

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill)

Kedelai merupakan tanaman yang proses spesiasinya cukup panjang (Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, 2013). Tiga ilmuwan pemerhati klasifikasi kedelai yakni Hermann (1962), Verdcourt (1966), dan Hymowitz (1970) telah berhasil mengklasifikasikan kedelai sebagaimana yang digunakan sampai saat ini. Klasifikasi tanaman kedelai ialah sebagai berikut ;

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: Glycine
Spesies	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill.

(Adisarwanto, 2005)

Tanaman kedelai merupakan salah satu tanaman pangan di Indonesia. Peranannya sebagai salah satu sumber protein nabati utama dengan harga yang relatif murah menjadikan kedelai sebagai pangan utama ketiga di Indonesia. Jenis kedelai yang dibudidayakan (*Glycine max* (L.) Merrill) di Indonesia ialah tanaman semusim berumur tanam antara 72 – 90 hari. Kedelai merupakan tanaman tegak dengan tinggi 40 – 90 cm, bercabang, memiliki daun bertiga, bulu pada daun dan polong tidak terlalu padat (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013). Selama pertumbuhannya, tanaman kedelai memerlukan curah hujan sekitar 450 mm (Suhartina dan Heru Kuswantoro, 2011).

Morfologi kacang kedelai ialah sebagai berikut :

A. Biji

Biji kedelai memiliki beragam bentuk dari lonjong hingga bulat, tetapi sebagian besar bentuk biji kedelai yang dibudidayakan di Indonesia berbentuk lonjong (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013). Di Indonesia kedelai dikelompokkan berukuran besar (berat > 14 g/100 biji), sedang (10-14 g/100 biji), dan kecil (<10 g/100 biji). Setiap polong berisi 1-4 biji (Stefia, 2017). Biji kedelai sebagian besar tersusun oleh kotiledon dan dilapisi oleh kulit biji (testa). Warna kulit biji kedelai bervariasi dari kuning, hijau, coklat, hitam hingga kombinasi berbagai warna atau campuran (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013).

Polong kedelai pertama kali muncul sekitar 10-14 hari masa pertumbuhan yakni setelah bunga pertama muncul. Pembentukan dan pembesaran polong akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur dan jumlah bunga yang terbentuk. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan meningkat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Periode pengisian biji pada kedelai merupakan fase kritis dalam pencapaian hasil optimal. Pada fase tersebut terjadinya kekurangan atau kelebihan air, serangan hama atau penyakit, dan sebagainya akan berpengaruh buruk pada proses pengisian biji (Adisarwanto, 2005).

B. Batang

Batang tanaman kedelai berasal dari poros embrio yang terdapat pada biji masak. Hipokotil merupakan bagian terpenting pada poros embrio, yang berbatasan dengan bagian ujung bawah permulaan akar yang menyusun bagian kecil dari poros bakal akar hipokotil. Bagian atas poros embrio berakhir pada epikotil yang terdiri dari dua daun sederhana, yaitu primordia daun bertiga pertama dan ujung batang (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013).

Batang kedelai termasuk ke dalam jenis batang semak dengan tinggi antara 30-100 cm. Ciri-ciri tanaman yang memiliki batang jenis ini ialah memiliki banyak cabang dan tinggi yang lebih rendah, batang bertekstur lembut dan hijau, tumbuh dengan cepat. Hipokotil setiap batang dapat membentuk 3-6 cabang (Stefia, 2017). Pertumbuhan tanaman kedelai dapat dibedakan berdasarkan pertumbuhan batang

dan bunga atau disebut dengan determinit dan atau indeterminit. Pola pertumbuhan diantara kedua tipe tersebut disebut semi-determinit. Pada tipe determinit, pertumbuhan vegetatif berhenti setelah fase berbunga. Sedangkan pada tipe indeterminit pertumbuhan vegetatif tetap berlanjut setelah berbunga. Varietas kedelai yang ada di Indonesia pada umumnya bertipe tumbuh determinit (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013).

