

## **BAB II**

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

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

##### 2.1.1 Klasifikasi dan morfologi kedelai (*Glycine max* L. Merrill)

Kedelai (*G. max* L. Merrill) bukan tanaman asli Indonesia, namun diduga berasal dari daratan pusat dan Utara Cina. Hal ini berdasarkan adanya penyebaran *Glycine ussuriensis* spesies yang diduga sebagai tetua dari spesies *Glycine max*. Kedua spesies tersebut berasal dari subgenus soja yang merupakan tanaman semusim (Adie dan Krisnawati, 2013). Di Indonesia, kedelai mulai dibudidayakan di pulau Jawa sejak abad ke-16 dan terus berkembang ke pulau lainnya (Birnadi, 2014).

Klasifikasi tanaman kedelai sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiospermae  
Kelas : Dicotyledonae  
Subkelas : Archihlamydae  
Ordo : Rosales  
Subordo : Leguminosinae  
Famili : Leguminoceae  
Genus : *Glycine*  
Spesies : *Glycine max* L. Merrill (Adisarwanto, 2014).

Tanaman kedelai termasuk tanaman yang peka terhadap panjang hari (fotoperiode). Pertumbuhan tanaman kedelai membutuhkan panjang hari berkisar antara 11 hingga 12 jam, dan panjang hari optimal untuk menghasilkan produktivitas tinggi adalah panjang hari 14 sampai 16 jam. Kedelai yang ditanam di Indonesia cenderung cepat berbunga dan berumur pendek, yakni 80-85 hari. Kedelai tumbuh optimal pada tanah gembur dengan pH 5,5 sampai 7,0 berkadar air tanah cukup, serta lapisan olah dalam dengan tingkat kesuburan tanah antara sedang hingga cukup (Adisarwanto, 2014).

Morfologi tanaman kedelai yaitu sebagai berikut:

a. Biji

Biji kedelai mempunyai ukuran bervariasi mulai dari kecil (7-9 g/100 biji), sedang (10-13 g/100 biji) dan besar (>13 g/100 biji). Bentuk biji beragam tergantung pada varietas tanaman, yaitu bulat, agak gepeng dan bulat telur. Sebagian besar biji berbentuk bulat telur. Warna kulit biji kedelai bervariasi mulai dari kuning, hijau, coklat, hitam atau kombinasi campuran dari warna-warna tersebut. Biji kedelai tidak mengalami masa dormansi sehingga setelah masa pengisian biji selesai, biji kedelai dapat langsung ditanam. Biji kedelai termasuk epigeous yaitu keping biji muncul di atas tanah (Alnapi, 2015).

b. Akar dan bintil akar

Sistem perakaran tanaman kedelai terdiri atas tunggang, akar sekunder yang tumbuh dari akar tunggang, serta akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder. Pada kondisi yang optimal, akar tunggang dapat tumbuh hingga kedalaman 2 meter. Salah satu ciri khas dari sistem perakaran kedelai yaitu dapat bersimbiosis dengan bakteri nodul akar (*Rhizobium japonicum*) sehingga menyebabkan terbentuknya bintil akar yang dapat memfiksasi nitrogen dari udara (Adisarwanto, 2014).

c. Batang

Batang tanaman kedelai tidak berkayu, berbatang jenis perdu (semak), berambut atau berbulu dengan struktur bulu yang beragam, berbentuk bulat, berwarna hijau dan panjangnya bervariasi antara 30 cm sampai 100 cm. Batang tanaman kedelai dapat membentuk cabang 3 sampai 6 cabang. Percabangan mulai terbentuk atau tumbuh ketika tinggi tanaman sudah mencapai 20 cm. Banyaknya jumlah cabang setiap tanaman tergantung pada varietas dan kepadatan populasi tanaman. Jika kepadatan tanaman rapat, maka cabang yang tumbuh berkurang atau bahkan tidak tumbuh cabang sama sekali (Cahyono, 2007).

d. 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*) yang tumbuh selepas masa pertumbuhan. Umumnya bentuk daun kedelai ada dua yaitu bulat (*oval*) dan lancip (*lanceolate*). Kedua

bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik. Bentuk daun diperkirakan mempunyai korelasi yang sangat erat dengan potensi produksi biji. Umumnya daerah yang mempunyai tingkat kesuburan tanah tinggi sangat cocok untuk varietas kedelai yang mempunyai bentuk daun lebar (Alnapi, 2015). Setiap daun kedelai memiliki sepasang *stipula* pada dasar daun yang menempel dengan batang. Jenis daun lain yang terbentuk pada batang utama dan cabang lateral adalah daun *trifoliolate* yang terletak selang-seling (Adie dan Krisnawati, 2013).

