

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

#### 2.1 Tinjauan pustaka

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

Kedelai (*Glycine max* L.Merrill) merupakan jenis tanaman kacang-kacangan dari famili leguminosae yang dijadikan sebagai bahan makanan tambahan karena memiliki kandungan protein tinggi (Girsang, 2020). Kedelai di Indonesia mulai dibudidayakan pada abad ke-17 sebagai tanaman makanan dan rumput hijau. Penyebaran tanaman kedelai ke Indonesia berasal dari daerah Manshukuo menyebar ke daerah Mansyuria dan Jepang serta negara-negara lain di Amerika dan Afrika (Arwin, 2023).

Menurut Girsang (2020), tanaman kedelai dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rosales
Famili	: Leguminosae
Sub-Famili	: Papilionaceae
Genus	: Glycine
Spesies	: <i>Glycine max</i> (L.) Merrill

##### 2.1.2 Morfologi tanaman kedelai

Adapun morfologi dari tanaman kedelai adalah sebagai berikut:

###### a. Akar

Tanaman kedelai memiliki akar yang muncul dari belahan kulit biji di sekitar mikrofil. Calon akar kemudian tumbuh dengan cepat ke dalam tanah, sedangkan kotiledon yang terdiri dari dua keping akan terangkat ke permukaan tanah akibat pertumbuhan yang cepat dari hipokotil yang berwarna ungu. Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder. Selain itu, kedelai juga seringkali membentuk

akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil tanaman kedelai memiliki bintil akar yang dapat mengikat nitrogen di atmosfer melalui aktivitas bakteri pengikat nitrogen yaitu *Rhizobium japonicum*. Nodul atau bintil akar tanaman kedelai umumnya dapat mengikat nitrogen dari udara pada umur 10 sampai 12 hari setelah tanam (Situmorang, 2021).

b. Biji

Biji Kedelai (*Glycine max* L.) terdapat di dalam polong, memiliki bentuk bulat, bundar sedikit pipih atau bulat lonjong, dengan ukuran sekitar 6 sampai 30 gram untuk setiap 100 biji. Biji kedelai yang ditemukan di Indonesia umumnya berbentuk lonjong atau oval. Warnanya pun beragam ada yang berwarna hijau, kuning, hitam, dan coklat. Biji kedelai terbungkus oleh kulit yang sangat tipis (Adisarwanto, 2014). Kedelai merupakan biji berkeping dua, diantara keping biji terdapat embrio. Kulit biji kedelai memiliki warna yang bermacam-macam, ada yang kuning, hitam, hijau atau coklat. Pusat biji atau hilum adalah jaringan bekas biji kedelai yang menempel pada dinding buah. Besar biji juga dipengaruhi oleh varietas kedelai, biji kedelai sebagian besar tersusun oleh kotiledon dan dilapisi oleh kulit biji (testa), antara kulit biji dan kotiledon terdapat lapisan endosperm (Arwin, 2023). Biji kedelai diukur berdasarkan bobot per 100 biji, biji kedelai dikelompokkan menjadi 3 macam, biji kecil, sedang, dan besar. Biji kecil berkisar antara 6 sampai 10 gram atau < 10 gram/100 biji, biji sedang antara 10 sampai 12 gram/100 biji, dan biji besar berkisar antara 13 sampai 18 gram/100 biji (Adisarwanto, 2014).

c. Daun

Pada umumnya daun kedelai berjari tiga (*trifoliate*). Bentuk daun tanaman kedelai dapat bervariasi, yakni oval dan lancip (*lanceolate*), tetapi praktisnya diistilahkan dengan berdaun lebar (*broad leaf*) dan berdaun sempit (*narrow leaf*). Petani lebih sering menanam tanaman kedelai berdaun sempit dibandingkan tanaman kedelai berdaun lebar, walaupun dari aspek penyerapan sinar matahari, tanaman kedelai berdaun lebar menyerap sinar matahari lebih banyak dari pada yang berdaun sempit. Umumnya, bentuk

daun kedelai ada dua, yaitu bulat (oval) dan lancip (*lanceolate*). Kedua bentuk daun tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik (Narwiyani, Rosmayanti dan Bayu, 2016). Daun kedelai mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlah yang bervariasi. Tebal tipisnya bulu pada daun kedelai berkaitan dengan tingkat toleransi varietas kedelai terhadap serangan jenis hama tertentu (Stefia dan Saputro, 2017).

