

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1. Tinjauan pustaka

2.1.1. Klasifikasi dan morfologi kedelai

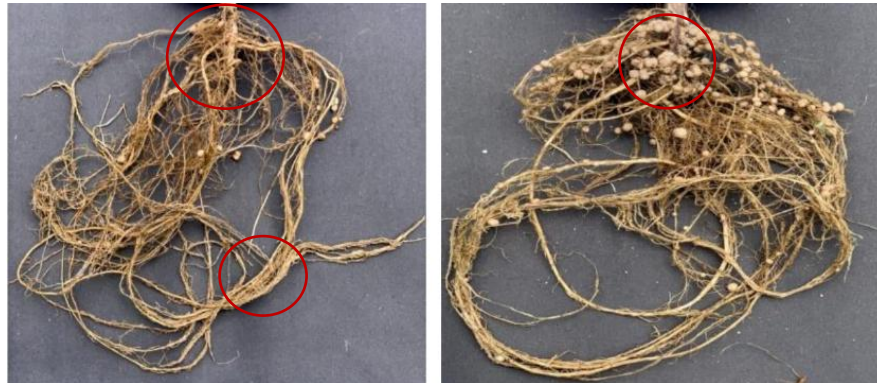
Kedelai termasuk kedalam jenis tanaman semusim yang berupa tanaman semak yang rendah, tumbuh tegak dan berdaun lembut. Tanaman kedelai merupakan salah satu tanaman pangan yang sudah lama dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia, tanaman kedelai berperan penting dalam rangka perbaikan gizi masyarakat karena merupakan salah satu sumber protein nabati yang dibutuhkan dalam pemenuhan gizi masyarakat. Adapun klasifikasi dari tanaman kedelai ialah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Sub Kingdom : Tracheobionta
Divisi : Spermatophyta
Sub Divisi : Angiosperma
Kelas : Archiclamydae
Ordo : Rosales
Famili : Leguminosae
Genus : Glycine
Spesies : *Glycine max* L.

(Rukmana dan Yudirachman, 2014).

Morfologi tanaman terdiri atas dua macam organ utama yakni organ vegetatif dan juga organ generatif. Organ vegetatif yaitu meliputi akar, daun dan juga batang tanaman, sedangkan organ generatif meliputi bunga, buah, dan biji tanaman yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan tanaman. Salah satu organ vegetatif pada tanaman kedelai ialah akar, sistem perakaran tanaman kedelai terdiri dari dua macam yaitu akar tunggang dan akar sekunder atau akar serabut yang tumbuh diantara akar tunggang. Akar tunggang dapat tumbuh hingga kedalaman 2 meter pada kondisi yang optimal, namun akar tunggang tumbuh pada kedalaman olah tanah sedalam 30 cm sampai 50 cm, sedangkan untuk akar serabut tumbuh

pada kedalaman 20 cm sampai 30 cm (Rukmana dan Yudirachman, 2014). Gambar akar tanaman kedelai dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)

(b)

Gambar 1. (a) akar tunggang dan akar serabut tanaman kedelai, dan (b) bintil akar (Tabrani, 2023)

Perakaran tanaman kedelai mengandung bintil-bintil akar yang merupakan koloni dari bakteri *Rhizobium japonicum*, bakteri tersebut dapat mengikat nitrogen dari udara yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Kedelai memiliki dua bentuk daun yaitu bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*). Pada umumnya daun kedelai memiliki bulu halus dan warna yang cerah serta jumlah yang bervariasi (Adisarwanto, 2014). Daun primer pada kedelai berbentuk oval dengan tangkai sepanjang 1 cm sampai 2 cm, terletak bersebrangan pada buku pertama di atas kotiledon. Tipe daun yang lain terbentuk pada batang utama, dan pada cabang lateral terdapat daun *trifoliate* yang secara bergantian dalam susunan yang berbeda dengan bentuk yang bermacam-macam, mulai dari bulat hingga lancip. (Adie dan Krisnawati, 2007)