#### e. Bunga

Bunga pada tanaman kedelai umumnya tumbuh pada ketiak daun yaitu setelah buku kedua, tetapi dapat pula terbentuk pada cabang tanaman yang mempunyai daun. Bunga kedelai ada yang berwarna ungu dan putih. Pada kondisi lingkungan dan populasi tanaman optimal, bunga dapat terbentuk mulai dari tangkai daun pada buku ke dua sampai ke tiga paling bawah. Dalam satu kelompok bunga, pada ketiak daun dapat berisi 1 sampai 7 bunga tergantung karakter dari varietas kedelai yang ditanam. Bunga kedelai termasuk bunga sempurna karena pada setiap bunga memiliki alat reproduksi yang lengkap. Penyerbukan bunga terjadi pada saat bunga masih tertutup sehingga kemungkinan penyerbukan silang sangat kecil (Adisarwanto, 2014).

#### f. Polong

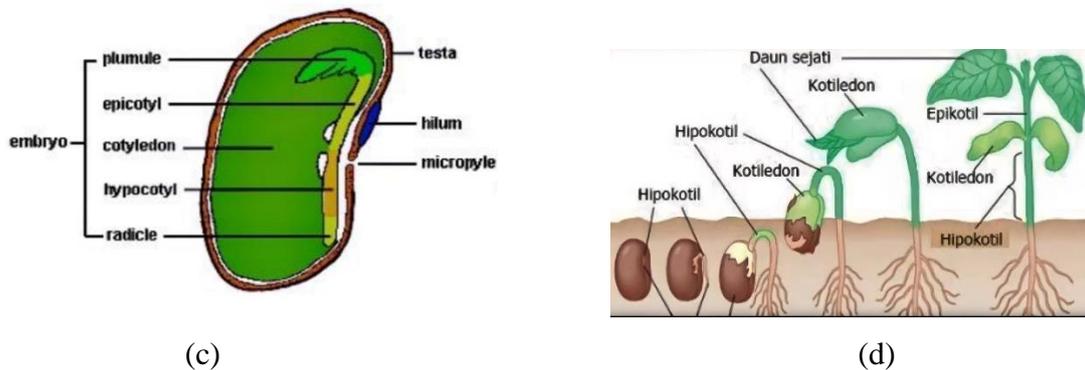
Polong kedelai pertama kali muncul pada 10 sampai 14 masa pertumbuhan yaitu sejak bunga pertama muncul. Warna polong yang baru tumbuh berwarna hijau dan selanjutnya akan berubah menjadi kuning atau coklat pada saat dipanen. Pembentukan dan pembesaran polong akan meningkat sejalan dengan bertambahnya umur dan jumlah bunga yang terbentuk. Jumlah polong yang terbentuk antara 2 sampai 10 polong pada setiap kelompok bunga di ketiak daunnya (Adisarwanto, 2014).



(a)



(b)



Gambar 1. Polong kedelai (a) biji kedelai (b) struktur biji kedelai (c) perkecambahan epigeal (d)  
 (Sumber: Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Ngawi, 2023; dokumentasi pribadi, 2023; Pusat Biologi Pendidikan, 2013; Campbell, Reece dan Mitchell, 2000)

### 2.1.2 Deteriorasi

Benih kedelai merupakan benih yang tidak memiliki masa dormansi, tingginya kandungan protein dan lemak menyebabkan umur simpan benih sangat rendah. Benih kedelai bersifat higroskopis dimana mampu menyerap uap air dalam jumlah yang banyak sehingga benih kedelai akan cepat mengalami deteriorasi (Kurnia, Pudjihartati dan Hasan, 2016; Tatipata, 2010).

Deteriorasi benih adalah proses mundurnya mutu fisiologis benih yang dapat menimbulkan perubahan dalam benih. Terjadinya deteriorasi benih umumnya disebabkan oleh kondisi genetik, kondisi penyimpanan dan kesalahan dalam penanganan benih (Darmawan dan Respatijarti, 2014). Selanjutnya Triani (2021) menyatakan bahwa deteriorasi merupakan suatu kondisi penurunan terhadap daya kecambah (viabilitas) dan daya tumbuh (vigor) benih yang disebabkan oleh faktor genetik dan faktor lingkungan.

Kemunduran benih merupakan proses penurunan mutu secara berangsur-angsur dan kumulatif serta tidak dapat balik (*irreversible*) akibat perubahan fisiologis yang ditandai dengan penurunan daya berkecambah, peningkatan kecambah abnormal, penurunan pemunculan kecambah di lapangan, terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman, meningkatnya kepekaan terhadap lingkungan ekstrim yang akhirnya dapat menurunkan produksi tanaman (Sucahyono, 2013).

