

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN DAN HIPOTESIS**

#### **2.1. Tinjauan pustaka**

##### **2.1.1 Tanaman kedelai**

###### **A. Sejarah dan Sistematika kedelai**

Kedelai merupakan tanaman asli daratan Cina dan telah dibudidayakan oleh manusia sejak 2.500 SM. Sejalan dengan makin berkembangnya perdagangan antar negara pada abad ke-19, menyebabkan tanaman kedelai juga ikut tersebar ke berbagai negara tujuan perdagangan tersebut, yaitu Jepang, Korea, Indonesia, India, Australia, dan Amerika. Kedelai mulai dikenal di Indonesia sejak abad ke 16. Awal mula penyebaran dan pembudidayaan kedelai yaitu di pulau Jawa, kemudian berkembang ke pulau-pulau lainnya (Sumarno, 1983).

Pada awalnya, kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja* dan *Soja max*. Pada tahun 1948 telah disepakati bahwa nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* (L.) Merill.

Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut:

Kerajaan	:	Plantae
Divisi	:	Magnoliophyta
Kelas	:	Magnoliopsida
Subkelas	:	Rosidae
Ordo	:	Fabales
Famili	:	Fabaceae
Genus	:	Glycine
Spesies	:	<i>Glycine max</i> (L.) Merril

Kedelai yang dibudidayakan terdiri dari dua spesies yaitu *Glycine max* (disebut kedelai putih, yang bijinya bisa berwarna kuning, agak putih, atau hijau) dan *Glycine soja* (kedelai hitam, berbiji hitam). *Glycine max* merupakan tanaman asli daerah Asia subtropik seperti RRC dan Jepang Selatan, sementara *Glycine*

*soja* merupakan tanaman asli Asia tropis di Asia Tenggara. Tanaman ini telah menyebar ke Jepang, Korea, Asia Tenggara dan Indonesia.

## **B. Morfologi kedelai**

Tanaman kedelai umumnya tumbuh tegak, berbentuk semak, dan merupakan tanaman semusim. Morfologi tanaman kedelai didukung oleh komponen utamanya, yaitu akar, daun, batang, polong, dan biji sehingga pertumbuhannya bisa optimal (Padjar, 2010).

### 1. Akar

Akar kedelai mulai muncul dari belahan kulit biji yang muncul di sekitar misofil. Calon akar tersebut kemudian tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri atas dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan hipokotil yang cepat (Padjar, 2010).

### 2. Batang dan cabang

Hipokotil pada proses perkecambahan merupakan bagian batang, mulai dari pangkal akar sampai kotiledon. Hopikotil dan dua keeping kotiledon yang masih melekat pada hipokotil akan menerobos ke permukaan tanah. Bagian batang kecambah yang berada di atas kotiledon tersebut dinamakan epikotil. Pertumbuhan batang kedelai dibedakan menjadi dua tipe, yaitu tipe determinate dan indeterminate. Cabang akan muncul di batang tanaman. Jumlah cabang tergantung dari varietas dan kondisi tanah, tetapi ada juga varietas kedelai yang tidak bercabang. Jumlah batang bisa menjadi banyak bila penanaman dirapatkan dari 250.000 tanaman/hektar menjadi 500.000 tanaman/hektar (Padjar, 2010).

### 3. Daun

Tanaman kedelai mempunyai dua bentuk daun yang dominan, yaitu stadia kotiledon yang tumbuh saat tanaman masih berbentuk kecambah dengan dua helai daun tunggal dan daun bertangkai tiga (trifoliate leaves). Umumnya, bentuk daun kedelai ada dua, yaitu bulat (oval) dan lancip (lanceolate). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Umumnya, daun mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlahnya bervariasi. Panjang bulu bisa mencapai 1 mm dan lebar 0,0025 mm (Padjar, 2010).

#### 4. Bunga

Tanaman kacang-kacangan, termasuk tanaman kedelai, mempunyai dua stadia tumbuh, yaitu stadia vegetatif dan stadia reproduktif. Stadia vegetatif mulai dari tanaman berkecambah sampai saat berbunga, sedangkan stadia reproduktif mulai dari pembentukan bunga sampai pemasakan biji. Tanaman kedelai termasuk peka terhadap perbedaan panjang hari, khususnya saat pembentukan bunga. Bunga kedelai menyerupai kupu-kupu. Tangkai bunga umumnya tumbuh dari ketiak tangkai daun yang diberi nama rasim. Jumlah bunga pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, 2—25 bunga, tergantung dari kondisi lingkungan tumbuh dan varietas kedelai. Bunga pertama yang terbentuk umumnya pada buku ke lima, ke enam, atau pada buku yang lebih tinggi. Warna bunga yang umum pada berbagai varietas kedelai hanya dua, yaitu putih dan ungu.