Jumlah buku pada batang tanaman dipengaruhi oleh tipe tumbuh batang dan periode panjang penyinaran pada siang hari. Buku tanaman kedelai pada kondisi normal berkisar 15-30 buah. Cabang akan muncul di batang tanaman dengan jumlah tergantung dengan varietas dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak bercabang. Jumlah batang tidak mempunyai hubungan yang signifikan dengan biji yang diproduksi (Adisarwanto, 2005).

C. Akar

Akar tanaman kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Selain itu, dari bagian bawah hipokotil kedelai pun kerap terbentuk akar adventif. Hal ini mungkin terjadi apabila ada pengaruh dari kondisi fisik dan kimia tanah, jenis tanah, cara pengolahan lahan, kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah (Stefia, 2017). Panjang akar tunggang ditentukan oleh berbagai faktor seperti kekerasan tanah, populasi tanaman, varietas, dan sebagainya. Kedalaman tanah yang bisa dijangkau oleh akar tunggang ialah 250 cm. Pada umumnya sistem perakaran terdiri dari akar lateral yang berkembang 10-15 cm di atas tanah yang tetap berfungsi mengabsorpsi dan mendukung kehidupan tanaman. Apabila kondisi kelembaban dan suhu sesuai, calon akar akan muncul dari kulit biji yang retak di daerah mikrofil dalam 1-2 hari. Pertumbuhan calon akar ke dalam tanah terjadi sangat cepat dan ketika mencapai panjang 2-3 cm, cabang akar pertama akan muncul. Kedelai memiliki kemampuan untuk membentuk bintil akar seperti *Rhizobium japonicum* yang mampu menambat nitrogen dan bermanfaat bagi tanaman. Bintil akar pertama terlihat 10 hari setelah tanam (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013).

D. Daun

Bentuk daun kedelai adalah lancip, bulat dan lonjong serta terdapat perpaduan daun misalnya antara lonjong dan lancip tetapi sebagian besar bentuk daun kedelai di Indonesia ialah lonjong (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013). Bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Daun kedelai memiliki bulu dengan warna cerah dan jumlah yang bervariasi tergantung pada tingkat toleransi varietas tersebut terhadap serangan jenis hama tertentu (Adisarwanto, 2005). Daun kedelai terbagi menjadi tipe yaitu kotiledon atau daun biji, dua helai daun primer sederhana, daun bertiga, dan profila. Bentuk dari daun primer ialah oval dengan tangkai daun sepanjang 1-2 cm, terletak berseberangan pada buku pertama di atas kotiledon. Terdapat sepasang stipula pada setiap daun yang terletak pada dasar daun yang menempel pada batang. Tipe daun lainnya terbentuk pada batang utama kedelai dan pada cabang lateral terdapat daun trifoliat yang secara bergantian dalam susunan yang berbeda. Anak daun bertiga mempunyai bentuk yang beragam dari bulat hingga lancip. Daun tunggal memiliki panjang 4-20 cm dan lebar 3-10 cm. Pada umumnya panjang tangkai daun lateral hanya 1 cm atau bahkan kurang dari itu (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013).

