

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

#### 2.1 Tinjauan pustaka

##### 2.1.1 Klasifikasi dan morfologi kedelai

Kedelai telah dibudidayakan oleh manusia sejak sekitar 2500 SM dan awalnya berasal dari Tiongkok. Di Indonesia, tanaman ini mulai ditanam di Pulau Jawa pada abad ke-16 dan terus menyebar ke wilayah lain (Wahyudin dkk., 2018). Kedelai juga dikenal dengan beberapa nama, seperti *Glycine soja* atau *Soja max*. Pada tahun 1984, disepakati bahwa nama botani ilmiah untuk kedelai adalah *Glycine max* (L.) Merrill (Adisarwanto, 2014).



Gambar 1. Tanaman kedelai  
(Sumber: Lagiman dkk., 2022)

Menurut, (Adisarwanto, 2014) berdasarkan taksonominya kedelai dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

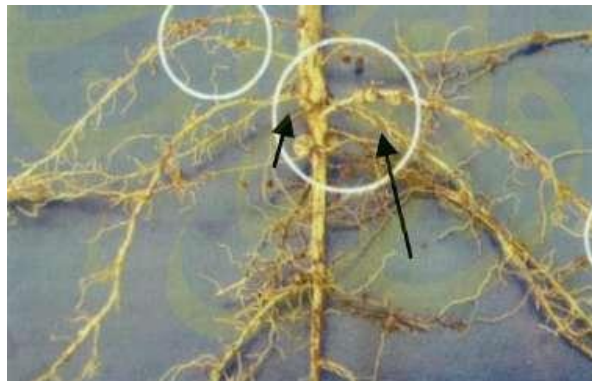
Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: Glycine

Spesies : *Glycine max* (L.) Merril

Kedelai adalah tanaman semusim dengan masa panen sekitar 72-90 hari. Tanaman ini tumbuh tegak dengan tinggi antara 40-90 cm, memiliki daun tunggal dan daun bertiga (*trifoliate*). Percabangan pada kedelai cenderung sedikit, dengan sebagian besar bagian tanaman seperti daun dan polong ditutupi trikoma padat (Adie & A. Krisnawati, 2016). Morfologi tanaman kedelai terdiri atas beberapa bagian, yaitu akar, batang, daun, bunga, polong, dan biji.

a. Akar

Sistem perakaran pada tanaman kedelai memiliki karakteristik unik, yaitu kemampuannya bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium japonicum*. Simbiosis ini menghasilkan bintil akar yang memiliki peran penting dalam proses fiksasi nitrogen. Nitrogen yang dihasilkan melalui proses ini sangat dibutuhkan oleh kedelai untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya (Adisarwanto, 2014).



Gambar 2. Morfologi akar dan bintil kedelai  
(Sumber: Lagiman dkk., 2022)

Sistem perakaran pada kedelai terdiri dari dua jenis, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang berkembang dari akar tunggang. Dalam kondisi tertentu, seperti kadar air tanah yang terlalu tinggi, kedelai dapat membentuk akar adventif yang tumbuh dari bawah hipokotil. Pertumbuhan akar kedelai dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kondisi kimia dan fisik tanah, metode pengolahan tanah, jenis tanah, kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah. Pada kondisi optimal, akar tunggang kedelai dapat tumbuh hingga mencapai panjang 2

meter atau lebih (Adisarwanto, 2014). Morfologi akar dan bintil pada tanaman kedelai ditampilkan pada Gambar 2.

b. Batang

Kedelai memiliki batang yang tidak berkayu, berjenis perdu, berbulu, berbentuk bulat, berwarna hijau dan memiliki panjang yang bervariasi berkisar 30-100 cm. Tanaman kedelai membentuk 3-6 cabang. Percabangan tanaman kedelai mulai tumbuh saat tinggi tanaman kedelai sudah mencapai 20 cm. Jumlah cabang tanaman kedelai akan dipengaruhi oleh varietas serta kepadatan populasinya (Riawati dkk., 2016).

c. Daun

Daun pada tanaman kedelai memiliki dua bentuk utama, yaitu bulat (oval) dan lancip (lanceolate), seperti yang terlihat pada Gambar 3. Daun kedelai dilengkapi dengan bulu-bulu berwarna cerah dengan jumlah yang bervariasi (Adisarwanto, 2008). Setiap daun memiliki sepasang stipula yang terletak di pangkal daun dan melekat pada batang. Selain itu, terdapat daun trifoliolate yang tumbuh secara selang-seling pada batang utama maupun cabang lateral (Adie & A. Krisnawati, 2016).