#### 5. Polong dan biji

Menurut Padjar (2012), polong kedelai pertama kali terbentuk sekitar 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Panjang polong muda sekitar 1 cm. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1-10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50, bahkan ratusan. Kecepatan pembentukan polong dan pembesaran biji akan semakin cepat setelah proses pembentukan bunga berhenti. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemudian diikuti oleh perubahan warna polong, dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak. Di dalam polong terdapat biji yang berjumlah 2-3 biji. Setiap biji kedelai mempunyai ukuran bervariasi, mulai dari kecil (sekitar 7-9 g/100 biji), sedang (10-13 g/100 biji), dan besar (>13 g/100 biji). Bentuk biji bervariasi, tergantung pada varietas tanaman, yaitu bulat, agak pipih, dan bulat telur. Namun demikian, sebagian besar biji berbentuk bulat telur. Biji kedelai terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kulit biji dan janin (embrio). Pada kulit biji terdapat bagian yang disebut pusar (hilum) yang berwarna coklat, hitam, atau putih. Pada ujung hilum terdapat mikrofil, berupa lubang kecil yang terbentuk pada saat proses pembentukan biji. Warna kulit biji bervariasi, mulai

dari kuning, hijau, coklat, hitam, atau kombinasi campuran dari warna-warna tersebut. Biji kedelai tidak mengalami masa dormansi sehingga setelah proses pembijian selesai, biji kedelai dapat langsung ditanam. Namun demikian, biji tersebut harus mempunyai kadar air berkisar 12-13% (Padjar, 2010).

### **C. Bintil akar dan penambatan nitrogen**

Tanaman kedelai dapat mengikat nitrogen ( $N_2$ ) di atmosfer melalui aktivitas bakteri pengikat nitrogen, yaitu *Rhizobium japonicum* (Hardarson & Atkins, 2003). Bakteri ini terbentuk di dalam akar tanaman yang diberi nama nodul atau bintil akar. Keberadaan *Rhizobium japonicum* di dalam tanah memang sudah ada karena tanah tersebut ditanami kedelai atau memang sengaja ditambahkan ke dalam tanah. Kemampuan memfiksasi  $N_2$  ini akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman, tetapi maksimal hanya sampai akhir masa berbunga atau mulai pembentukan biji. Setelah masa pembentukan biji, kemampuan bintil akar memfiksasi  $N_2$  akan menurun bersamaan dengan semakin banyaknya bintil akar yang tua dan luruh. Di samping itu, diduga karena kompetisi fotosintesis antara proses pembentukan biji dengan aktivitas bintil akar (Fachruddin, 2000).

### **D. Syarat tumbuh tanaman kedelai**

Tanaman kedelai dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah dengan syarat drainase dan aerasi tanah cukup baik serta ketersediaan air yang cukup selama masa pertumbuhan. Kedelai dapat tumbuh pada jenis tanah Alluvial, Regosol, Grumosol, Latosol, Andosol, Podsolik Merah Kuning, dan tanah yang mengandung pasir kuarsa, perlu diberi pupuk organik atau kompos, fosfat dan pengapuran dalam jumlah cukup.

Pada dasarnya kedelai menghendaki kondisi tanah yang tidak terlalu basah, tetapi air tetap tersedia. Kedelai juga membutuhkan tanah yang kaya akan humus atau bahan organik. Bahan organik yang cukup dalam tanah akan memperbaiki daya olah dan juga merupakan sumber makanan bagi jasad renik, yang akhirnya akan membebaskan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman. Toleransi keasaman tanah sebagai syarat tumbuh bagi kedelai adalah pH 5,8-7,0 tetapi pada pH 4,5

pun kedelai dapat tumbuh. Pada pH kurang dari 5,5 pertumbuhannya sangat terlambat karena keracunan aluminium (Padjar, 2010).

Umumnya pertumbuhan terbaik tanaman kedelai terjadi pada temperatur antara 25 sampai 27°C, dengan penyinaran penuh (minimal 10 jam/hari). Tanaman kedelai menghendaki curah hujan optimal antara 100 sampai 200 mm/bulan, dengan kelembaban rata-rata 50%. Kedelai dapat tumbuh pada ketinggian tempat 0 sampai 900 meter di atas permukaan air laut, namun optimalnya 650 meter di atas permukaan air laut (Sutomo, 2011).

### **2.1.2 Salinitas**

#### **A. Pengertian salinitas**

Salinitas adalah kandungan garam dalam air atau tanah yang dinyatakan dalam jumlah garam per satuan volume atau berat. Tingkat salinitas dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan produktivitasnya karena tingkat salinitas yang tinggi dapat menyebabkan cekaman pada tanaman dan menghambat absorpsi nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Tingkat salinitas yang tinggi juga dapat menyebabkan kerusakan pada struktur tanah dan dapat menyebabkan degradasi lahan. Menurut Rhoades dkk. (1992), Salinitas merupakan total konsentrasi ion-ion terlarut dalam medium air maupun tanah yang berasal dari akumulasi garam-garam mineral. Menurut US Salinity Laboratory Staff (1954), salinitas adalah kemampuan air untuk menghambat pertumbuhan tanaman karena kandungan garam-garam mineralnya. Menurut Munns (2002), salinitas adalah konsentrasi garam di dalam tanah atau air yang dapat mempengaruhi osmosis, ketersediaan air, dan nutrisi bagi tanaman. Menurut Food and Agriculture Organization (FAO) (2012), salinitas adalah kandungan garam dalam tanah atau air yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Menurut Wardhana *et al.* (2017), salinitas adalah konsentrasi garam dalam air atau tanah yang mempengaruhi keberlangsungan pertumbuhan tanaman.