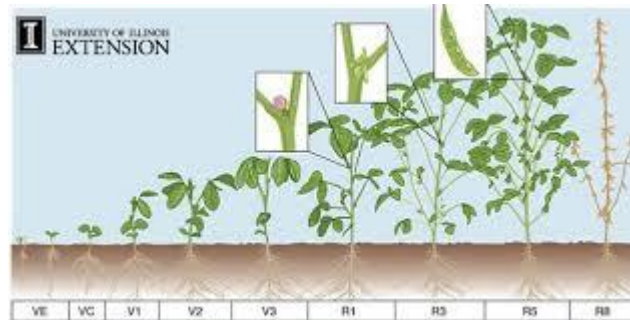
E. Bunga

Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang bersifat kleistogami (Adie dan Ayda Krisnawati, 2013). Pada fase reproduktif, sebagian besar tanaman kedelai mulai berbunga pada umur antara 5-7 minggu. Bunga ini biasanya tumbuh di ketiak daun dengan jumlah yang beragam pada setiap ketiaknya antara 2-25 bunga tergantung pada kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bentuk dari bunga kedelai menyerupai kupu-kupu (Adisarwanto, 2005). Warna bunga yang umum pada tanaman kedelai ialah putih dan ungu. Periode berbunga pada tanaman kedelai cukup lama yaitu 3-5 minggu untuk daerah subtropik dan 2-3 minggu di daerah tropik (Stefia, 2017).

F. Pertumbuhan Vegetatif Kedelai

Fase vegetatif pada tanaman kedelai merupakan tahap awal pertumbuhan setelah perkecambahan hingga sebelum masuk ke fase generatif (berbunga dan

pembentukan polong). Fase ini ditandai dengan pembentukan buku (node) dan daun baru serta akumulasi berat kering bagian vegetatif tanaman. Tahapan fase vegetatif tanaman kedelai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Fase vegetatif tanaman kedelai

Fase vegetatif diawali dengan perkecambahan (VE) biasanya berlangsung sekitar 0-5 hari setelah tanam., kemudian fase kotiledon (VC) terjadi sekitar 7 hari setelah tanam, fase pembentukan buku ke1 (V1) sekitar 12 hari setelah tanam, fase pembentukan buku ke2 (V2) sekitar 18 hari setelah tanam, dan fase pembentukan buku ke-n (Vn) berlangsung hingga sekitar 35-42 hari setelah tanam, saat tanaman mulai memasuki fase generatif (Suhartina dkk., 2012).

2.1.2 Invigorasi Benih

Menurut Sucahyono (2009), invigorasi dapat didefinisikan sebagai suatu perlakuan fisik atau kimia untuk meningkatkan atau memperbaiki vigor benih. Konsep dasar dari invigorasi benih ialah pengontrolan hidrasi (kondisi kelembaban). Invigorasi benih dapat meningkatkan aktivitas enzim amilase dan dehidrogenase serta memperbaiki integritas membran sel. Aktivitas kedua enzim tersebut menunjukkan daya hidup benih. Invigorasi dapat dilakukan melalui teknik *osmoconditioning* dan *matricconditioning*. *Osmoconditioning (priming)* adalah invigorasi menggunakan larutan osmotik. Perlakuan ini dapat mengurangi kecepatan masuknya air ke dalam benih sehingga potensial air benih meningkat karena potensial air benih akan menjadi sangat rendah apabila penyerapan air ke dalam benih berlangsung dengan cepat. *Matricconditioning* adalah invigorasi menggunakan media padat yang lembap. Peningkatan fisiologis dan biokimiawi melalui teknik ini ialah dengan media imbibisi yang memiliki potensial matrik

rendah dan potensial osmotik yang dapat diabaikan. Hal tersebut bertujuan untuk menyeimbangkan tekanan potensial air benih guna merangsang metabolisme benih agar siap berkecambah (Sucahyono, 2009).

Benih kedelai merupakan jenis benih yang cepat mengalami deteriorasi atau penurunan viabilitas dan vigor terutama jika disimpan pada kondisi yang kurang optimum. Benih yang telah mengalami deteriorasi dapat ditingkatkan kualitasnya melalui invigorasi. Potensial air pada benih yang diberi perlakuan invigorasi sebelum tanam akan menjadi seimbang sehingga dapat merangsang kegiatan metabolisme di dalam benih dan benih pun siap untuk berkecambah (Saryoko *dkk.*, 2013).