d. Batang

Batang pada tanaman kedelai dikenal dua tipe pertumbuhan batang yaitu *determinate* dan *indeterminate*. Tanaman kedelai dengan pertumbuhan batang *determinate* memiliki ujung batang yang berakhir dengan rangkaian bunga, cabang-cabang batangnya tumbuh tanpa melilit, tetapi lurus tegak ke atas. Pertumbuhan batang *indeterminate* memiliki ujung batang tidak berakhir dengan rangkaian bunga dan cabang-cabang batangnya tumbuh melilit. Jumlah buku pada batang akan bertambah sesuai pertambahan umur tanaman, tetapi kondisi normal jumlah buku berkisar antara 15 sampai 20 buku dengan jarak buku berkisar antara 2 sampai 9 cm. Batang tanaman kedelai ada yang bercabang dan ada yang tidak bercabang tergantung dari varietas kedelai, tetapi pada umumnya cabang pada tanaman kedelai berjumlah antara 1 sampai 5 cabang (Situmorang, 2021).

e. Bunga

Bunga kedelai termasuk bunga sempurna (*hermaphrodite*), artinya dalam setiap bunga terdapat alat kelamin jantan dan alat kelamin betina. Penyerbukan terjadi pada saat mahkota bunga masih tertutup, sehingga kemungkinan terjadi kawin silang secara alami sangat kecil. Bunga terletak pada ruas-ruas batang berwarna ungu atau putih tergantung varietas. Pembentukan bunga dipengaruhi oleh suhu dan kelembapan. Kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang bersifat *kleistogami*. Jumlah bunga pada tipe batang *determinate* umumnya lebih sedikit dibandingkan pada batang tipe *indeterminate* (Nurkhalisa, 2021).

f. Polong

Polong kedelai pertama terbentuk sekitar 7 sampai 10 hari setelah munculnya bunga pertama. Jumlah polong yang terbentuk pada setiap ketiak tangkai daun sangat beragam, antara 1 sampai 10 buah dalam setiap kelompok. Pada setiap tanaman, jumlah polong dapat mencapai lebih dari 50 bahkan ratusan. Ukuran dan bentuk polong menjadi maksimal pada saat awal periode pemasakan biji. Hal ini kemungkinan diikuti oleh perubahan warna polong dari hijau menjadi kuning kecoklatan pada saat masak (Situmorang, 2021).

2.1.3 Syarat tumbuh tanaman kedelai

Tanaman kedelai dapat tumbuh dengan baik di daerah dengan curah hujan minimum sekitar 800 mm pada masa pertumbuhan selama 3 sampai 4 bulan, sebenarnya tanaman ini resisten terhadap daerah yang agak kering kecuali selama pembungaan. Di sentra penanaman kedelai di Indonesia pada umumnya kondisi iklim yang paling cocok adalah daerah-daerah yang mempunyai suhu antara 25° sampai 27° C, kelembapan udara rata-rata 65 %, penyinaran matahari 12 jam per hari atau minimal 10 jam perhari dan curah hujan paling optimum antara 100 sampai 200 mm/bulan. Kedelai dapat tumbuh baik pada tanah bertekstur gembur, lembab tidak tergenang air dan memiliki pH 6 sampai 6,8. Pada pH 5,5 kedelai masih dapat tumbuh dan berproduksi, meskipun tidak sebaik pada pH 6 sampai 6,8. Pada pH 5,5 pertumbuhan sangat terhambat karena keracunan Al, untuk mengatasinya lahan perlu diberi kapur. Tanaman kedelai mempunyai daya adaptasi yang luas terhadap berbagai jenis tanah. Berdasarkan kesesuaian jenis tanah untuk pertanian maka tanaman kedelai cocok ditanam pada jenis tanah alluvial, regosol, grumosol, latosol dan andosol (Jayasumarta, 2015).

2.1.4 Viabilitas

Benih bermutu tinggi dapat dicirikan dari viabilitas yang tinggi. Sebagian besar ahli teknologi benih mengartikan viabilitas sebagai kemampuan benih untuk berkecambah dan menghasilkan kecambah secara

normal. Viabilitas benih adalah daya hidup benih yang dapat ditunjukkan melalui gejala metabolisme dengan gejala pertumbuhan, selain itu daya kecambah juga merupakan tolak ukur parameter viabilitas potensial benih. Pada umumnya viabilitas benih diartikan sebagai kemampuan benih untuk tumbuh menjadi kecambah normal. Perkecambahan benih mempunyai hubungan erat dengan viabilitas benih dan jumlah benih yang berkecambah dari sekumpulan benih merupakan indeks dari viabilitas benih (Ridha dkk, 2017). Berdasarkan hasil penelitian Nur dkk. (2024) bahwa perlakuan pemberian ekstrak bawang merah berpengaruh terhadap viabilitas dan vigor benih cabai kedaluarsa.