Batang pada tanaman kedelai dikenal dengan dua tipe pertumbuhan batang yaitu *determinate* dan *indeterminate*. *Determinate* merupakan kedelai yang pertumbuhan vegetatifnya berakhir pada saat tanaman berbunga, sedangkan *indeterminate* yaitu kedelai yang pertumbuhan vegetatifnya terus berlangsung setelah tanaman berbunga. Batang tanaman kedelai berbentuk semak dengan tinggi mencapai 30 cm sampai 100 cm, memiliki kulit batang berwarna ungu ataupun hijau, serta dapat membentuk cabang sebanyak 3 hingga 6 cabang (Rukmana dan Yudirachman, 2014).

Bunga tanaman kedelai termasuk bunga sempurna, setiap bunga dari tanaman kedelai memiliki alat kelamin jantan dan kelamin betina. Warna dari bunga tanaman kedelai ialah ungu muda atau berwarna putih bersih, bunga tanaman kedelai mekar pada pagi hari dan dapat menyerbuk sendiri (Adisarwanto, 2014). Gambar bunga dan putik tanaman kedelai disajikan pada Gambar 2.



(a)

(b)

Gambar 2. (a) Bunga ungu tanaman kedelai dan, (b) Bunga putih tanaman kedelai (Putri dkk., 2014)

Jumlah bunga pada setiap tangkai daun beragam antara 2 bunga sampai 25 bunga, ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh dan juga varietas dari tanaman kedelai. Selain itu biji tanaman kedelai memiliki bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan kultivar, ada yang memiliki bentuk bulat, agak gepeng, atau bulat telur, namun pada umumnya biji kedelai ini berbentuk bulat telur dengan ukuran dan warna biji yang beragam pula sesuai dengan kultivar. Pada umumnya biji kedelai berwarna kuning dengan ukuran yang dapat digolongkan menjadi 3 golongan yaitu berbiji kecil (<10 g/100 biji), berbiji sedang (10 sampai 12 g/100 biji), dan berbiji besar (13 sampai 18 g/100 biji) (Sumarno dan Mashuri, 2007).

2.1.2. Syarat tumbuh kedelai

Tanaman kedelai (*Glycine max* L.) yang dibudidayakan di Indonesia merupakan tanaman semusim yang dapat dipanen dalam satu musim. Syarat tumbuh tanaman kedelai terdiri dari dua faktor yaitu faktor iklim dan juga faktor tanah. Faktor iklim yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai diantaranya ialah suhu udara, tanaman kedelai dapat tumbuh optimal dalam proses

perkecambahan dengan keadaan suhu 20°C sampai 30°C (Adisarwanto, 2014), sedangkan untuk masa pertumbuhan suhu harian ideal untuk pertumbuhan kedelai berada pada kisaran 22 – 28°C, sedangkan suhu di bawah 15°C atau di atas 30°C dapat menurunkan pertumbuhan dan hasil dari tanaman kedelai (Sumarno dan Manshuri, 2007).

Tanaman kedelai termasuk tanaman yang peka terhadap lama penyinaran sinar matahari, tanaman kedelai sendiri termasuk pada jenis tanaman hari pendek. Tanaman hari pendek artinya bahwa semakin pendek lama penyinaran pada tanaman kedelai maka akan merangsang pertumbuhan kedelai yang lebih cepat. Varietas kedelai yang berasal dari wilayah subtropika yang memiliki panjang hari 14 sampai 16 jam, jika ditanam di Indonesia yang dapat mencapai pembungaan lebih cepat yaitu pada hari ke 20 HST (hari setelah tanam) sampai 22 HST walaupun dengan pertumbuhan batang yang masih pendek, sedangkan jika ditanam di wilayah aslinya tanaman kedelai tersebut dapat berbunga pada umur 50 HST dengan tinggi 60 cm sampai 70 cm (Sumarno dan Mashuri, 2007).