Kemunduran benih adalah proses bertahap yang diikuti oleh terakumulasinya metabolit beracun yang semakin lama akan menekan daya berkecambah dan pertumbuhan kecambah. Kemunduran benih dipercepat dengan terjadinya denaturasi protein akibat proses oksidasi lemak. Proses yang terjadi selama penyimpanan dapat

memutuskan ikatan rangkap asam lemak tak jenuh sehingga dapat menghasilkan radikal-radikal bebas yang bereaksi dengan lipida lainnya dan menyebabkan struktur membran sel rusak (Zumani dan Suhartono, 2018).

### 2.1.3 Pengaruh radikal bebas pada benih

Radikal bebas adalah molekul, atom atau gugus yang memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada kulit terluarnya sehingga sangat reaktif dan radikal seperti misalnya radikal bebas turunan oksigen reaktif (*Reactive Oxygen Species*). Radikal bebas ini merupakan hasil pemecahan homolitik dari ikatan kovalen suatu molekul atau pasangan elektron bebas suatu atom (Parwata, 2016). Berbagai jaringan yang dapat mengalami kerusakan akibat *Reactive Oxygen Species* (ROS) antara lain adalah *Deoxyribo Nucleic Acid* (DNA), lipid dan protein. Kelebihan radikal bebas ini mengakibatkan intensitas reaksi oksidasi sel-sel normal semakin tinggi dan mengakibatkan kerusakan jaringan sel semakin parah (Bender, 2009; Parwata, 2016).

Reaksi radikal bebas merupakan reaksi antara senyawa radikal bebas dengan non radikal bebas yang menghasilkan senyawa radikal menjadi non radikal, dan non radikal menjadi senyawa radikal bebas. Hal tersebut menjadi mata rantai dan mengacu pada sistem metabolisme yang sedang berlangsung. Jika yang menjadi radikal adalah protein (enzim), lemak (membran) atau bahkan asam nukleat (DNA), maka fungsi fisiologis dan biologisnya akan mengikuti perilaku radikal sehingga meningkatkan deteriorasi benih (Yudono, 2019).

Tidak hanya merusak lemak, radikal bebas juga dapat merusak organel yang lain. Terdapat tiga (3) bukti radikal bebas menyerang mitochondria yang menyebabkan terjadinya kemunduran benih diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Mitochondria adalah tempat untuk respirasi aerob, sehingga organel ini merupakan organel penyimpanan utama oksigen. Diduga sebagian bocor melewati membran selama respirasi dan membentuk radikal bebas.
- b. Mitochondria tidak dapat ditinggalkan karena harus menyediakan tenaga bagi sel untuk metabolisme yang nantinya menghasilkan energi kimia adenosina trifosfat (ATP).
- c. Kenyataan dari benih yang mengalami deteriorasi adalah kemerosotan pertumbuhan, diduga sebagai akibat kurang efisiennya fungsi mitochondria (Yudono, 2019).

#### 2.1.4 Viabilitas, vigor dan invigorasi benih

Benih bermutu tinggi dapat dicirikan dengan viabilitas dan vigoritas yang tinggi. Sebagian besar ahli teknologi benih mengartikan viabilitas sebagai kemampuan benih untuk berkecambah dan menghasilkan kecambah secara normal. Viabilitas adalah daya hidup benih yang ditunjukkan dengan gejala pertumbuhan atau gejala metabolisme pada kondisi lingkungan yang optimum. Selain itu daya kecambah juga merupakan tolak ukur parameter viabilitas potensial benih. Jumlah benih yang berkecambah dari sekumpulan benih merupakan indeks dari viabilitas benih (Risky, Syahril dan Rizal, 2017). Menurut Widajati (2017), faktor yang mempengaruhi viabilitas benih adalah faktor internal dan eksternal. Faktor internal benih meliputi kadar air, sifat genetik dan viabilitas awal benih. Sedangkan faktor eksternal atau lingkungan meliputi suhu ruang simpan, kelembapan, wadah simpan, oksigen dan mikroorganisme.