Secara keseluruhan, salinitas memengaruhi tanaman baik secara langsung melalui toksisitas dan kekurangan air, maupun secara tidak langsung dengan mengurangi akses tanaman terhadap nutrisi penting. Oleh karena itu, manajemen

salinitas merupakan tantangan besar dalam mengoptimalkan lahan pertanian suboptimal yang terkena cekaman salinitas.

### **B. Penyebab salinitas**

Tingkat penguapan merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan salinitas di suatu daerah. Semakin tinggi tingkat penguapan, maka semakin besar jumlah air yang hilang dan semakin tinggi konsentrasi garam pada air yang tersisa. Hal ini dapat terjadi pada daerah yang memiliki iklim kering, sehingga sering mengalami kekeringan dan memiliki tingkat penguapan yang tinggi. Tingkat penguapan memiliki pengaruh terhadap salinitas air tanah di wilayah pantai utara Jawa Barat.

Dari hasil penelitian Wardhana dkk (2017) diketahui bahwa tingkat penguapan yang tinggi menyebabkan kandungan garam di dalam air meningkat, sehingga dapat meningkatkan tingkat salinitas air tanah di wilayah pantai utara Jawa Barat. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa pada musim kemarau, tingkat penguapan yang tinggi menyebabkan kenaikan tingkat salinitas air tanah di wilayah tersebut. Ghosh (2014) juga mengemukakan bahwa tingkat penguapan air laut dan air tanah yang tinggi dapat mempengaruhi terjadinya intrusi air laut ke dalam tanah dan meningkatkan salinitas di daerah pesisir. Hal ini disebabkan karena tingkat penguapan yang tinggi akan mengurangi volume air di permukaan tanah, sehingga air laut dapat masuk ke dalam tanah dan meningkatkan konsentrasi garam.

Tingkat curah hujan juga dapat mempengaruhi salinitas di suatu daerah. Jika curah hujan rendah, maka volume air permukaan akan berkurang dan konsentrasi garam akan meningkat, sehingga dapat menyebabkan peningkatan salinitas. Sebaliknya, jika curah hujan tinggi, maka volume air permukaan akan meningkat dan konsentrasi garam akan menurun, sehingga dapat menyebabkan penurunan salinitas. Studi yang dilakukan oleh Deekshitha dan Nagaraju (2018) di Bangalore Urban District, Karnataka, India, menunjukkan bahwa curah hujan berpengaruh pada kualitas air tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi garam di dalam air tanah cenderung menurun saat terjadi curah hujan yang cukup tinggi.

Namun, ketika curah hujan sangat rendah, air tanah lebih mudah tercemar oleh garam dari sumber lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa curah hujan dapat mempengaruhi salinitas air tanah.

Percampuran air tawar juga dapat mempengaruhi salinitas, terutama di daerah estuari atau muara sungai (Rhoades dkk, 1992), hal ini disebabkan oleh adanya masuknya air tawar dari sungai yang bercampur dengan air laut yang lebih asin, sehingga menurunkan tingkat salinitas (Munns, 2002). Selain itu, pola air tanah juga dapat mempengaruhi salinitas. Kondisi air tanah yang berbeda dapat mempengaruhi salinitas air di wilayah tersebut. Misalnya, ketika air tanah di wilayah pantai naik ke permukaan, air laut masuk ke dalam air tanah. Kondisi ini dapat meningkatkan salinitas air tanah di wilayah tersebut.

### **C. Metode pengukuran salinitas**

Salinitas dapat diukur dengan berbagai metode termasuk pengukuran konduktivitas listrik dan refraktometer. Pengukuran salinitas dengan konduktivitas listrik didasarkan pada hubungan antara salinitas dengan kemampuan konduktivitas listrik air. Semakin tinggi salinitas, semakin tinggi kemampuan konduktivitas listrik air. Sedangkan pengukuran dengan refraktometer didasarkan pada prinsip bahwa air laut memiliki indeks bias yang lebih tinggi daripada air tawar, sehingga semakin tinggi salinitas, semakin besar indeks biasnya.

Menurut *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association* (AWWA), dan *Water Environment Federation* (WEF) (2017), pengukuran salinitas dapat dilakukan dengan beberapa metode, di antaranya: konduktivitas listrik (*electrical conductivity*). Pengukuran ini didasarkan pada kemampuan larutan untuk menghantarkan listrik. Semakin tinggi konsentrasi ion dalam larutan, semakin besar konduktivitas listriknya. Konduktivitas listrik kemudian dikonversi ke dalam satuan salinitas menggunakan tabel kalibrasi atau persamaan matematis. Selanjutnya pengukuran dengan refractometer. Pengukuran ini didasarkan pada perbedaan indeks bias (refraktif) cahaya antara air murni dan air dengan kandungan garam yang tinggi. Refraktometer mengukur derajat pembiasan cahaya yang melewati sampel air pada sebuah prisma khusus, dan

kemudian dikonversi ke dalam satuan salinitas menggunakan tabel kalibrasi atau persamaan matematis.