Kelembapan udara yang optimal bagi pertumbuhan tanaman kedelai berkisar antara 75% sampai 90% selama periode pertumbuhan sampai stadia pengisian polong, sedangkan kelembapan udara rendah diantara 60% sampai 75% dibutuhkan untuk pematangan polong hingga panen (Sumarno dan Mashuri, 2007). Rata-rata curah hujan yang cocok bagi pertumbuhan tanaman kedelai ialah kurang dari 200 mm, dengan jumlah bulan kering 3 sampai 6 bulan sedangkan hari hujan berkisar antara 95 sampai 122 hari dalam kurun waktu satu tahun (Andreansyah, 2017).

Selain faktor iklim, faktor tanah juga berpengaruh pada pertumbuhan tanaman kedelai, tanah yang cocok untuk budidaya tanaman kedelai ialah tanah dengan tekstur liat berpasir, liat berdebu berpasir, debu berpasir dan memiliki drainase yang sedang atau baik dan mampu menahan kelembapan tanah serta tidak mudah tergenang (Sumarno dan Mashuri, 2007). Toleransi keasaman tanah yang dapat ditumbuhi tanaman kedelai ialah tanah dengan pH 5,8 sampai 7,0 tetapi pada pH 4,5 tanaman kedelai masih dapat tumbuh, namun pertumbuhan tanaman kedelai

akan sangat terhambat karena keracunan logam berat seperti aluminium (Andreansyah, 2017).

2.1.3. Cekaman kekeringan

Cekaman kekeringan merupakan salah satu faktor utama yang dapat menghambat produksi tanaman kedelai terutama di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan air. Pada fase pertumbuhan vegetatif, air dibutuhkan oleh tanaman untuk melakukan pembelahan sel dan juga pembesaran sel yang terwujud pada pertumbuhan tinggi tanaman, pembesaran diameter batang, perbanyak daun, serta pertumbuhan akar, namun terjadinya cekaman air akan berakibat pada penurunan turgor pada sel tanaman dan dapat menyebabkan penurunan proses fisiologis pada tanaman (Sianturi dkk., 2021).

Dalam pertanian, cekaman kekeringan didefinisikan sebagai kondisi saat air dalam tanah tidak dapat memenuhi kebutuhan untuk mendukung pertumbuhan maksimum suatu tanaman. Cekaman kekeringan secara nyata dapat membatasi pertumbuhan dan hasil dari suatu tanaman, cekaman kekeringan pada suatu fase akan terjadi ketika kebutuhan air tanaman lebih besar daripada ketersediaan air dalam tanah (Setiawan dkk., 2015). Secara fisiologis pada saat terjadi cekaman kekeringan tanaman akan mengalami gangguan pada proses fotosintesis karena air yang dibutuhkan untuk melangsungkan fotosintesis tidak terpenuhi, selain itu cekaman kekeringan juga dapat menginduksi cekaman oksidatif yang disebabkan oleh adanya aktivitas ROS. Terjadinya kerusakan sel tersebut akan mendorong tanaman untuk menetralsirkannya dengan memproduksi senyawa metabolik salah satunya ialah protein antioksidan (Alfiyana dkk., 2015).

Peningkatan ROS dapat menyebabkan ketidakseimbangan antar ROS dan status antioksidan endogen yang terkandung pada tanaman. Pada kasus tanaman yang toleran terhadap cekaman, tanaman tersebut akan melakukan adaptasi dengan memproduksi senyawa antioksidan, namun antioksidan endogen yang dihasilkan oleh tanaman seringkali tidak cukup untuk mengatasi kerusakan yang disebabkan oleh ROS tersebut, sehingga perlu adanya penambahan antioksidan eksogen (Setiawan dkk., 2015).

2.1.4. PEG (*Polyethylene Glycol*)

PEG (*Polyethylene Glycol*) merupakan senyawa polimer yang tersusun dari unit berulang etilen oksida dengan rumus umum $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$. PEG bersifat larut dalam air, stabil secara kimia, dan relatif tidak toksik, sehingga dapat menginduksi stres air pada tanaman dengan cara menyerap potensial air pada larutan nutrisi tanpa menyebabkan terjadinya keracunan (Hapsari, dkk 2017).