Vigor benih merupakan kemampuan benih untuk tumbuh normal dalam keadaan lapang sub optimum, benih yang vigornya tinggi akan mampu berproduksi normal pada kondisi sub optimum dan di atas kondisi normal, kemampuan tumbuh serempak dan cepat (Ridha dkk., 2017). Menurut Yudono (2019), ciri-ciri benih yang vigor yaitu mempunyai kecepatan berkecambah yang tinggi, mempunyai keseragaman perkecambahan, pertumbuhan dan perkembangan yang baik pada lingkungan yang berbeda, mempunyai kemampuan untuk muncul pada tanah yang *crusted*, mempunyai kemampuan berkecambah dan muncul pada lingkungan suhu dingin, basah, berpenyakit dan tidak sesuai, kecambah mampu berkembang normal dan *storability* yang baik pada keadaan yang tidak optimal atau menguntungkan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi vigor benih adalah sifat keturunan yang membentuknya, tingkat kemasakan biji, faktor lingkungan saat perkembangan biji, ukuran biji dan kerapatan, kerusakan biji, biji mengalami deteriorasi dan infeksi mikroorganisme (Yudono, 2019).

Untuk mengatasi kemunduran benih telah banyak dilakukan yaitu dengan metode invigorasi. Invigorasi adalah suatu perlakuan untuk memulihkan atau meningkatkan vigor benih yang telah mengalami deteriorasi setelah fase masak fisiologis (Mandasari, Faturrahman dan Baharudin, 2014). Selanjutnya menurut Ilyas (2012) invigorasi

merupakan suatu perlakuan yang diberikan terhadap benih sebelum penanaman dengan tujuan memperbaiki perkecambahan dan pertumbuhan kecambah.

Terdapat dua kategori teknik invigorasi benih pratanam, yaitu penyerapan air secara terkontrol dan tidak terkontrol. Penyerapan air terkontrol terdiri dari dua macam, yaitu *priming/liquid*, *priming/osmopriming/osmoconditioning* dan *solid matrix priming/matricconditioning* (Ilyas, 2012).

#### 2.1.5 Air kelapa muda

Air kelapa merupakan cairan endosperm yang mempunyai senyawa organik yang meliputi auksin dan sitokinin (Budiono, 2004). Air kelapa memiliki kandungan komposisi zat pengatur tumbuh sitokinin 273,62 mg/l, zeatin 290,47 mg/l dan auksin 198,55 mg/l. Pada kelapa muda yang kondisinya masih seperti susu, mengandung sitokinin dan auksin alami yang sangat tinggi. Seiring dengan bertambahnya umur kelapa, zat alami yang terkandung di dalamnya akan berkurang. Penurunan zat pengatur tumbuh alami terjadi karena energi yang ada dibutuhkan untuk pembentukan daging buah (Kristina dan Syahid, 2012).

Hormon sitokinin bersifat sebagai enzim yang dapat mengaktifkan kegiatan jaringan atau sel-sel hidup. Begitu juga dengan hormon auksin yang mempunyai peranan yang besar dalam proses perkecambahan. Selain berperan dalam proses pembelahan pada sel tumbuhan, auksin juga berperan dalam mempercepat proses perkecambahan, dimana dormansi benih akan dipatahkan oleh auksin serta merangsang perkecambahan benih pada tanaman (Maya, 2015).

Perkecambahan dapat dipercepat dengan memberikan unsur hara dan zat pengatur tumbuh sitokinin dan giberelin yang terdapat pada air kelapa. Air kelapa adalah cadangan makanan cair yang banyak mengandung hara dan zat pengatur tumbuh yang dapat mendukung perkecambahan (Yusnida, 2006).

#### 2.1.6 Kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>)

Kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) merupakan salah satu jenis garam yang mudah larut dalam air dan bersifat higroskopis, sehingga kalsium klorida amat luas penggunaannya dalam industri. Senyawa kalsium klorida adalah senyawa ionik yang terdiri dari unsur kalsium (logam alkali) dan klorin. Senyawa ini bersifat padat pada suhu kamar, tidak berbau, tidak

beracun sehingga dapat digunakan secara ekstensif di berbagai industri dan aplikasi di seluruh dunia (Saputra, 2021).

Kalsium klorida adalah salah satu larutan yang dapat digunakan sebagai media *osmotic priming*. Penggunaan  $\text{CaCl}_2$  dalam *priming* benih dapat menyebabkan terjadinya perubahan fisiologi pada benih. Selain itu dapat meningkatkan hidrolisis pati dan gula yang digunakan untuk menambah cadangan makanan embrio sehingga pertumbuhan kecambah lebih vigor, pertumbuhan tanaman lebih cepat, memperbaiki mutu dan hasil. Tingginya efisiensi osmotik pada  $\text{CaCl}_2$  berkaitan dengan unsur  $\text{Ca}^{2+}$  yang mampu memperbaiki status air sel. Unsur  $\text{Ca}^{2+}$  berfungsi sebagai kofaktor dalam berbagai aktivitas sejumlah enzim yang berperan aktif pada proses metabolisme cadangan makanan (Arief dkk., 2012).