Lewis dan Perkin (1985) menambahkan pengukuran salinitas dengan metode konduktivitas listrik. Metode ini mengukur kemampuan air untuk menghantarkan listrik yang terkait dengan jumlah ion dalam air, termasuk ion garam. Konduktivitas listrik dapat diukur dengan menggunakan alat pengukur konduktivitas seperti konduktometer, yang menghasilkan pembacaan dalam satuan Siemens per meter (S/m) atau millisiemens per sentimeter (mS/cm). Satuan ini kemudian dapat dikonversi ke salinitas dalam unit praktis seperti *parts per thousand* (ppt) atau *practical salinity units* (psu). Selain itu, terdapat juga beberapa metode lain untuk mengukur salinitas, seperti titrasi, gravimetri, dan spektrofotometri, namun metode ini umumnya lebih rumit dan memerlukan peralatan dan bahan kimia yang lebih banyak.

#### **D. Pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman**

Menurut Munns dan Tester (2008) salinitas memiliki pengaruh besar pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman, terutama pada jenis tanaman yang sensitif terhadap salinitas. Tingginya tingkat salinitas dapat menghambat pertumbuhan akar, mengurangi absorpsi nutrisi oleh tanaman, dan meningkatkan toksitas ion-ion yang berlebihan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman. Namun, beberapa jenis tanaman seperti mangrove dan beberapa spesies rumput laut dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan yang tinggi salinitasnya.

Pengaruh salinitas terhadap tanaman dapat mempengaruhi berbagai proses metabolisme dan fisiologis tanaman (Menurut Munns dan Tester (2008). Berikut adalah beberapa cara salinitas memengaruhi tanaman:

a. Cekaman air dan ketersediaan nutrisi

Tingkat salinitas yang tinggi menurunkan potensial air tanah sehingga menghambat kemampuan tanaman dalam menyerap air. Ketersediaan nutrisi makro dan mikro seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan besi juga dapat

terpengaruh oleh salinitas, karena garam dapat bersaing dengan akar tanaman dalam penyerapan nutrisi.

b. Penurunan pertumbuhan dan produktivitas

Salinitas tinggi menghambat pertumbuhan tanaman karena penyerapan air dan nutrisi yang terganggu. Tanaman menjadi lebih kecil, daunnya dapat melengkung, dan pertumbuhan akar dapat terhambat. Ini berdampak negatif pada produksi tanaman, seperti berkurangnya jumlah buah, ukuran buah yang lebih kecil, dan penurunan hasil panen.

c. Gangguan fotosintesis

Salinitas mempengaruhi kemampuan tanaman untuk melakukan fotosintesis. Ketersediaan air yang terbatas dan tingginya konsentrasi garam dapat mengurangi proses fotosintesis karena menurunkan ketersediaan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan merusak struktur membran kloroplas.

d. Akumulasi ion tidak diinginkan

Garam dalam larutan tanah dapat terpecah menjadi ion-ion seperti natrium ( $\text{Na}^+$ ) dan klorida ( $\text{Cl}^-$ ), yang kemudian dapat terakumulasi dalam jaringan tanaman. Akumulasi natrium secara khusus dapat mengganggu keseimbangan ion dalam sel tanaman dan mengganggu berbagai proses metabolismik.

e. Keracunan ion logam

Selain natrium, ion logam lain seperti boron dan klorida dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan keracunan pada tanaman. Ini dapat mengganggu struktur membran sel, menyebabkan kerusakan jaringan, dan menghambat proses fisiologis.

f. Peningkatan cekaman oksidatif

Salinitas tinggi dapat menyebabkan peningkatan cekaman oksidatif dalam tanaman, yang terjadi ketika ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas (reaktif) dan kapasitas tanaman untuk menetralkannya. Ini dapat merusak komponen selular dan molekuler, termasuk protein, lipid, dan DNA.

g. Pengaturan hormon dan gen ekspresi

Salinitas dapat mempengaruhi aktivitas hormon tanaman, seperti absisat (ABA) yang terkait dengan respons tanaman terhadap cekaman. Selain itu,

gen ekspresi yang terkait dengan respons terhadap salinitas juga dapat diaktifkan.

Flowers dan Colmer (2015) mengenai adaptasi pada tumbuhan halofit untuk mengatasi salinitas, disimpulkan bahwa tumbuhan halofit memiliki kemampuan untuk bertahan pada lingkungan yang sangat garam dan menyeimbangkan ketersediaan air pada jaringan tanaman. Beberapa mekanisme adaptasi yang dimiliki oleh tumbuhan halofit di antaranya adalah mempertahankan homeostasis ionik, peningkatan kandungan asam amino prolin, modifikasi membran sel untuk mengurangi tekanan osmotik, dan pengaturan ekspresi gen untuk menghasilkan protein dan enzim yang membantu dalam mengatasi cekaman garam. Artikel tersebut menyimpulkan bahwa pemahaman mengenai adaptasi pada tumbuhan halofit dapat memberikan informasi yang berguna untuk mengembangkan varietas tanaman yang tahan garam untuk pertanian di daerah yang terkena dampak salinitas.

Salinitas berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Tanaman yang sensitif terhadap salinitas dapat mengalami cekaman dan mengalami penurunan produksi atau bahkan kematian. Salinitas dapat mengganggu keseimbangan air dan mineral dalam tanaman, menyebabkan gangguan pada proses fotosintesis, dan mempengaruhi struktur dan fungsi membran sel (Munns dan Tester, 2008).