Dalam fisiologi tanaman, PEG banyak dimanfaatkan sebagai agen untuk mensimulasikan cekaman kekeringan melalui mekanisme penurunan potensial osmotik larutan. PEG mampu menciptakan kondisi hipertonic di sekitar akar sehingga menghambat penyerapan air oleh tanaman tanpa harus mengubah struktur fisik media tanam (Topfer dkk., 2024). Senyawa PEG memiliki sifat yang bisa larut dalam air dan dapat menyebabkan penurunan potensial air yang homogen, besarnya penurunan air yang disebabkan oleh PEG dipengaruhi oleh konsentrasi dan berat molekul PEG. Keadaan seperti ini yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan simulasi penurunan air, karena potensial air dalam media yang mengandung PEG dapat digunakan untuk meniru besarnya potensial air tanah (Sutjahjo dkk., 2007).

PEG dengan berat molekul rendah seperti PEG 400, memiliki ukuran molekul yang relatif kecil sehingga memungkinkan untuk menembus jaringan tanaman dan berinteraksi langsung dengan sel. Kondisi ini menyebabkan efek yang ditimbulkan tidak hanya berupa cekaman osmotik, tetapi juga dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme sel secara langsung, sehingga kurang merepresentasikan kondisi cekaman kekeringan yang sebenarnya (Khanh dkk., 2022). Sebaliknya, PEG dengan berat molekul tinggi seperti PEG 6000 lebih banyak digunakan dalam penelitian terkait cekaman air pada tanaman. Hal ini disebabkan oleh ukuran molekulnya yang besar sehingga tidak mampu menembus dinding sel tanaman. PEG 6000 bekerja secara eksternal dengan menurunkan potensial air larutan di sekitar akar tanpa masuk ke dalam jaringan tanaman, selain itu PEG dengan berat molekul lebih dari 6000 g/mol diketahui memiliki efektivitas yang lebih optimal dalam mensimulasikan cekaman dibandingkan PEG dengan berat molekul lebih rendah (Ningrum dkk., 2020).

Mekanisme tersebut menghasilkan kondisi yang lebih mendekati cekaman kekeringan alami, di mana tanaman mengalami hambatan dalam penyerapan air akibat rendahnya ketersediaan air di lingkungan. Menurut Verslues dkk. (2006), peningkatan konsentrasi PEG akan meningkatkan jumlah subunit etilen yang mengikat air, sehingga ketersediaan air bagi kecambah semakin berkurang. Akibatnya, proses imbibisi terhambat dan tanaman mengalami kondisi cekaman kekeringan. Oleh karena itu, PEG 6000 dapat digunakan sebagai agen untuk mensimulasikan kondisi cekaman kekeringan, khususnya pada tanaman kedelai.

2.1.5. Antioksidan ekstrak daun bandotan

Antioksidan merupakan suatu senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi, yaitu dengan cara mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan sel tanaman (Sari, 2016). Karakter utama dari senyawa antioksidan ialah kemampuan untuk menangkap radikal bebas dan mencegah terjadinya kerusakan akibat radikal bebas. Senyawa antioksidan akan menyumbangkan satu atau lebih elektron kepada radikal bebas, sehingga radikal bebas tersebut dapat diredam (Pindan dkk., 2021).