Gambar 3. Daun kedelai  
(Sumber: Lagiman dkk., 2022)

d. Bunga

Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri dengan sifat kleistogami. Biasanya, tanaman ini mulai berbunga pada usia 5-7 minggu. Bunga kedelai tumbuh di ketiak daun, memiliki bentuk menyerupai kupu-kupu, dan warnanya bervariasi dari putih hingga ungu, tergantung varietasnya (Gambar 4). Dalam satu

tanaman, dapat tumbuh hingga 25 bunga, bergantung pada kondisi lingkungan dan jenis varietas kedelai. Bunga pertama biasanya muncul pada buku kelima, keenam, atau pada buku yang lebih tinggi (Adisarwanto, 2014).



a

b

Gambar 4. Ragam warna bunga kedelai: (a) ungu; (b) putih  
(Sumber: Lagiman dkk., 2022)

e. Polong dan biji

Tanaman kedelai menghasilkan biji berbentuk polong, dengan setiap polong berisi 1 sampai 4 biji, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Biji kedelai memiliki berbagai bentuk, mulai dari bulat, bulat pipih, hingga bulat lonjong, dengan ukuran bervariasi antara 6 sampai 30g per 100 biji. Berdasarkan ukurannya, biji kedelai diklasifikasikan menjadi tiga kelas: biji kecil (6 sampai 10g/100 biji), biji sedang (11 sampai 12g/100 biji), dan biji besar (lebih dari 12g/100 biji) (Fachruddin, 2000). Biji kedelai terdiri dari dua keping yang terbungkus kulit biji (lesta), dengan embrio terletak di antara kedua keping tersebut (Anwar dkk., 2018).



Gambar 5. Polong kedelai  
(Sumber: Lagiman dkk., 2022)

Polong kedelai mulai muncul sekitar 10 sampai 14 hari setelah bunga pertama berkembang. Awalnya, polong berwarna hijau, tetapi akan berubah menjadi kuning atau coklat saat mencapai tahap panen. Di setiap kelompok bunga pada ketiak daun, dapat terbentuk 2 sampai 10 polong. Satu tanaman kedelai mampu menghasilkan 20-200 polong, tergantung pada varietas dan kondisi lingkungan (Adisarwanto, 2014).

#### 2.1.2 Syarat tumbuh tanaman kedelai

##### a. Iklim

Tanaman kedelai dapat tumbuh dalam berbagai kondisi suhu. Suhu tanah yang ideal untuk proses perkecambahan adalah 30°C, namun jika suhu turun di bawah 15°C, proses perkecambahan akan berlangsung lebih lambat, bahkan bisa memakan waktu hingga dua minggu (Adisarwanto, 2014). Secara umum, suhu yang sesuai untuk pertumbuhan kedelai berkisar antara 21-34°C, dengan suhu optimal berada pada rentang 23-27°C (Sumarno, 2016).

Kedelai sebenarnya mampu tumbuh di daerah yang agak kering, kecuali pada fase pembungaan yang memerlukan kelembaban lebih tinggi. Di Indonesia, kedelai umumnya dibudidayakan di daerah dengan suhu udara 25-27°C, kelembaban sekitar 65%, penyinaran matahari selama 12 jam per hari atau minimal 10 jam, serta curah hujan optimal 100-200 mm per bulan. Sebagai tanaman hari pendek, kedelai tidak akan berbunga jika panjang hari melebihi 16 jam, namun pembungaan akan berlangsung lebih cepat jika durasi penyinaran kurang dari 12 jam.

Sebagai tanaman yang dipengaruhi oleh panjang hari, semakin pendek durasi penyinaran matahari akan mempercepat pembungaan pada kedelai. Panjang hari yang sesuai untuk pertumbuhan kedelai berkisar antara 11-16 jam, dengan durasi optimal 14-15 jam untuk hasil yang maksimal. Di Indonesia, panjang hari yang relatif stabil sekitar 12 jam menjadikan seluruh wilayahnya cocok secara geografis untuk budidaya kedelai (Sumarno, 2016).