Beberapa jenis tanaman dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan yang tinggi salinitas, seperti halnya pada tanaman halofit. Tanaman halofit memiliki kemampuan untuk mengekstrak air dari lingkungan yang sangat asin, mempertahankan keseimbangan mineral dalam sel-sel mereka, dan menyesuaikan metabolisme mereka dengan kondisi lingkungan yang tinggi salinitas. Oleh karena itu, dalam pertanian dan budidaya tanaman, perlu diperhatikan tingkat salinitas lingkungan dan jenis tanaman yang akan ditanam agar dapat memaksimalkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Arfan *et al.* (2007) mengemukakan bahwa aplikasi asam salisilat pada medium akar dapat meningkatkan pertumbuhan dan kapasitas fotosintetik pada dua varietas gandum musim semi yang berbeda yang tumbuh dalam kondisi

cekaman garam. Asam salisilat dapat meningkatkan ketersediaan klorofil, mengurangi kerusakan membran seluler, dan meningkatkan akumulasi zat pengatur tumbuh dalam tanaman. Oleh karena itu, asam salisilat dapat dianggap sebagai bahan yang efektif dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap salinitas.

Cuartero dkk. (2006) meninjau berbagai mekanisme toleransi garam pada tanaman halofit. Mereka menyimpulkan bahwa adaptasi fisiologis pada level seluler dan molekuler, termasuk akumulasi ion di sitoplasma, transport ion terpusat pada sel, serta pengaturan ekspresi gen, merupakan faktor penting dalam toleransi garam pada tanaman halofit. Studi lebih lanjut dibutuhkan untuk memperjelas mekanisme toleransi garam pada tanaman halofit dan untuk mengembangkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap salinitas tinggi.

### **E. Upaya mengurangi salinitas**

Menurut Munns (2002), ada beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi salinitas, yaitu:

- a. Pemilihan tanaman yang tahan terhadap salinitas: Tanaman yang tahan terhadap salinitas dapat ditanam pada lahan dengan salinitas tinggi untuk mengurangi dampak buruk dari salinitas pada tanaman.
- b. Irigasi yang efisien: Irigasi dengan jumlah air yang tepat dapat membantu mengurangi salinitas di tanah karena air yang cukup akan melarutkan garam dan membawanya keluar dari zona akar.
- c. Drainase yang baik: Sistem drainase yang baik dapat membantu mengurangi salinitas di tanah dengan memungkinkan air bergerak keluar dari zona akar dengan cepat, membawa garam bersamanya.
- d. Pemberian bahan organik: Pemberian bahan organik dapat membantu mengurangi salinitas di tanah dengan meningkatkan sifat fisik tanah dan kapasitas airnya sehingga membantu mengurangi penumpukan garam di tanah.

Menurut Koyro (2006), ada beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi salinitas pada tanaman, antara lain:

- a. Penggunaan air yang bersih dan berkualitas tinggi, seperti air hujan atau air permukaan yang tidak tercemar garam.
- b. Irigasi dengan teknik tetes atau mikroirigasi, yang dapat mengurangi kehilangan air akibat penguapan dan sekaligus membatasi jumlah garam yang masuk ke dalam tanah.
- c. Pemupukan dengan pupuk organik untuk meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah, yang dapat meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan garam dan menetralkan garam yang sudah ada di dalam tanah.
- d. Penggunaan varietas tanaman yang toleran terhadap salinitas atau telah diadaptasi untuk tumbuh pada lingkungan yang memiliki kandungan garam yang tinggi

Menurut Gharsallah dkk. (2016), bahwa upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi salinitas pada tanaman antara lain:

- a. Irigasi dengan air tawar atau air yang memiliki kadar garam yang lebih rendah untuk mengganti air yang mengandung kadar garam yang tinggi.
- b. Pengelolaan tanah yang tepat, seperti pemberian pupuk organik dan pemupukan secara teratur untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi pada tanaman.
- c. Pemilihan varietas tanaman yang toleran terhadap salinitas.
- d. Penggunaan teknologi dan bahan yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, seperti drip irrigation dan mulsa.
- e. Penggunaan bahan pengatur tumbuh (growth regulator) yang dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap salinitas.
- f. Penggunaan agen pengelola salinitas, seperti agen pengikat garam dan penyerap garam.