Antioksidan dapat membantu melindungi tubuh dari serangan radikal bebas, radikal bebas yang berlebihan akan membahayakan tubuh karena bisa merusak makromolekul dalam sel protein dan DNA. Kerusakan makromolekul dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan sel (Julyasih dkk., 2009). Antioksidan dibagi menjadi antioksidan endogen dan eksogen. Antioksidan endogen merupakan enzim-enzim yang memiliki sifat antioksidan, diantaranya ialah Superoksida Dismutase (SOD), katalase (CAT), dan glutathione peroksidase (GPX), sedangkan antioksidan eksogen ialah antioksidan yang dapat ditemukan dari luar tubuh ataupun makanan. Bahan aktif yang terdapat pada antioksidan ialah vit C, vit E, pro vit A, organsulfur, flavonoid, thymoquinone dan yang lainnya (Werdhasari, 2014). Antioksidan dari luar tubuh dapat diperoleh dalam bentuk sintetis dan juga alami, salah satu antioksidan alami dapat berasal dari daun bandotan.

Tumbuhan bandotan merupakan gulma yang dapat tumbuh hingga satu meter, batang dan daun bandotan ditutupi oleh bulu putih halus. Tumbuhan bandotan kerap digunakan sebagai bahan pengobatan tradisional oleh masyarakat

karena mengandung antioksidan (Ashande dkk., 2015). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Melissa dan Muchtaridi (2020) daun dan batang bandotan dapat berpotensi sebagai antioksidan alami, salah satu kandungan yang terdapat pada daun bandotan ialah flavonoid. Menurut Ola dkk. (2018) flavonoid memiliki aktivitas antioksidan karena memiliki kemampuan dapat menangkap radikal hidroksil, radikal peroksi lipid dan anion super oksida, sehingga daun bandotan bisa digunakan sebagai antioksidan eksogen yang dapat membantu menangkal adanya radikal bebas pada tanaman yang mengalami keadaan cekaman kekeringan, diantaranya ialah tanaman kedelai.

Antioksidan eksogen dapat diperoleh dengan proses ekstraksi. Ekstraksi merupakan suatu proses pemisahan dengan menggunakan bantuan pelarut, pada umumnya proses ekstraksi dilakukan dengan cara maserasi. Maserasi merupakan proses ekstraksi yang dilakukan dengan cara dingin atau dalam suhu ruang dengan dilakukan sesekali pengadukan (Handoyo dan Yunita, 2020).

2.2. Kerangka berpikir

Upaya peningkatan produksi pangan dalam negeri bisa dilakukan dengan pemanfaatan lahan marginal sebagai areal perluasan lahan budidaya. Salah satu lahan marginal yang dapat dimanfaatkan ialah lahan kering, namun salah satu kelemahan dari lahan kering ialah terbatasnya ketersediaan air di areal pertanaman. Kondisi kekurangan air tersebut dapat menyebabkan terjadinya cekaman kekeringan pada tanaman sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

Cekaman kekeringan seringkali menjadi pembatas dalam peningkatan produktivitas dari tanaman pangan. Cekaman kekeringan terjadi karena kurangnya suplai air yang masuk pada area perakaran, dan kebutuhan air yang berlebihan yang dibutuhkan oleh daun karena laju transpirasi lebih tinggi dibandingkan dengan laju absorpsi air oleh akar (Sinay, 2015). Penggunaan PEG dapat dimanfaatkan sebagai simulasi keadaan cekaman kekeringan di areal penanaman tanaman kedelai.

Penggunaan PEG 6000 telah banyak digunakan dalam penelitian pengaruh cekaman kekeringan terhadap tanaman untuk menyeleksi varietas yang toleran terhadap cekaman, diantaranya pada pada penelitian yang dilakukan oleh Savitri

(2010) yang memberikan hasil bahwa penambahan PEG sebanyak 5%, 10%, dan 15% pada media MS cair dengan metode *in vitro* dapat mensimulasikan keadaan cekaman kekeringan, penambahan PEG berpengaruh terhadap parameter tinggi tunas, jumlah daun normal jumlah daun layu, persentase pertumbuhan, skor kerusakan eksplan, serta indeks sensitivitas pada tanaman kedelai dibandingkan dengan perlakuan kontrol (0% PEG), sehingga penggunaan PEG dapat digunakan sebagai simulasi keadaan cekaman kekeringan pada proses pertumbuhan tanaman kedelai.