2.1.3 Antioksidan pada Ekstrak Kulit Buah Mangga (*Mangifera indica* L.)

Antioksidan adalah substansi yang diperlukan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal, protein, dan lemak. Antioksidan menstabilkan radikal bebas dengan cara melengkapi kekurangan elektron yang dimiliki radikal bebas dan menghambat terjadinya reaksi berantai dari pembentukan radikal bebas yang dapat menimbulkan stres oksidatif (Hasanah, 2015). Ada dua jenis antioksidan berdasarkan sumbernya yakni antioksidan endogen dan antioksidan eksogen. Antioksidan endogen ialah antioksidan yang berasal dari dalam tubuh tanaman itu sendiri yang berperan dalam pencegahan kerusakan jaringan akibat ROS. Antioksidan melindungi tanaman dari serangan radikal bebas serta meredam dampak negatifnya. Senyawa yang bersifat antioksidan ini dapat melindungi sel dari kerusakan akibat spesies oksigen reaktif (ROS) melalui mekanisme sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkhelat logam, peredam terbentuknya singlet oksigen serta pendonor elektron (Karadeniz *dkk.*, dalam Sayuti dan Yenrina, 2015).

Antioksidan eksogen ialah antioksidan yang berasal dari luar tubuh tanaman tersebut, memiliki fungsi yang sama dengan antioksidan endogen tetapi diperlukan ketika produksi ROS berlebih di dalam tanaman.

Mangga merupakan tanaman yang cukup dikenal di Indonesia. Tanaman ini tergolong ke dalam kelompok buah berdaging dengan bentuk, ukuran, warna, cita rasa beraneka ragam. Kebanyakan tujuan utama pembudidayaannya untuk memanen buahnya saja, padahal mangga juga mengandung senyawa asam askorbat, karotenoid dan fenolik yang cukup tinggi sehingga mangga memiliki potensi sebagai sumber antioksidan dengan mutu yang baik (Suwardike, 2018). Kulit mangga merupakan salah satu bagian tanaman yang sering digunakan dalam pengobatan tradisional (Toyibah dan M. Taswin, 2020). Hal ini dikarenakan bagian tanaman mangga yang berpotensi menghasilkan antioksidan adalah cabang/batang, daun dan buah khususnya daging buah dan kulit buah mangga (Suwardike *dkk.*, 2018). Kulit buah mangga mengandung senyawa aktif seperti flavonoid, tannin, steroid, terpenoid, alkaloid dan saponin. Flavonoid mempunyai kemampuan untuk menangkap radikal bebas (Toyibah dan M. Taswin, 2020).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulangsri *dkk.* (2017), didapati bahwa fraksi dietileter ekstrak etanol buah mangga arumanis memiliki nilai IC_{50} sebesar 75,22 ppm dan Vitamin C 1,18 ppm sehingga memiliki potensi antioksidan yang kuat. Dari penelitian tersebut maka diasumsikan bahwa potensi antioksidan pada kulit buah mangga ialah antioksidan dengan kategori kuat.

2.1.4 Cekaman Kekeringan

Cekaman kekeringan merupakan istilah untuk menyatakan bahwa tanaman mengalami kekurangan air akibat keterbatasan air dari lingkungannya yaitu media tanam. Rendahnya ketersediaan air menyebabkan suplai air di daerah perakaran semakin berkurang sehingga menghambat proses penyerapan air oleh akar tanaman. Gejala pertama yang tampak dari tanaman yang mendapat cekaman kekeringan yaitu akar sebagai organ yang berperan penting pada penyerapan air dan unsur hara akan mengalami perubahan anatomi dan fisiologi sehingga sistem perakaran tidak berkembang (pendek dan tebal). Selain akar, parameter yang nampak pada kondisi kekeringan dapat dilihat pada fase pertumbuhan vegetatifnya yaitu ukuran daun yang kecil, berkurangnya diameter batang dan bobot tanaman (Azizah, 2010). Hal tersebut dikarenakan tanaman akan memberikan respon secara anatomi dan fisiologi ketika menghadapi kondisi tercekam sebagai usaha untuk

menerima, menghindari, dan menetralkan pengaruh dari cekaman tersebut pada saat terjadi cekaman kekeringan (Rosawanti *dkk.*, 2015).