Invigorasi dengan menggunakan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) dapat berpengaruh pada perkecambahan benih. Kalsium tersebut mempengaruhi terjadinya peningkatan ekspresi, stabilitas dan aktivitas enzim amilase yang berperan pada proses perkecambahan benih. Namun jika konsentrasi kalsium klorida yang digunakan berlebihan, dapat meracuni benih dan mengganggu proses metabolisme di dalam benih, serta mempengaruhi perkecambahan benih termasuk dalam pembentukan akar kecambah (Anwar dan Yudono, 2019).

#### 2.1.7 Arang sekam padi

Arang sekam padi merupakan hasil pembakaran sekam padi yang berwarna hitam dan banyak digunakan sebagai media tanam secara komersial di Indonesia. Arang sekam memiliki kandungan N 0,32%, P 0,15%, K 0,3%, Ca 0,55% dan Fe 180 ppm, Mn 80 ppm, Zn 14,1 ppm dan memiliki pH 6,8 (Wuryaningsih, 1996). Arang sekam mempunyai kandungan unsur N, K, dan C hal ini diduga karena arang sekam sudah melalui proses pembakaran sehingga kadar karbon tinggi dan mudah terdekomposisi. Selain itu arang sekam memiliki daya serap air yang tinggi karena memiliki pori yang lebih besar sehingga mampu menyerap hara yang ada disekitarnya untuk disimpan dalam pori tersebut (Angustin dkk., 2014).

Arang sekam merupakan material penting yang sering dipakai untuk bahan baku pertanian. Selain itu arang sekam dapat digunakan untuk kebutuhan industri. Para petani memanfaatkan arang sekam sebagai penggembur tanah, bahan pembuatan kompos,

bokashi, media tanam dan media persemaian. Kelebihan arang sekam padi tidak membawa mikroorganisme patogen karena proses pembuatannya yang melalui pembakaran sehingga relatif steril, mempunyai sifat yang mudah mengikat air, harganya relatif murah, tidak mudah menggumpal, ringan dan mudah didapat (Surdianto, Sutrisna, Basuno dan Solihin, 2015).

Karakteristik lain dari arang sekam adalah ringan (berat jenis 0,2 kg/l), sirkulasi udara tinggi, kapasitas menahan air tinggi, berwarna kehitaman sehingga cukup efektif dalam mengabsorpsi sinar matahari. Serbuk arang sekam padi mengandung silikat, memiliki kerapatan dan daya pegang air yang tinggi, mempunyai ruang pori besar yang dapat membantu proses perkecambahan (Wuryaningsih, 1996; Bahri, 2008).

#### 2.1.8 Kulit manggis sebagai sumber antioksidan

Kulit manggis merupakan limbah hasil pertanian yang memiliki kandungan senyawa xanthone, antosianin, vitamin dan lain-lain sebagai antioksidan. Antioksidan yang berasal dari kulit manggis merupakan antioksidan alami yang lebih baik dibandingkan antioksidan sintetik atau buatan karena bersifat karsinogenik yang merugikan bagi kesehatan (Miryanti dkk., 2011).

Antioksidan merupakan senyawa pemberi elektron atau reduktan yang memiliki berat molekul kecil, tetapi mampu menginaktivasi berkembangnya reaksi oksidasi dengan cara mencegah terbentuknya radikal bebas. Antioksidan juga merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif, sehingga kerusakan sel dapat dihambat (Winarsi, 2011).

Atas dasar fungsinya antioksidan dapat dibedakan menjadi lima (5) diantaranya sebagai berikut:

- a. *Primary antioxidants*, yaitu senyawa-senyawa fenol yang mampu memutus rantai reaksi pembentukan radikal bebas asam lemak. Senyawa antioksidan yang termasuk kelompok ini antara lain *butyl hidroksilanol (BHA)*, *butyl hidrotoluen (BHT)* dan tokoferol.
- b. *Oxygen scavengers*, yaitu senyawa-senyawa yang berperan sebagai pengikat oksigen sehingga tidak mendukung terjadinya reaksi oksidasi. Contoh senyawa-senyawa kelompok ini adalah vitamin C (asam askorbat), askorbil palminat, asam eritorbat dan sulfat.

