai absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Pengendali atau panel kontrol digunakan untuk memilih panjang gelombang, mengatur pengaturan instrumen, dan melihat hasil analisis.

3. Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis:

Spektrofotometer UV-Vis bekerja berdasarkan prinsip bahwa cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya akan melewati sampel, dan sebagian dari cahaya tersebut akan diserap oleh molekul dalam sampel pada panjang gelombang tertentu. Semakin banyak cahaya yang diserap, semakin tinggi konsentrasi zat yang menyerap cahaya tersebut.

4. Rentang Panjang Gelombang UV-Vis:

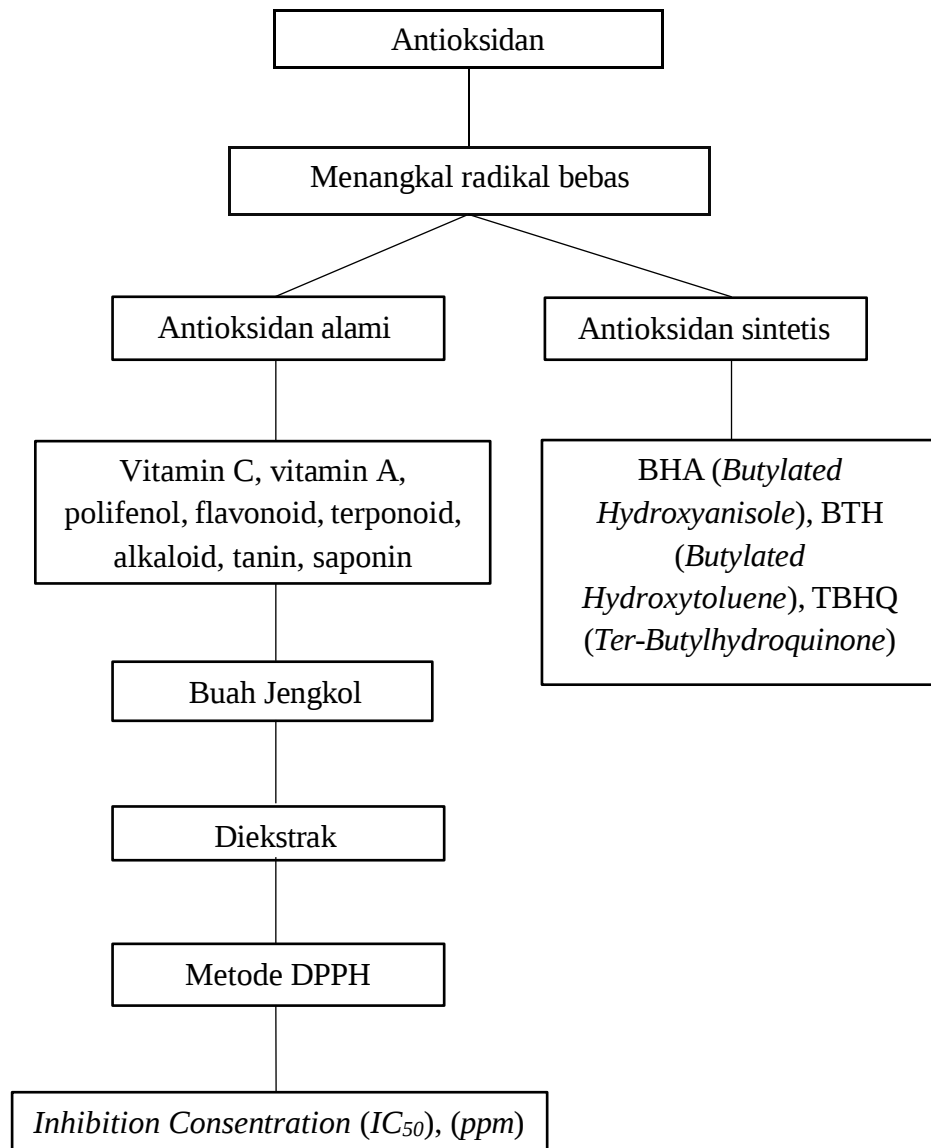
a. UV (*Ultraviolet*)

Biasanya dalam rentang 200 hingga 400 nm. Panjang gelombang UV digunakan untuk menganalisis senyawa yang menyerap cahaya pada rentang ini, seperti DNA, RNA, dan beberapa senyawa organik.

b. Vis (*Visible*)

Biasanya dalam rentang 400 hingga 700 nm. Ini digunakan untuk menganalisis senyawa yang menyerap cahaya pada panjang gelombang tampak, seperti pewarna, pigmen, dan beberapa senyawa anorganik (Labtrpd, 2025).

E. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 2. 2 Kerangka Konsep