Cekaman kekeringan dapat menyebabkan terjadinya embolisme pada xilem. Embolisme ini akan mengakibatkan terbatasnya aliran air yang melewati xilem sehingga dapat menurunkan kapasitas tanaman untuk mengangkut air menuju kanopi. Hal ini dapat mengakibatkan kematian tajuk, cabang bahkan seluruh tanaman. Cekaman kekeringan juga dapat menginduksi cekaman oksidatif yang disebabkan oleh adanya aktivitas ROS. ROS merupakan senyawa radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada lipid, protein dan DNA (Rosawanti *dkk.*, 2015).

Hasil tanaman kedelai akan menurun secara drastis ketika tanaman mengalami cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan yang terjadi pada fase pertumbuhan berpengaruh terhadap penurunan hasil karena menyebabkan daun dan diameter batang mengecil, tanaman menjadi pendek dan bobot kering tanaman menjadi ringan. Cekaman kekeringan pada saat proses pembentukan bunga akan mengurangi jumlah bunga yang terbentuk sehingga jumlah polong juga akan berkurang secara nyata (Suryanti *dkk.*, 2015).

2.2 Kerangka Pemikiran

Cekaman kekeringan didefinisikan sebagai kondisi di mana tanaman mengalami kekurangan air akibat tidak seimbangnya antara ketersediaan air dengan kebutuhan air pada tanaman. Cekaman kekeringan menyebabkan efek merugikan terhadap tanaman, baik karakter morfologis, biokimia, maupun fisiologis (Rosawanti *dkk.*, 2015). Kekeringan lebih berpengaruh terhadap perpanjangan sel (fase vegetatif) dibanding pembelahan sel (fase reproduktif), yang menyebabkan tanaman tumbuh kerdil. Cekaman kekeringan yang terjadi pada fase vegetatif mengakibatkan tanaman tumbuh pendek, luas daun berkurang, volume akar berkurang, dan pertumbuhan tanaman menurun (Harsono *dkk.*, 2013). Tanaman yang tumbuh dalam kondisi cekaman kekeringan dapat mengalami embolisme pada xilem. Hal tersebut akan membatasi aliran air yang melewati xilem sehingga dapat menurunkan kapasitas tanaman untuk mengangkut air menuju kanopi. Akibatnya

tajuk, cabang bahkan seluruh tanaman kemungkinan mengalami kematian (Rosawanti *dkk.*, 2015).

Cekaman kekeringan juga dapat menginduksi cekaman oksidatif yang disebabkan oleh adanya aktivitas ROS merupakan radikal bebas yang sangat berbahaya. Cekaman oksidatif ialah kondisi di mana lingkungan seluler mengalami peningkatan produksi ROS akibat *overreduksi* dari sistem cahaya fotosintesis karena senyawa reduktan yang tidak termanfaatkan akibat terhambatnya CO₂ selama cekaman kekeringan (Rosawanti *dkk.*, 2015). ROS merupakan radikal bebas yang dapat merusak makromolekul pembentuk sel, seperti karbohidrat, protein, lemak, dan asam nukleat, mengubah integritas membran dan transpor ion, menurunkan aktivitas enzim, hambatan sintesis protein bahkan kematian sel (Suryaman *dkk.*, 2020).