##### b. Tanah

Tanaman kedelai mampu beradaptasi dengan berbagai jenis tanah, terutama tanah yang bertekstur ringan hingga sedang dengan drainase yang baik. Kedelai tumbuh optimal pada tanah yang gembur, lembab, tidak tergenang air, dan memiliki

pH antara 6 hingga 6,8. Jika pH tanah kurang dari 5,5, pertumbuhan kedelai akan terhambat secara signifikan akibat keracunan aluminium (Lubis dkk., 2015).

c. Ketersediaan air

Kedelai memerlukan ketersediaan air yang memadai sepanjang fase pertumbuhan untuk menopang pembelahan dan ekspansi sel, pembentukan daun, pembungaan, dan pengisian biji. Kebutuhan air musiman pada kondisi terairi baik umumnya berada pada kisaran 450 sampai 700 mm, dengan nilai berubah mengikuti iklim dan lama musim tumbuh; estimasi ini sejalan dengan pendekatan koefisien tanaman pada FAO yang menunjukkan kenaikan kebutuhan air hingga fase tengah musim, lalu menurun menjelang pemasakan. Di Indonesia, pengukuran evapotranspirasi tanaman pada varietas lokal melaporkan total kebutuhan air sekitar 490 mm per musim, yang menguatkan pentingnya kecukupan air sejak fase vegetatif hingga reproduktif.

Ketersediaan air yang tidak mencukupi terutama berdampak pada fase pembungaan sampai pengisian polong, karena pada periode ini penurunan turgor dan pasokan fotosintat memicu gugur bunga, abortus polong, dan penurunan ukuran biji. Pada kedelai, kekeringan menekan fotosintesis dan mempercepat penutupan stomata sehingga pertumbuhan vegetatif dan reproduktif terganggu. Pemulihan melalui penyiraman ulang dapat membantu, tetapi tidak selalu mengembalikan hasil ke tingkat optimal. Pengelolaan kelembaban tanah yang baik menjadi syarat tumbuh penting agar kebutuhan air terpenuhi tanpa genangan. Kedelai tumbuh baik pada tanah dengan kelembaban sekitar 50 sampai 80 persen kapasitas lapang, terutama pada lapisan olah yang gembur dan berdrainase baik.

### 2.1.3 Bandotan

Berdasarkan *Integrated Taxonomic Information System* ITIS (2025) dan penelitian Kaur dkk. (2023) bandotan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida

Subkelas : Asteridae  
 Ordo : Asterales  
 Famili : Asteraceae  
 Genus : *Ageratum* Linn  
 Spesies : *Ageratum conyzoides* Linn

*Ageratum conyzoides* L. memiliki beragam nama lokal di Indonesia. Di Sumatera, tanaman ini dikenal sebagai daun tombak, rumput tahi ayam, atau siangit. Sementara itu, di Jawa disebut babandotan, bandotan, dus wedusan, tempuyak, dan berokan. Di Sulawesi, tumbuhan ini dikenal dengan nama dawet, lawet, rukut manoe, dan sopi (Silalahi, 2018).



Gambar 6. Bandotan  
 (Sumber: wikipedia)

Bandotan adalah jenis tanaman liar yang sering dijumpai di tepi jalan, hutan, ladang, dan area terbuka. Tanaman ini berasal dari Asia Tenggara, Amerika Tengah, Amerika Selatan, Karibia, Florida, China Selatan, dan Australia. Awalnya dikenal sebagai tanaman hias dari Amerika, bandotan kini banyak ditemukan di kawasan Pasifik Selatan dan negara-negara dengan iklim hangat lainnya (Kaur dkk., 2023). Di Indonesia, bandotan dianggap sebagai tanaman liar yang lebih dikenal sebagai gulma di kebun dan ladang (Maulida Nurdin dkk., 2020).

Bandotan dapat tumbuh hingga setinggi 1 meter dan memiliki ciri khas berupa daun yang ditutupi bulu halus berwarna putih. Bunganya berukuran kecil, berwarna putih keunguan pucat, dan berbentuk menyerupai bunga matahari dengan diameter sekitar 5 sampai 8 mm. Baik batang maupun daunnya dilapisi bulu halus berwarna putih, sementara daun tanaman ini dapat mencapai panjang hingga 7,5

cm. Buahnya mudah tersebar, sedangkan bijinya ringan sehingga mudah terbawa angin (Kaur dkk., 2023).