Penelitian yang dilakukan oleh Rosawanti (2016) memberikan hasil bahwa simulasi cekaman kekeringan dengan penambahan PEG sebanyak 20% dapat menyebabkan pengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan akar pada tanaman kedelai. Penambahan PEG sebanyak 20% berpengaruh terhadap panjang akar, jumlah cabang akar dan bobot kering akar. Cara pengaplikasian larutan PEG yaitu dengan melarutkan kristal PEG sesuai konsentrasi perlakuan, kemudian ditambahkan dengan air sampai volume mencapai 1 liter. Larutan PEG tersebut diberikan pada tanaman sejak tanaman memiliki daun *trifoliolate* yang telah berkembang sempurna sebanyak 20 ml setiap 2 hari sekali selama fase vegetatif. Penambahan PEG dapat menyebabkan dampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman karena dapat mensimulasikan terjadinya cekaman kekeringan pada tanaman.

Menurut Suhartina dan Kuswantoro (2011) akibat cekaman kekeringan pada tanaman kedelai menyebabkan daun menjadi cepat menua dengan ditandai menurunnya kandungan N dan klorofil pada daun. Kedua komponen tersebut berpengaruh pada proses asimilasi, sehingga apabila jumlahnya berkurang maka akan berdampak pada hasil asimilasi dan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

Penanganan yang tepat untuk membantu mengurangi dampak negatif dari cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan tanaman kedelai ialah dengan penambahan antioksidan. Senyawa antioksidan dapat menangkap molekul radikal bebas dan spesies oksigen reaktif sehingga dapat menghambat reaksi oksidatif. Antioksidan berfungsi melindungi sel tubuh dari serangan radikal bebas serta

meredam dampak negatif yang dihasilkan (Sari, 2017). Salah satu tanaman yang dapat menghasilkan senyawa antioksidan ialah tumbuhan bandotan.

Tumbuhan bandotan merupakan gulma berdaun lebar yang dapat tumbuh disekitar areal penanaman. Berdasarkan penelitian uji fitokimia yang dilakukan oleh Melissa dan Muchtaridi (2020) menyatakan bahwa pada daun, batang, dan juga akar tanaman mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tannin, saponin, triterpenoid, steroid dan fenolik. Fenolik dan flavonoid merupakan senyawa antioksidan alami yang terkandung dalam bandotan, sehingga apabila senyawa tersebut semakin banyak maka aktivitas antioksidan akan semakin tinggi. Sehingga daun bandotan memiliki potensi sebagai sumber antioksidan eksogen alami yang dapat digunakan untuk mengurangi dampak dari cekaman kekeringan pada tanaman kedelai.

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemberian antioksidan dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Suryaman dkk., (2021) senyawa antioksidan yang terkandung dalam ekstrak daun sembung rambat dengan konsentrasi 1%, 1,5% dan 2% dapat meningkatkan pertumbuhan kedelai pada keadaan cekaman kekeringan, penambahan ekstrak daun sembung rambat tersebut berpengaruh pada parameter tinggi tanaman, luas daun, bobot kering tanaman, dan nisbah pupus akar dengan peningkatan berturut-turut sebesar 17,5%, 44,6%, 36,7%, dan 24,5%, sehingga dapat berpeluang untuk mengurangi dampak cekaman kekeringan pada tanaman kedelai. Berdasarkan uraian tersebut, penggunaan antioksidan dari ekstrak daun bandotan diharapkan dapat menekan atau mengurangi dampak merugikan yang disebabkan oleh adanya cekaman kekeringan pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.).

2.3.Hipotesis

Berdasarkan kerangka berpikir di atas, maka dapat dikemukakan hipotesis sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh antara kombinasi PEG 6000 dan antioksidan ekstrak daun bandotan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai (*Glycine max* L.).

2. Terdapat kombinasi terbaik PEG 6000 dan antioksidan ekstrak daun bandotan yang memberikan hasil paling baik terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai (*Glycine max* L.).