Tanaman kedelai sangat sensitif terhadap pengaruh cekaman kekeringan (Suhartina dan Kuswantoro, 2011). Cekaman kekeringan pada fase vegetatif tanaman kedelai menyebabkan daun dan diameter batang mengecil, tanaman menjadi pendek, dan berat tanaman menjadi ringan. Akibatnya cekaman kekeringan pada fase vegetatif tanaman kedelai dapat menghambat distribusi karbohidrat dari daun ke polong sehingga jumlah dan ukuran biji menurun. Saputra *dkk.* (2015) mengemukakan bahwa cekaman kekeringan (50% kapasitas lapang) menurunkan laju pertumbuhan tanaman sebesar 75%; tinggi tanaman sebesar 32,89%, jumlah polong isi sebesar 51,94%; bobot polong sebesar 51,23%; bobot biji pertanaman sebesar 63,92%. Cekaman kekeringan pun menyebabkan adanya penurunan hasil sebesar 21% - 55% dibanding dengan hasil tanaman yang mendapat pengairan optimal selama pertumbuhan sampai panen (Suhartina dan Kuswantoro, 2011).

Pengaruh cekaman kekeringan dapat diatasi dengan perlakuan invigorasi menggunakan antioksidan. Antioksidan merupakan komponen yang dapat melindungi sel dari kerusakan yang diakibatkan oleh radikal bebas berlebih (Asyura, 2021) melalui mekanisme sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkhelat logam, peredam terbentuknya singlet oksigen serta pendonor elektron (Karadeniz *dkk.*, dalam Sayuti dan Yenrina, 2015). Buah mangga merupakan buah yang sering digunakan sebagai obat tradisional mulai dari daun, akar, buah, kulit

hingga biji dikarenakan mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin katekat (Fadhilah *dkk.*, 2020). Beberapa hasil penelitian pun menyebutkan bahwa mangga memiliki potensi sebagai sumber antioksidan dengan mutu yang baik (Suwardike *dkk.*, 2018). Kandungan senyawa antioksidan khususnya asam askorbat, karotenoid dan fenol beragam tergantung jenis mangga dan tipe jaringan atau organ tanaman, tetapi bagian tanaman mangga yang berpotensi menghasilkan antioksidan adalah cabang/batang, daun dan buah khususnya daging buah dan kulit buah mangga (Suwardike *dkk.*, 2018).

Kandungan β -karoten pada buah mangga berkisar antara 3,09-39,02 mg/kg. Kandungan asam askorbat juga bervariasi antara 11,5-134,5 mg/100 g. Untuk kandungan fenol total buah mangga berkisar antara 19,5-130,8 mg/100 g. Selain itu untuk kandungan total polypenol pada kulit mangga mentah sekitar 92,62 mg/g (Suwardike *dkk.*, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa kulit buah mangga berpotensi untuk menjadi sumber antioksidan.

Pada penelitian pendahulu, diketahui bahwa perlakuan invigorasi dengan ekstrak kulit manggis atau ekstrak kunyit berpotensi dapat digunakan untuk mitigasi cekaman salinitas pada fase perkecambahan tanaman kedelai yang diberi perlakuan cekaman salinitas karena mampu meningkatkan daya kecambah, mempercepat laju perkecambahan, memperpanjang akar, mengurangi daya hantar listrik, mempersingkat waktu perkecambahan, dan dapat meningkatkan bobot kering kecambah (Suryaman *dkk.*, 2021). Di sisi lain, Suryaman *dkk.* (2020) mengemukakan bahwa pemberian ekstrak kunyit pun berpotensi untuk menjadi antioksidan pada budidaya kacang hijau di lahan kering dikarenakan hasil panen biji tidak berkurang meskipun mengalami cekaman kekeringan (75% kapasitas lapangan). Demikian juga terhadap jumlah biji dan kadar air relatif daun tetap tinggi dengan perlakuan yang sama.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan uraian di atas, diajukan hipotesis sebagai berikut :

1. Terjadi interaksi antara konsentrasi antioksidan ekstrak kulit buah mangga dengan tingkat cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan vegetatif kacang kedelai.
2. Diketahui konsentrasi antioksidan ekstrak kulit buah mangga yang berpengaruh baik terhadap pertumbuhan kacang kedelai pada kondisi cekaman kekeringan.