Bandotan telah dimanfaatkan sebagai tanaman obat di Afrika untuk mengatasi berbagai jenis penyakit. Daunnya sering digunakan untuk menyembuhkan luka, serta berfungsi sebagai antiinflamasi, analgesik, dan antipiretik (Chahal dkk., 2021). Berdasarkan analisis fitokimia, tanaman bandotan mengandung berbagai senyawa seperti steroid, terpenoid, fenol, saponin, asam lemak, dan alkaloid (Kotta dkk., 2020). Studi lain yang dilakukan oleh (Oladotun & Enerijiofi, 2022) mengungkapkan bahwa ekstrak bandotan juga mengandung senyawa seperti steroid, sterol, triterpenoid, alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, fenolik, karbohidrat, dan protein. Senyawa-senyawa bioaktif dalam ekstrak bandotan tersebut diketahui memiliki potensi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan.

#### 2.1.4 Cekaman kekeringan

Cekaman kekeringan merupakan salah satu bentuk stres abiotik yang memiliki dampak serius terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kekeringan terjadi ketika ketersediaan air bagi tanaman tidak mencukupi, sehingga mengganggu berbagai proses metabolisme, fisiologi, morfologi, dan biokimia tanaman. Kondisi ini menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh dan berkembang secara optimal, yang pada akhirnya menurunkan hasil baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Kekurangan air secara langsung memengaruhi aktivitas fotosintesis, dimana stomata pada daun menutup untuk mengurangi kehilangan air, tetapi hal ini juga menghambat masuknya CO<sub>2</sub> yang diperlukan untuk fotosintesis (Asyura, 2021). Selain itu, rendahnya kadar air tanah menyebabkan menurunnya potensial air tanaman dan tekanan turgor, sehingga menghambat pembelahan dan pembesaran sel.

Secara umum, kekeringan berdampak pada hampir seluruh aspek metabolisme tanaman, termasuk penyerapan nutrisi, translokasi unsur hara, dan aktivitas enzim yang mendukung pertumbuhan tanaman. Defisit air menyebabkan terganggunya pertumbuhan vegetatif seperti pemanjangan batang, pembentukan tunas, dan pengembangan daun. Kekurangan air yang berkepanjangan dapat



menyebabkan penurunan jumlah dan kualitas hasil panen, serta berpotensi menyebabkan kematian tanaman jika stres berlangsung dalam waktu yang lama (Hasanuzzaman dkk., 2020). Dampak kekeringan juga dipengaruhi oleh intensitas dan durasi kekeringan, di mana kekeringan yang terjadi pada fase kritis seperti saat berbunga atau pengisian biji memberikan dampak yang lebih besar dibandingkan pada fase vegetatif awal (Singh, 2010).

Salah satu strategi adaptasi tanaman terhadap kekeringan adalah pengembangan sistem perakaran yang lebih dalam dan bercabang banyak. Sistem akar yang lebih panjang dan besar memungkinkan tanaman untuk menyerap air dari lapisan tanah yang lebih dalam, di mana kandungan air relatif lebih tinggi dibandingkan permukaan tanah. Hal ini menjadi salah satu mekanisme penting bagi tanaman untuk mempertahankan pertumbuhan tajuk di atas permukaan tanah meskipun menghadapi kondisi kekurangan air (Efendi dan Azrai, 2010). Selain itu, tanaman yang toleran terhadap kekeringan memiliki kemampuan menghasilkan senyawa antioksidan yang dapat mengatasi stres oksidatif akibat peningkatan produksi *reactive oxygen species* (ROS) selama cekaman kekeringan berlangsung (Setiawan, Soedradjad, dan Siswoyo, 2015). Tanaman juga beradaptasi dengan menutup stomata untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi, meskipun hal ini berdampak pada penurunan laju fotosintesis (Mahajan dan Tuteja, 2005; Yasemin, 2005).

Menurut penelitian, lahan kering atau marginal yang sering mengalami kekeringan merupakan salah satu tantangan besar dalam pertanian. Kekeringan tidak hanya mengurangi hasil panen tetapi juga memengaruhi kualitas biji yang dihasilkan. Kekurangan air selama fase reproduktif pada tanaman kedelai dapat menurunkan bobot biji secara signifikan, karena air berperan penting dalam pengisian biji dan pembentukan biomassa (Hossain dkk., 2024). Kekeringan yang parah bahkan dapat menghentikan proses fotosintesis sepenuhnya, menyebabkan gangguan metabolisme, dan berujung pada kematian tanaman (Hasanuzzaman dkk., 2020).