### **2.1.3 Ekstrak kulit buah manggis**

#### **A. Ekstrak kulit buah manggis serta kandungannya**

Ekstrak kulit buah manggis adalah produk alami yang dihasilkan dari bagian kulit luar buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). Buah manggis telah lama dikenal sebagai buah yang kaya akan senyawa bioaktif seperti xanthone,

flavonoid, dan tannin (Pedraza dkk, 2008). Xanton merupakan senyawa polifenol yang berperan sebagai antioksidan. Senyawa ini dapat membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas dan cekaman oksidatif. Selain itu, xanton juga diketahui memiliki potensi sebagai antibakteri dan antijamur. Flavonoid juga merupakan senyawa polifenol yang memiliki sifat antioksidan. Beberapa jenis flavonoid yang terkandung dalam kulit buah manggis antara lain katekin, epikatekin, dan proantosianidin (Jung dkk., 2006). Flavonoid juga memiliki sifat antiinflamasi, antikanker, dan menurunkan risiko penyakit jantung. Polifenol lain yang terdapat dalam kulit buah manggis adalah antosianin, senyawa yang memberikan warna ungu pada kulit buah. Antosianin memiliki sifat antioksidan dan antiinflamasi yang kuat, serta dapat membantu meningkatkan kesehatan jantung. Tanin adalah senyawa yang memberikan rasa pahit pada kulit buah manggis (Khoo dkk, 2017). Senyawa ini juga memiliki sifat antioksidan dan antimikroba, serta dapat membantu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Asam askorbat atau vitamin C juga terdapat dalam kulit buah manggis. Senyawa ini merupakan antioksidan yang penting bagi tubuh, serta berperan dalam meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan memperbaiki jaringan tubuh.

Ekstrak kulit buah manggis kaya akan senyawa xanthone, terutama  $\alpha$ -mangostin dan  $\gamma$ -mangostin, yang telah ditunjukkan memiliki berbagai aktivitas farmakologis, termasuk antioksidan, anti-inflamasi, anti-kanker, anti-diabetes, dan anti-mikroba. Salah satu penelitian yang membahas kandungan senyawa dalam ekstrak kulit buah manggis adalah penelitian oleh Pedraza dkk (2008) yang menyatakan bahwa kulit buah manggis mengandung senyawa xantone yang dapat menghambat kerusakan sel dan melindungi DNA dari radikal bebas. Penelitian oleh Zhang dkk (2018) juga menunjukkan bahwa senyawa  $\alpha$ -mangostin pada ekstrak kulit buah manggis memiliki efek antibakteri dan antioksidan yang kuat.

Ekstrak kulit buah manggis memiliki potensi untuk digunakan dalam bidang pertanian, terutama untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menguji efek ekstrak kulit buah manggis pada berbagai jenis tanaman, seperti kedelai, cabai, padi, dan lain-lain.

Penelitian yang dilakukan oleh Suryaman dkk, (2021) bahwa peningkatan cekaman salinitas mengurangi luas daun, tinggi tanaman, komponen hasil, dan hasil tanaman kacang hijau. Namun, penggunaan ekstrak kulit buah manggis dapat meningkatkan tinggi tanaman, luas daun, komponen hasil, dan hasil tanaman kacang hijau. Penurunan berat 100 biji kacang hijau pada tingkat cekaman salinitas 1% dapat dikurangi dengan pemberian ekstrak kulit buah manggis 1%. Selain itu, ekstrak kulit buah manggis dapat mengurangi kerugian hasil tanaman kacang hijau akibat cekaman salinitas.

Studi yang dilakukan oleh Saepuloh dkk. (2017) menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit buah manggis pada tanaman kubis dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar dan kering tanaman, serta mengurangi serangan hama penggerek batang. Selain itu, aplikasi ekstrak kulit buah manggis juga memiliki efek insektisida terhadap hama penggerek batang. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis dapat digunakan sebagai bahan alami untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi penggunaan insektisida sintetis. Berdasarkan hasil penelitian Ayuningtyas dan Nuraini (2019), pemberian ekstrak kulit buah manggis dapat meningkatkan pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman cabai merah. Penggunaan ekstrak kulit buah manggis pada konsentrasi 3% dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah daun, diameter batang, dan jumlah buah cabai merah yang dihasilkan, serta meningkatkan kadar vitamin C pada buah cabai merah. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis dapat digunakan sebagai alternatif pemicu pertumbuhan tanaman cabai merah yang ramah lingkungan.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Astuti dan Daryono (2020), menyimpulkan bahwa pemberian ekstrak kulit buah manggis pada tanaman tomat dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi pada kondisi cekaman kekeringan. Hal ini terlihat dari peningkatan jumlah cabang, tinggi tanaman, jumlah bunga, berat segar tanaman, dan hasil panen pada perlakuan dengan pemberian ekstrak kulit buah manggis. Penggunaan ekstrak kulit buah manggis juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air pada tanaman tomat, yang

menunjukkan potensi penggunaan ekstrak kulit buah manggis sebagai alternatif pengendalian cekaman kekeringan pada tanaman.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suharjo, Wijayanti, dan Kurniawati (2021), penggunaan ekstrak kulit buah manggis dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kacang panjang pada tanah pasir pantai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit buah manggis pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah daun pada tanaman kacang panjang. Selain itu, penggunaan ekstrak kulit buah manggis juga dapat meningkatkan produksi dan kualitas panen tanaman kacang panjang. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa ekstrak kulit buah manggis dapat digunakan sebagai alternatif bahan alami untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kacang panjang pada tanah pasir pantai.