- c. *Secondary antioxidant*, yaitu senyawa-senyawa yang memiliki kemampuan untuk berdekomposisi hidroperoksida menjadi produk akhir yang stabil. Tipe antioksidan ini pada umumnya digunakan untuk menstabilkan polyolefin resin. Contohnya yaitu asam tiopropionat dan diiril tiopropionat.
- d. *Antioxidative enzyme*, yaitu enzim yang berperan mencegah terbentuknya radikal bebas. Contohnya glukosa oksidase, superoksidase dismutase (SOD), glutathion peroksidase dan katalase.
- e. *Chelators* atau *sequestrants*, yaitu senyawa-senyawa yang mampu mengikat logam seperti besi dan tembaga yang mampu mengkatalisa reaksi oksidasi lemak. Contohnya asam sitrat, asam amino, *ethylenediaminetetra acetid acid* (EDTA), dan fosfolipid (Miryanti dkk., 2011).

## 2.2 Kerangka berpikir

Salah satu yang menjadi faktor pembatas penyediaan benih kedelai bermutu di daerah tropis seperti Indonesia adalah cepat terjadinya kemunduran benih atau penurunan mutu benih. Suhu dan kelembapan yang tinggi ditambah dengan kandungan protein dan lemak yang terdapat di dalam biji dapat mempercepat proses kemunduran benih. Benih yang terdeteriorasi akan menjadi lebih rentan terhadap penyakit, serangan jamur sehingga perkecambahan menjadi lebih lambat dan pertumbuhan benih menjadi abnormal (Wahyuni dan Kartika, 2022).

Benih kedelai cepat mengalami deteriorasi di dalam penyimpanan, hal ini disebabkan kandungan lemak dan protein yang relatif tinggi sehingga perlu ditangani secara serius sebelum disimpan karena kadar air benih akan meningkat jika suhu dan kelembapan ruang penyimpanan cukup tinggi (Tatipata, Yudono, Purwantoro dan Mangoendidjojo, 2004). Menurut Jasmi (2017), kemunduran benih dapat didefinisikan jatuhnya mutu benih yang menimbulkan perubahan secara menyeluruh di dalam benih dan berakibat pada berkurangnya viabilitas benih. Kemunduran benih yang menyebabkan menurunnya vigor dan viabilitas benih merupakan awal kegagalan dalam kegiatan pertanian sehingga harus dicegah agar tidak mempengaruhi produktivitas tanaman.

Salah satu cara untuk mengatasi benih yang mengalami kemunduran yaitu dengan invigorasi. Menurut Sutariati dkk. (2014), invigorasi benih merupakan perlakuan yang

dilakukan untuk memperbaiki fisiologis dan biokimiawi benih yang berhubungan dengan keserempakan, kecepatan serta peningkatan kemampuan benih untuk berkecambah.

Perlakuan invigorasi baik dengan *osmoconditioning*, *vitamin priming*, *hydropriming*, maupun *matricconditioning* merupakan beberapa metode yang efektif dalam invigorasi benih (Erinnovita, Sari dan Guntoro, 2008). Invigorasi *osmoconditioning* ialah proses penyerapan air (imbibisi) secara teratur oleh benih dengan menggunakan larutan yang memiliki potensial osmotik rendah sebagai media imbibisi. *Osmoconditioning* bertujuan untuk mempercepat waktu perkecambahan, menyerempakan perkecambahan serta memperbaiki persentase kecambah normal. Larutan yang digunakan pada *osmoconditioning* dengan menggunakan larutan garam yang memiliki potensial osmotik rendah seperti NaCl dan KCl, PEG-6000 dan CaCl<sub>2</sub> (Soughir, Aymen dan Cherif, 2012). *Osmoconditioning* dapat menyebabkan terjadinya penguatan (penyembuhan) membran plasma, memperkecil kehilangan elektrolit dan meningkatkan perkecambahan serta kekuatan semai (Gardner, Pearche dan Mitchel, 1991).

Invigorasi *osmoconditioning* dengan CaCl<sub>2</sub> mampu meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam perkecambahan. Pengaruh *osmoconditioning* dengan CaCl<sub>2</sub> pada perkecambahan benih dapat disebabkan karena kalsium tersebut mempengaruhi terjadinya peningkatan pada ekspresi, stabilitas dan aktivitas enzim amilase yang berperan pada perkecambahan benih (Afzal, Butt, Rehman, Basra dan Aneela, 2012). Ferguson (1984), menyatakan kalsium dapat mereduksi atau menunda kerusakan dinding sel. Kalsium juga mempertahankan fungsi membran. Perlakuan CaCl<sub>2</sub> menyebabkan ion kalsium berinteraksi dengan pektin dinding sel dan fosfolipid membran, sehingga akan memberi pengaruh secara langsung dalam peranannya menahan kebocoran membran plasma, meningkatkan stabilitas struktur membran dan memperkecil laju respirasi serta mengurangi sensitifitas jaringan terhadap etilen yang dapat memicu respirasi.