Dengan demikian, cekaman kekeringan merupakan salah satu stres lingkungan yang paling merusak bagi tanaman, karena memengaruhi seluruh aspek

pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pemahaman mengenai dampak cekaman kekeringan dan adaptasi tanaman terhadap kondisi ini sangat penting untuk mendukung pengelolaan lahan kering yang berkelanjutan serta peningkatan produktivitas pertanian di daerah rawan kekeringan.

## 2.2 Kerangka berpikir

Cekaman kekeringan merupakan salah satu tantangan utama dalam pertanian yang dapat menurunkan produktivitas tanaman, terutama pada tanaman pangan seperti kedelai. Kekeringan terjadi ketika pasokan air tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan fisiologis tanaman, yang disebabkan oleh rendahnya curah hujan atau penurunan cadangan air tanah dalam jangka waktu lama (Wang dkk., 2025). Kondisi ini memicu stres fisiologis, seperti terhambatnya proses fotosintesis dan gangguan metabolisme, yang menyebabkan produksi oksigen reaktif (ROS) berlebihan dan berpotensi merusak struktur sel (Hasanuzzaman dkk., 2020).

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan salah satu tanaman pangan utama di Indonesia yang memiliki kebutuhan air tinggi, terutama pada fase perkecambahan, pembungaan, dan pengisian biji. Pada fase perkecambahan, kekurangan air dapat menghambat proses imbibisi, menyebabkan dormansi biji lebih lama, dan menurunkan tingkat perkecambahan. Sedangkan pada fase pertumbuhan vegetatif, kekurangan air dapat menghambat perkembangan akar, mengurangi luas daun, serta mengganggu proses fotosintesis yang berakibat pada pertumbuhan yang kurang optimal (Wang dkk., 2025). Oleh karena itu, strategi adaptasi terhadap cekaman kekeringan sangat diperlukan untuk mempertahankan metabolisme tanaman dan meningkatkan produktivitasnya.

Salah satu pendekatan adaptasi yang telah banyak diteliti adalah penggunaan antioksidan alami. Ekstrak tumbuhan, seperti ekstrak daun bandotan (*Ageratum conyzoides*), merupakan sumber senyawa bioaktif seperti fenol, flavonoid, dan tanin yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Melissa & Muchtaridi, 2017). Senyawa-senyawa ini mampu menetralkan ROS yang terbentuk akibat kekeringan sehingga dapat mengurangi kerusakan oksidatif pada sel tanaman. Selain itu, ekstrak ini juga dapat meningkatkan aktivitas enzim antioksidan (misalnya katalase,

peroksidase, dan superoksida dismutase), menghambat reaksi radikal bebas, serta melindungi struktur membran sel (Kim & Sang, 2023).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemberian antioksidan dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Pemberian ekstrak daun sembung rambat (*Mikania micrantha*) terbukti berpengaruh terhadap pertumbuhan kedelai yang mengalami cekaman kekeringan. Pemberian ekstrak daun sembung rambat 1% meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, bobot kering tanaman, dan nisbah pupus akar hingga 44,6%. Selain itu, peningkatan konsentrasi antioksidan juga mampu mengurangi penurunan kadar air relatif daun dan memperbaiki pertumbuhan tanaman (Suryaman dkk., 2021).

Respons tanaman terhadap antioksidan dapat bervariasi tergantung pada tingkat cekaman kekeringan yang dialaminya. (Shivhare dkk., 2025) menemukan bahwa peningkatan akumulasi flavonoid pada *Arabidopsis* dapat meningkatkan toleransi terhadap stres oksidatif dan kekeringan. Temuan ini mengindikasikan bahwa flavonoid berperan sebagai antioksidan internal yang efektif dalam melindungi jaringan tanaman dari kerusakan akibat ROS. Selain itu, studi oleh Dr. P. Veeresh Babu (2025) pada *Biophytum sensitivum* mengungkapkan bahwa ekstrak metanol yang kaya flavonoid memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan, di mana kadar total flavonoid yang tinggi berkorelasi dengan kemampuan ekstrak dalam menetralkan radikal bebas.