#### 2.1.5 Vigor

Benih bermutu tinggi dapat dicirikan dengan vigoritas yang tinggi, Sebagian besar ahli teknologi benih mengartikan bahwa vigor benih adalah kemampuan benih untuk tumbuh normal dalam keadaan lapang suboptimum. Benih dengan vigoritas tinggi akan mampu memproduksi normal pada kondisi sub optimum dan di atas kondisi normal, memiliki kemampuan tumbuh serempak dan cepat. Kecepatan tumbuh mengindikasikan vigor kekuatan tumbuh benih karena benih yang cepat tumbuh lebih mampu menghadapi kondisi lapang yang suboptimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan viabilitas dan vigoritas benih adalah dengan perendaman benih (Ridha dkk, 2017). Matsushima dan Sakagami (2013), menyatakan bahwa salah satu metode invigorasi yaitu dengan merendam benih didalam air ataupun ZPT untuk mempercepat tumbuhnya kecambah dan menghasilkan bibit yang vigor. Berdasarkan penelitian Nabilah dkk. (2021) perendaman dengan ekstrak kulit bawang merah berpengaruh nyata terhadap indeks vigor biji kopi Robusta pada fase radikula.

#### 2.1.6 Deteriorasi

Deteriorasi adalah suatu kondisi terjadinya penurunan terhadap daya kecambah (viabilitas) dan daya tumbuh (vigor) benih yang disebabkan oleh faktor genetis dan faktor lingkungan selama proses penyimpanan. Deteriorasi

juga dikenal dengan istilah kemunduran benih. Benih yang mengalami deteriorasi menimbulkan perubahan baik secara fisik maupun fisiologis. Benih kedelai cepat sekali mengalami deteriorasi atau kemunduran benih. Hal ini disebabkan karena kandungan protein dan lemak yang relatif tinggi. Benih yang mengalami deteriorasi menimbulkan perubahan pada benih secara fisik maupun fisiologis (Wahyuni dan Kartika, 2022).

Salah satu faktor pembatas produksi kedelai di daerah tropis adalah cepatnya deteriorasi/kemunduran benih selama penyimpanan yang menyebabkan kemerosotan kualitas benih, sehingga mengurangi penyediaan benih kualitas tinggi, ciri telah terjadinya kemunduran benih antara lain adalah turunnya vigor dan daya kecambah benih. Dewi, Sutrisno dan Nazirwan (2013), menyatakan kemunduran benih merupakan proses penurunan mutu secara berangsur-angsur dan kumulatif serta tidak dapat balik (*irreversible*) akibat perubahan fisiologis. Perubahan fisiologis benih dapat dipicu dengan faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan dan kadar air tinggi. Hal tersebut disebabkan oleh faktor dalam benih, benih yang memiliki mutu rendah yang berakibat pada penurunan nilai produksi benih yang disebabkan menurunnya kualitas perkecambahan. Benih yang telah terjadi deteriorasi atau kemunduran mutunya, hingga batas spesifik masih dapat ditingkatkan lagi dengan membuat perlakuan terbaik pada benih tersebut (Khalilah, Syamsuddin dan Kurniawan. 2022).

Proses yang tidak dapat dihindari selama benih dalam masa penyimpanan yaitu deteriorasi, baik penyimpanan secara terbuka maupun dalam kondisi terkontrol. Faktor suhu dan kelembapan sangat mempengaruhi kecepatan kemunduran benih pada penyimpanan secara terbuka, sedangkan pada penyimpanan secara terkontrol yaitu kondisi suhu, kadar air serta kelembapan ruangan cenderung konstan, maka proses deteriorasi benih berhubungan dengan perubahan biokimia di dalam benih selama periode simpan. Kandungan biokimia benih setiap varietas kedelai berbeda-beda sehingga memberikan perubahan perilaku benih yang berbeda dan kecepatan deteriorasi yang berbeda. Perubahan perilaku benih melalui karakteristik

fisiologis dan biokimia mampu menunjukkan tingkat viabilitas dan vigor benih selama periode deteriorasi benih (Noviana, Qadir dan Suwarno, 2017).