Penelitian tentang *osmoconditioning* telah banyak dilakukan, diantaranya oleh Esty dkk. (2013), benih kacang panjang (*Vigna unguiculata*) yang diberi perlakuan invigorasi dengan CaCl<sub>2</sub> memiliki indeks vigor yang lebih tinggi (58,44%) dibandingkan dengan kontrol (41,28%). Hasil penelitian Babu dkk. (2018) konsentrasi perlakuan *priming* dengan CaCl<sub>2</sub> 2% selama 6 jam dapat meningkatkan persentase perkecambahan benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.).

*Matriconditioning* ialah perlakuan hidrasi terkontrol yang dikendalikan oleh media padat lembab dengan potensial matriks rendah dan potensial osmotik yang dapat diabaikan. Pada invigorasi *matriconditioning* benih mengalami proses imbibisi yang lebih terkontrol sehingga air ataupun cairan masuk ke dalam benih secara perlahan sampai terjadi keseimbangan. Benih akan menyerap air tetapi radikula tidak muncul, dengan demikian proses metabolisme dalam benih berjalan secara optimal sehingga terjadi keserempakan perkecambahan serta mengurangi cekaman lingkungan yang kurang kondusif (Priyanto, 2017; Leubner, 2006).

Menurut Tefa (2018), adanya bahan matrik air sebagian besar terikat di bahan matrik. Benih akan mengimbibisi air yang bercampur dengan bahan *matriconditioning* hingga terjadi titik keseimbangan. Potensial air dari sekitar bahan matrik ditentukan oleh sifat fisik dan sifat kimia bahan matrik. Arang sekam bersifat mudah mengikat air, tidak mudah menggumpal, harganya relatif murah, bahannya mudah didapat, ringan dan mempunyai porositas yang baik (Prihmantoro dan Indriani, 2003).

Hasil penelitian Rachma dkk. (2016) menunjukkan bahwa perlakuan invigorasi *matriconditioning* selama 5 jam pada buah kakao (*Theobroma cacao* L.) menggunakan media arang sekam menjadi solusi terbaik dengan hasil yang paling optimal dibanding dengan media cocopet dan batu bata. Hasil penelitian Mariani dan Wahditya (2021) menunjukkan bahwa benih kedelai (*Glycine max* L. Merrill) varietas Argomulyo yang diberikan perlakuan *matriconditioning* arang sekam selama 6 dan 12 jam memiliki daya kecambah tertinggi yaitu 88% dan 82%. Sementara perlakuan *matriconditioning* selama 18 jam memiliki nilai daya kecambah lebih rendah (78%) dibandingkan dengan kontrol. Penelitian Hasan dkk. (2018) menunjukkan perlakuan berbagai jenis media *matriconditioning* berpengaruh terhadap perkecambahan benih terung ungu (*Solanum melongena* L.). Perlakuan *matriconditioning* menggunakan serbuk arang sekam padi halus ditambah 5 ml aquadest dapat meningkatkan daya berkecambah (DB) yaitu 79,7% dan dapat meningkatkan kecepatan perkecambahan (KP) yaitu 11,98% hari.

Air kelapa banyak mengandung mineral, sitokinin, auksin, giberelin, fosfor dan kinetin yang berfungsi mempergiat pembelahan sel serta pertumbuhan tunas dan akar (Hutabarat, Haryati dan Irsal, 2018).

Auksin akan diserap oleh benih melalui proses imbibisi. Masuknya auksin pada benih akan menyebabkan terjadinya proses kimiawi pada benih yang kemudian mengalami perkecambahan. Auksin tersebut akan merangsang pembentukan batang dan pembelahan sel, akibatnya terjadi peningkatan tinggi kecambah. Saat masa perkecambahan, auksin berperan dalam mendorong sel-sel pada akar dan batang membesar serta memanjang (Patma, Putri dan Siregar, 2013). Menurut Adnan, Juanda dan Zaini (2017), auksin yang diberikan pada suatu benih secara tidak langsung mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dari benih tersebut. Saat benih mengalami perkecambahan, auksin akan ikut serta dalam mendorong sel akar dan sel batang untuk memanjang dan membesar terutama saat penyerapan air setelah jaringan-jaringan embrio mengering diharapkan nantinya sintesa protease akan meningkat begitu pula dengan enzim-enzim hidrolitik lainnya. Selama proses perkecambahan auksin juga dapat menghasilkan zat-zat yang mendukung perkembangan embrio dan munculnya kecambah untuk kemudian ditransfer menuju embrio. Auksin memiliki kemampuan dalam meningkatkan proses metabolisme dan biokimia dalam benih serta meningkatkan proses imbibisi. Peningkatan imbibisi akan berdampak pada peningkatan indeks vigor yang dihasilkan oleh benih.