Studi yang dilakukan Liu dkk, (2017) menguji efek ekstrak kulit buah manggis terhadap pertumbuhan, kapasitas antioksidan, dan fotosintesis tanaman gandum di bawah tekanan garam. Penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai potensi penggunaan ekstrak kulit buah manggis dalam kondisi salinitas. Penggunaan ekstrak kulit buah manggis pada tanaman harus dilakukan dengan hati-hati dan tidak berlebihan. Konsentrasi yang terlalu tinggi atau penggunaan yang tidak tepat dapat menyebabkan efek negatif pada tanaman dan lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi dosis yang optimal dan potensi penggunaan ekstrak kulit buah manggis pada berbagai jenis tanaman.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi potensi ekstrak kulit buah manggis dalam bidang farmasi dan kesehatan. Studi *in vitro* menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis memiliki aktivitas antioksidan dan anti-inflamasi yang kuat. Selain itu, beberapa penelitian *in vivo* pada hewan percobaan menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis dapat menurunkan kadar glukosa darah dan kolesterol, serta memiliki efek protektif terhadap kerusakan organ seperti hati, ginjal, dan jantung.

## **B. Mekanisme ekstrak kulit buah manggis mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman**

Studi tentang mekanisme ekstrak kulit buah manggis dalam meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman masih terbatas dan perlu dilakukan lebih lanjut. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui beberapa mekanisme.

Salah satu mekanisme yang dijelaskan adalah kemampuan ekstrak kulit buah manggis dalam meningkatkan aktivitas enzim peroksidase dan superoksid dismutase dalam tanaman, yang membantu mengurangi cekaman oksidatif dan kerusakan sel akibat salinitas (Sun dkk, 2016; Farida dkk., 2019). Selain itu, ekstrak kulit buah manggis juga dapat meningkatkan kapasitas antioksidan dan menurunkan kadar malondialdehida (MDA) dalam tanaman yang mengalami cekaman salinitas, yang dapat membantu melindungi tanaman dari kerusakan sel dan kematian sel (Ji dkk, 2017).

Penelitian juga menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis dapat meningkatkan kandungan klorofil dan karotenoid dalam tanaman, serta meningkatkan aktivitas enzim fotosintesis seperti rubisco dan fosfogliserat kinase (PGK), yang membantu meningkatkan kapasitas fotosintesis dan efisiensi penggunaan air pada tanaman yang tumbuh di lingkungan cekaman salinitas (Sun dkk, 2016; Farida dkk, 2019).

### **2.2. Kerangka pemikiran**

Kedelai adalah salah satu tanaman pangan yang penting dan memiliki peranan strategis dalam pangan nasional. Menurut Purba *dkk.*, (2020), kedelai memiliki peranan strategis dalam pangan nasional Indonesia karena sebagai bahan baku industri makanan dan minuman yang mengandung protein nabati yang tinggi. Tingkat konsumsi kedelai nasional dari waktu ke waktu terus meningkat. Tingginya tingkat konsumsi penduduk terhadap kedelai dan produk olahannya dalam kurun waktu lima tahun terakhir merupakan penyebab utama terjadinya

lonjakan impor kedelai beserta olahannya hingga menembus angka 7 juta ton (BPS, 2019).

Hingga saat ini pengembangan tanaman kedelai di Indonesia terkendala oleh persaingan penggunaan lahan dengan komoditas strategis lain dan juga semakin maraknya alih fungsi lahan di wilayah potensi. Upaya peningkatan produksi kedelai melalui ekstensifikasi saat ini diarahkan untuk memanfaatkan lahan marjinal/suboptimal. Salah satu lahan yang termasuk suboptimal adalah tanah yang berkadar garam tinggi (tanah salin).

Tanah berkadar garam tinggi merupakan salah satu faktor lingkungan yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kedelai dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang tidak terlalu asin. Berdasarkan hasil penelitian Wang *dkk.*, (2014), diketahui bahwa kedelai tidak dapat tumbuh baik pada tanah yang bergaram atau tanah salin. Fathi *dkk* (2015) menyatakan bahwa cekaman salinitas dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan kedelai. Tingginya tingkat salinitas dapat menghambat pertumbuhan akar, mengurangi absorpsi nutrisi oleh tanaman, dan meningkatkan toksisitas ion-ion yang berlebihan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman.

Menurut Munns (2002), salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi salinitas, yaitu: pemberian bahan organik yang dapat membantu mengurangi salinitas di dalam tanah dengan meningkatkan sifat fisik tanah dan kapasitas menahan air sehingga membantu mengurangi penumpukan garam di dalam tanah. Ekstrak kulit buah manggis mengandung senyawa aktif yang berpotensi meningkatkan pertumbuhan tanaman, seperti xanthone, mangostin, dan flavonoid.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis memiliki potensi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Penelitian Fauzi *dkk.*, (2017) menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit buah manggis pada tanaman cabai merah dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot buah. Studi Dewi *dkk.*, (2019) menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah manggis juga dapat meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, dan

jumlah buah pada tanaman tomat, baik pada media tanah maupun hidroponik. Setyaningsih *dkk.*, (2019) menemukan bahwa pemberian ekstrak kulit buah manggis pada tanaman kacang panjang dapat meningkatkan jumlah bunga, jumlah polong, dan bobot polong. Penelitian terbaru oleh Susanto *dkk.*, (2020) menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit buah manggis pada tanaman selada dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot segar tanaman.