#### 2.1.7 Invigorasi benih

Faktor yang memegang peranan penting dalam produksi kedelai, yaitu penggunaan benih kedelai yang bermutu. Benih bermutu ini biasanya ditunjukkan dengan nilai viabilitas dan vigor yang cukup tinggi. Viabilitas dan vigor yang tinggi pada benih harus tetap dipertahankan hingga benih tersebut siap ditanam. Benih kedelai yang kehilangan daya viabilitas dan vigor benih akan mengalami masa kemunduran, sehingga kondisi benih kedelai mengalami penurunan daya berkecambah dan vigornya akan cepat menurun dikarenakan benih kedelai tersebut telah melalui masa penyimpanan yang cukup lama (Yogi, Subaedah dan Galib, 2023). Salah satu upaya untuk meningkatkan mutu benih kedelai yang telah mengalami masa kemunduran mutu tersebut dengan teknik invigorasi.

Invigorasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi benih-benih yang telah mengalami penyimpanan. Benih-benih harus diberi perlakuan sebelum ditanam untuk mengaktifkan metabolisme dalam benih sehingga benih dapat berkecambah. Adapun metode invigorasi terdiri dari *osmo-conditioning* (seperti penggunaan polyethylene Glycol), *matricconditioning*, dan hidrasi-dehidrasi (seperti pelembaban dan perendaman), invigorasi dimulai pada saat benih imbibisi dalam suatu pelarut dengan potensial air rendah sampai kadar air benih dapat dipertahankan setelah mencapai keseimbangan (Nurmiaty dan Nurmauli, 2010). Teknik invigorasi merupakan suatu proses yang mengontrol proses terjadinya dehidrasi benih dalam berlangsungnya proses metabolik menjelang perkecambahan. Teknik invigorasi yang sering dilakukan yaitu dengan perendaman benih kedelai.

Perendaman benih dapat memicu respirasi benih sehingga tanaman dapat tumbuh lebih cepat, hal ini dilakukan dengan memberi perlakuan terhadap benih kedelai sebelum dilakukan penanaman untuk memicu aktivitas metabolisme benih kedelai diantaranya menggunakan larutan yang mengandung ZPT (Yogi dkk, 2023). Pemberian ZPT alami dapat

meningkatkan potensi tumbuh embrio benih untuk tumbuh dan sebagai promotor perkecambahan benih (Lestari dkk, 2020). Invigorasi dapat juga digunakan sebagai perlakuan sebelum simpan atau antar periode penyimpanan dengan tujuan mempertahankan vigor benih dalam penyimpanan atau meningkatkan daya simpan benih, viabilitas dan vigor benih (Utami, Sari dan Widajati, 2013).

#### 2.1.8 Zat pengatur tumbuh kulit bawang merah

Zat pengatur tumbuh memiliki peran yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. ZPT atau hormon tumbuh merupakan senyawa organik bukan hara yang dalam jumlah sedikit dapat memacu, menghambat dan dapat mengubah proses fisiologi tumbuhan (Ernita dkk, 2023).

Penggunaan ZPT yang tepat akan berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman namun bila dalam jumlah yang terlalu banyak maka akan merugikan tanaman atau dapat meracuni tanaman. ZPT merupakan suatu zat pendorong pertumbuhan apabila diberikan dalam jumlah yang tepat, sebaliknya bila diberikan dalam jumlah yang terlalu tinggi dari yang dibutuhkan tanaman maka akan menghambat proses metabolisme tanaman. Cara pemberian ZPT dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan cara perendaman. Metode perendaman adalah metode praktis yang paling awal ditemukan dan sampai saat ini masih dipandang paling efektif. Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai ZPT alami adalah bawang merah (ekstrak) (Pamungkas dan Puspitasari, 2018).



Gambar 1. Kulit bawang merah  
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2025)



Bawang merah mengandung hormon auksin dan giberelin sehingga dapat digunakan sebagai salah satu zat pengatur tumbuh alami. Pertumbuhan pada daun maupun batang distimulir oleh hormon giberelin. Auksin sebagai salah satu ZPT yang memacu perkembangan akar dibutuhkan tanaman untuk mempercepat dan memaksimalkan pertumbuhan (Suparto, Sofyan dan Irfan, 2024). Selain itu, diketahui bahwa ekstrak kulit bawang merah mengandung senyawa kimia yaitu flavonoid, polifenol, saponin, alkaloid, tanin, terpenoid, dan asetogenin yang bermanfaat sebagai antioksidan, antibakteri, dan pestisida alami (Rahayu dkk, 2022). Indrawati dkk. (2016) menyatakan bahwa fungsi flavonoid pada tumbuhan secara umum sebagai pengatur tumbuh, pengatur fotosintesis, kerja antimikroba dan anti virus.