Penelitian oleh Feng dkk. (2024) menunjukkan bahwa aplikasi senyawa antioksidan dapat merangsang sistem pertahanan tanaman sehingga meningkatkan toleransi terhadap stres air. Penelitian ini menegaskan bahwa perlakuan dengan antioksidan eksternal tidak hanya menetralkan ROS, tetapi juga dapat menginduksi peningkatan enzim-enzim antioksidan endogen. Selanjutnya, Laxa dkk., (2019) menemukan bahwa pemberian senyawa antioksidan dari sumber tumbuhan meningkatkan pertumbuhan sistem perakaran dan efisiensi penyerapan air, yang pada gilirannya mendukung ketersediaan air dalam jaringan tanaman selama periode kekeringan.

Interaksi antara konsentrasi ekstrak daun bandotan dengan tingkat cekaman kekeringan menjadi aspek penting dalam penelitian ini. Penelitian menilai

bagaimana perubahan konsentrasi menghasilkan respons yang bergantung pada taraf cekaman, sehingga efek yang muncul tidak sama di setiap tingkat kekeringan. Sejauh mana peningkatan konsentrasi ekstrak dapat memberikan perlindungan optimal terhadap stres kekeringan masih perlu dikaji lebih lanjut. Konsentrasi yang terlalu rendah mungkin tidak cukup efektif, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan efek samping yang belum teridentifikasi secara jelas. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan dosis optimal yang dapat memberikan perlindungan terbaik terhadap cekaman kekeringan pada tanaman kedelai.

Penelitian (Xie dkk., 2024) menunjukkan bahwa aplikasi senyawa antioksidan eksternal, seperti melatonin dan strigolactone, dapat merangsang sistem pertahanan tanaman sehingga meningkatkan toleransi terhadap stres air. Perlakuan ini tidak hanya menetralkan ROS, tetapi juga menginduksi peningkatan aktivitas enzim antioksidan endogen (misalnya SOD, POD, dan CAT) serta memperbaiki integritas membran sel di bawah cekaman kekeringan

(Shirvani-Naghani dkk., 2024) mengemukakan bahwa suplementasi antioksidan tidak hanya mengurangi kerusakan membran sel tetapi juga membantu mempertahankan fungsi fotosintesis, sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif. Penelitian oleh (Xie dkk., 2024) juga menemukan bahwa ekstrak tumbuhan yang kaya antioksidan dapat meningkatkan kadar klorofil dan menjaga aktivitas fotosintesis pada tanaman kedelai yang mengalami stres kekeringan, sehingga meningkatkan daya tahan dan produktivitas tanaman.

Penelitian lain oleh (Islam dkk., 2022) menunjukkan bahwa pemberian senyawa antioksidan dapat meningkatkan kualitas biji serta pertumbuhan vegetatif kedelai dalam kondisi kekeringan. Penelitian ini menekankan bahwa pemanfaatan ekstrak daun bandotan, dengan kandungan fenol, flavonoid, dan tanin yang tinggi, berpotensi sebagai strategi inovatif untuk meningkatkan adaptasi dan kinerja tanaman kedelai dalam menghadapi kekeringan.

Pemanfaatan ekstrak daun bandotan sebagai sumber antioksidan alami diharapkan dapat memberikan perlindungan terhadap kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh ROS serta meningkatkan proses perkecambahan dan pertumbuhan

vegetatif kedelai di bawah kondisi stres kekeringan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan interaksi antara konsentrasi ekstrak daun bandotan dan tingkat cekaman kekeringan, serta menemukan konsentrasi optimal ekstrak yang memberikan perlindungan terbaik bagi tanaman kedelai. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berpotensi meningkatkan produktivitas kedelai tetapi juga memberikan kontribusi pada strategi adaptasi tanaman terhadap perubahan iklim dan kekeringan.

### **2.3 Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, dikemukakan hipotesis sebagai berikut :

1. Terdapat interaksi antara pemberian konsentrasi ekstrak daun bandotan (*Ageratum conyzoides*) dengan tingkat cekaman kekeringan terhadap perkecambahan dan pertumbuhan vegetatif kedelai (*Glycine max* (L.) Merril).
2. Diketahui konsentrasi ekstrak daun bandotan (*Ageratum conyzoides*) yang memberikan pengaruh baik terhadap perkecambahan dan pertumbuhan vegetatif kedelai (*Glycine max* (L.) Merril) pada kondisi cekaman kekeringan.