Sitokinin dan auksin dari air kelapa mampu membantu proses pembelahan sel. Sitokinin yang mempercepat pembelahan sel dan pembesaran sel yang dipercepat oleh auksin akan mengakibatkan terjadinya pertumbuhan pada tanaman (Tiwery, 2014).

Efek fisiologis dari giberelin adalah mendorong aktivitas enzim-enzim hidrolitik dan pembentukan amilase yang berperan pada proses perkecambahan. Giberelin tersebut menyebabkan terjadinya transkripsi beberapa gen penanda alfa amilase dan protease. Kemudian enzim tersebut masuk ke endosperma dan menghidrolisis pati dan protein sebagai sumber makanan perkembangan embrio (Murni, Harjono dan Harlis, 2008; Weiss dan Ori, 2007).

Hasil penelitian Hutabarat dkk. (2018) menunjukkan jenis larutan terbaik terdapat pada perlakuan jenis larutan air kelapa 50% dengan inkubasi selama 12 jam yang menghasilkan laju perkecambahan 5,51% hari dan indeks vigor benih kakao sebesar 3,79%. Hasil penelitian Tana dan Bumbungan (2017) perendaman benih markisa ungu dengan air kelapa muda konsentrasi 50% selama 12 jam berpengaruh terhadap komponen tumbuh salah satunya yaitu viabilitas benih.

Hasil penelitian Nurahmi dkk. (2010) konsentrasi air kelapa muda 100% memiliki persentase pertumbuhan benih pala tertinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 50%. Dalam penelitian Haryati dkk. (2015) menunjukkan air kelapa dengan konsentrasi 50% menjadi jenis larutan terbaik dalam menghasilkan laju perkecambahan 5,51 hari dan indeks vigor benih 3,79% pada benih kakao.

Benih dengan kadar lemak yang tinggi seperti kedelai selama penyimpanan akan melalui proses perombakan lemak, dari asam jenuh menjadi asam lemak tidak jenuh atau dikenal dengan proses *autooksidasi* (Tatipata dkk., 2004). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi deteriorasi benih yang diakibatkan oleh reaksi oksidatif adalah dengan pemberian senyawa antioksidan (Junita, Syamsuddin dan Hasanuddin, 2019).

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat mencegah terjadinya proses oksidasi. Senyawa antioksidan mampu menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terhadap sel normal, protein dan lemak. Senyawa ini memiliki struktur molekul yang dapat memberikan elektronnya kepada molekul radikal bebas tanpa terganggu sama sekali fungsinya dan dapat memutus reaksi berantai dari radikal bebas (Aznam, 2004; Murray dkk., 2009).

Antioksidan mempunyai peranan penting dalam perkecambahan dan pertumbuhan tanaman. Penggunaannya sebagai *pre-treatment* pada benih telah dikembangkan sejak lama. Suryaman, Hadiyah dan Nuraeni (2021) telah memanfaatkan antioksidan alami dari ekstrak kulit manggis sebagai bahan invigorasi terhadap benih kedelai. Kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) mengandung senyawa yang berperan sebagai zat antioksidan seperti antosianin (5,7-6,2 mg/g), xanthone dan turunannya (0,7-34,9 mg/g). Xanthone mampu mengikat oksigen bebas yang tidak stabil yaitu radikal bebas perusak sel sehingga dapat menghambat degenerasi atau kerusakan sel (Gupita dan Rahayuni, 2012). Mardawati, Achyar dan Marta (2008) menyatakan bahwa ekstrak kulit manggis memiliki antioksidan yang berfungsi sebagai perlindungan terhadap serangan radikal bebas dan mencegah proses oksidasi.

Hasil penelitian Zumani dan Suhartono (2018), perlakuan *seed coating* menggunakan formulasi arabic gum+asam askorbat dan arabic gum+ekstrak manggis 10% berpengaruh baik dalam mempertahankan vigor benih kedelai di penyimpanan dan berpengaruh baik pada pertumbuhan vegetatif awal tanaman kedelai. Penelitian Yullianida dan Murniati

(2005), menunjukkan perlakuan invigorasi dengan antioksidan dari berbagai macam sumber mampu meningkatkan kecepatan tumbuh relatif benih bunga matahari pada periode simpan 0 bulan dibandingkan dengan tanpa invigorasi.

### **2.3 Hipotesis**

Berdasarkan uraian kerangka pemikiran di atas, maka dapat dirumuskan hipotesis yaitu:

1. Jenis invigator berpengaruh terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai (*G. max* L. Merril).
2. Diketahui jenis invigator yang berpengaruh baik terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai (*G. max* L. Merril).