Kulit bawang merah dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman, yaitu: 1) sebagai pupuk organik cair (POC), kandungan unsur hara yang ada di dalam kulit bawang merah, seperti: kalium (K), magnesium (Mg), fosfor (P), dan zat besi (Fe) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair yang menyuburkan tanaman; 2) sebagai ZPT, dalam kulit bawang merah terdapat hormon auksin dan giberelin yang merupakan hormon pertumbuhan, sehingga kulit bawang merah dapat dimanfaatkan sebagai ZPT ; dan 3) sebagai pestisida nabati karena terdapat kandungan senyawa *acetogenin* di dalam kulit bawang merah yang dapat menjadikan kulit bawang merah sebagai pestisida nabati. Aplikasi pestisida nabati dari limbah kulit bawang merah pada tanaman dapat mengakibatkan terganggunya organ pencernaan hama serangga yang dapat menyerang tanaman (Nawariah, Fajri dan Royani, 2022).

Berdasarkan hasil penelitian tentang kandungan kulit bawang merah diketahui mengandung unsur hara seperti kalium (K), magnesium (Mg), fosfor (P) dan besi (Fe) yang terkandung dalam kulit bawang merah dapat digunakan sebagai pupuk organik cair untuk menyuburkan tanaman. Kulit bawang merah juga dapat sebagai ZPT, dimana kulit bawang merah mengandung hormon auksin dan giberelin yang merupakan hormon pertumbuhan (Handayani dkk, 2024). Berdasarkan penelitian Kurniati, Hartini dan Solehudin 2019), bahwa bawang merah memiliki hormon auksin sebesar 156,01 ppm dan giberelin

sebesar 230,67 ppm, sehingga kulit bawang merah dapat digunakan sebagai ZPT.

## **2.2 Kerangka berpikir**

Penyediaan benih kedelai bermutu di Indonesia saat ini masih mengalami kendala yaitu kemunduran benih kedelai yang berlangsung cepat selama penyimpanan. Kemunduran benih secara cepat tersebut terutama disebabkan oleh tingginya kandungan protein dan kondisi lingkungan tropis dengan kelembapan yang tinggi (Ramadhani, Surahman dan Ernawati, (2018). Benih kacang kedelai bermutu sering berhadapan dengan masalah daya simpan benih yang rendah karena suhu dan kelembapan ruang simpan, sehingga benih kedelai cepat mengalami penurunan viabilitas dan vigor selama masa penyimpanan (Hayati dan Setiono, 2021). Hal ini biasanya diakibatkan oleh daya tumbuh serta vigor benih yang mengalami penurunan sepanjang masa penyimpanan atau lebih dikenal dengan istilah deteriorasi (Dzakwan dan Kurniawan, 2023).

Benih yang telah mengalami kemunduran akan sulit untuk berkecambah karena vigor dan viabilitas benih yang sudah rendah. Namun hal ini bisa diatasi dengan pemberian perlakuan khusus untuk meningkatkan kembali vigor dan viabilitas benih. Pada benih yang telah mengalami penurunan kualitas seperti benih yang telah kedaluwarsa atau telah mengalami kemunduran. Namun, benih kedaluwarsa tersebut dapat dimanfaatkan petani dengan memberikan perlakuan invigorasi untuk meningkatkan kembali produktivitas benih tersebut (Riswanda dan Santika, 2024). Solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas benih yang menurun adalah dengan invigorasi. Invigorasi merupakan usaha yang dilakukan untuk mempertahankan vigor benih yang ditunjukkan oleh perbaikan performansi benih baik secara fisiologis maupun biokimia, dengan berbagai perlakuan benih pasca panen atau pra tanam. Invigorasi benih dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya penggunaan ZPT atau hormon, seperti auksin, giberelin, dan sitokinin (Mutryarny, Endriani dan Purnama, 2022). Media yang dapat digunakan sebagai bahan invigorasi adalah ekstrak bawang merah, ekstrak bawang merah

dapat digunakan karena mengandung ZPT alami seperti hormon auksin dan giberelin sehingga dapat merangsang pertumbuhan benih.