Senyawa aktif dalam ekstrak kulit buah manggis seperti xanthone, mangostin, dan flavonoid diyakini memiliki efek antioksidan dan anti-inflamasi yang dapat membantu memperbaiki kesehatan tanaman dan meningkatkan hasil panen (Fauzi *dkk.*, 2017; Dewi *dkk.*, 2019; Setyaningsih *dkk.*, 2019; Susanto *dkk.*, 2020). Ekstrak kulit buah manggis dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara meningkatkan aktivitas enzim peroksidase dan katalase, yang berperan dalam menangkal cekaman oksidatif dan meningkatkan efisiensi fotosintetik tanaman. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Fauzi *dkk.*, (2017) pada tanaman cabai merah (*Capsicum annuum L.*), Dewi *dkk.*, (2019) pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum Mill.*), Setyaningsih *dkk.*, (2019) pada tanaman kacang panjang (*Vigna unguiculata L.*), dan Susanto *dkk.*, (2020) pada tanaman selada (*Lactuca sativa L.*). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemberian ekstrak kulit buah manggis meningkatkan aktivitas enzim peroksidase dan katalase, serta meningkatkan efisiensi fotosintetik tanaman dan hasil panen. Namun demikian, meskipun telah banyak penelitian yang dilakukan, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengoptimalkan potensi ekstrak kulit buah manggis dan memahami secara lebih mendalam mekanisme aksi senyawa-senyawa aktif di dalamnya.

Interaksi antara konsentrasi ekstrak kulit buah manggis dan tingkat cekaman salinitas dapat memengaruhi pertumbuhan atau respons biologis dari organisme atau sistem yang sedang diamati, seperti tanaman atau mikroorganisme. Berikut adalah beberapa kemungkinan interaksi yang dapat terjadi:

1. Efek peningkatan (*Synergistic Effect*). Interaksi antara konsentrasi ekstrak kulit buah manggis dan tingkat cekaman salinitas meningkatkan respons

atau kinerja organisme atau sistem. Konsentrasi ekstrak kulit buah manggis yang tinggi mungkin membantu tanaman untuk lebih efektif mengatasi cekaman salinitas, sehingga pertumbuhan tanaman lebih baik dibandingkan dengan ketika hanya satu faktor yang ada.

2. Efek pengurangan (*Antagonistic Effect*). Interaksi konsentrasi ekstrak kulit buah manggis dan tingkat cekaman salinitas mengurangi respons atau kinerja organisme atau sistem. Mungkin terdapat penurunan efektivitas ekstrak kulit buah manggis dalam mengatasi salinitas saat tingkat cekaman salinitas tinggi, sehingga respons yang diharapkan tidak sepenuhnya tercapai.
3. Efek netral (*Additive Effect*). Efek dari konsentrasi ekstrak kulit buah manggis dan tingkat cekaman salinitas bersifat aditif, tidak memberikan interaksi yang signifikan. Tidak terdapat peningkatan atau penurunan yang signifikan dalam respons organisme atau sistem ketika kedua faktor digabungkan.
4. Interaksi kompleks (*Complex Interaction*). Interaksi antara konsentrasi ekstrak kulit buah manggis dan tingkat cekaman salinitas bersifat kompleks dan sulit diprediksi. Mungkin terdapat pengaruh yang bervariasi tergantung pada rentang konsentrasi ekstrak buah manggis dan tingkat salinitas tertentu.

### 2.3 Hipotesis

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah:

- a. Terdapat interaksi antara konsentrasi ekstrak kulit buah manggis dengan tingkatan cekaman salinitas terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai.
- b. Terdapat konsentrasi ekstrak kulit buah manggis yang berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada setiap tingkatan cekaman salinitas.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan waktu penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Desa Karanglayung Kecamatan Karangjaya Kabupaten Tasikmalaya Provinsi Jawa Barat yang terletak pada ketinggian 475 meter di atas permukaan laut (mdpl) dengan rata-rata curah hujan 2500-3000 mm per tahun. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai April 2024.

#### **3.2 Alat dan bahan penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini: benih kedelai varietas anjasmoro, air, polybag, tanah dan pupuk kandang ekstrak kulit buah manggis. Alat yang akan digunakan, diantaranya: cangkul, ember, gembor air, timbangan digital, penggaris, alat ukur pH, termometer, meteran, alat analisis tanah, kamera digital.

#### **3.3. Metode penelitian**

Penelitian menggunakan Rancangan acak kelompok pola faktorial yang terdiri dari dua faktor dan empat ulangan. Faktor pertama adalah tingkat salinitas dan faktor kedua adalah konsentrasi ekstrak kulit buah manggis.

Faktor tingkat salinitas (S)

$s_0$ = salinitas 0% NaCl

$s_1$ = salinitas 0,5% NaCl

$s_2$ = salinitas 1% NaCl

Faktor konsentrasi ekstrak kulit buah manggis (M)

$m_0$ =konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 0%

$m_1$ =konsentrasi ekstrak kulit buah manggis 1%

Dari dua faktor tersebut diperoleh 6 kombinasi perlakuan dengan masing-masing diulang 4 kali, sehingga diperoleh 24 satuan percobaan.

Kombinasi perlakuan salinitas dan konsentrasi ekstrak kulit buah manggis terdapat pada Tabel 1.