Invigorasi dapat dilakukan melalui perendaman benih dengan perlakuan tertentu. Proses perendaman ini sangat bergantung pada lamanya waktu perendaman. Jika benih kedelai direndam terlalu lama, hal ini dapat menyebabkan kekurangan oksigen karena air yang berlebih mengisi ruang di sekitar benih, sehingga menghambat pertukaran udara yang diperlukan untuk respirasi aerobik. Respirasi ini penting dalam tahap perkecambahan karena menyediakan energi bagi aktivitas sel, pembelahan, dan pertumbuhan. Jika pasokan oksigen menurun maka respirasi anaerob akan terjadi, namun efisiensinya jauh lebih rendah dalam menghasilkan energi. Akibatnya, pertumbuhan benih terhambat dan indeks vigor menurun. Selain itu, perendaman yang terlalu lama dapat menyebabkan stres akibat overhidrasi. Penyerapan air yang berlebihan bisa menimbulkan kerusakan jaringan internal benih karena tekanan turgor yang tinggi, yang pada akhirnya merusak struktur sel. Kondisi jenuh air ini juga meningkatkan risiko infeksi oleh jamur dan bakteri. Kombinasi antara rendahnya kadar oksigen, stres air, dan potensi serangan patogen dapat memperlambat serta mengurangi keserempakan pertumbuhan benih. Oleh karena itu, perendaman yang terlalu lama sebaiknya dihindari karena lebih banyak menimbulkan dampak negatif dibandingkan manfaatnya bagi proses perkecambahan. Sebaliknya, perendaman dalam waktu yang terlalu singkat, seperti satu jam, belum cukup untuk memungkinkan benih menyerap senyawa aktif dari ekstrak kulit bawang merah secara optimal. (Widiatmanta dan Wibowo, 2022).

Proses awal yang sangat penting dalam memulai perkecambahan benih adalah penyerapan air dan nutrisi, yang dikenal sebagai imbibisi. Jika durasi perendaman terlalu singkat, benih mungkin hanya mampu menyerap sebagian kecil air dan zat bioaktif yang tersedia. Akibatnya, reaksi metabolisme yang diperlukan untuk memicu perkecambahan tidak berjalan optimal, sehingga pertumbuhan benih menjadi lambat.

Zat aktif dalam ekstrak kulit bawang merah, seperti hormon pertumbuhan (giberellin, auksin) dan antioksidan alami, membutuhkan waktu tertentu agar dapat menembus lapisan pelindung biji dan mempengaruhi aktivitas fisiologis di dalamnya. Jika waktu perendaman terlalu singkat, penyerapan zat-zat penting ini tidak maksimal, sehingga manfaatnya terhadap peningkatan vigor dan kecepatan tumbuh benih akan berkurang. Meskipun perendaman dalam waktu singkat dapat mencegah terjadinya kelebihan air (overhidrasi), durasi yang terlalu pendek tetap mengurangi efektivitas perlakuan karena benih tidak memperoleh cukup waktu untuk menyerap senyawa-senyawa penting yang dapat meningkatkan potensi perkecambahan. Durasi perendaman yang tepat memungkinkan benih menyerap air dan nutrisi dalam jumlah yang seimbang, sehingga seluruh benih berada pada kondisi yang seragam untuk memulai proses pertumbuhan. Kondisi ini penting untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang merata dan meningkatkan keberhasilan dalam proses pembibitan. Sebaliknya, baik perendaman yang terlalu sebentar maupun terlalu lama dapat mengganggu proses ini. Durasi yang terlalu singkat menyebabkan penyerapan nutrisi tidak mencukupi, sedangkan waktu yang terlalu lama berisiko menimbulkan kelebihan penyerapan atau ketidakseimbangan, yang dapat berdampak pada perbedaan tingkat perkecambahan antar benih. Perbedaan ini dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman yang tidak seragam, sehingga kualitas hasil panen menurun. Selain itu, perendaman yang terlalu lama juga dapat menimbulkan stres oksidatif akibat akumulasi radikal bebas, terutama ketika pasokan oksigen terbatas selama perendaman. Radikal bebas ini dapat merusak sel-sel benih, menghambat proses perkecambahan, menurunkan indeks vigor, dan pada akhirnya mempengaruhi kualitas tanaman yang dihasilkan. (Widiatmanta dan Wibowo, 2022). Oleh karena itu, sangat pentingnya memperhatikan lama perendaman dalam proses perendaman benih.

Pada penelitian Paelongan, Malau dan Semahu (2023) menyatakan bahwa ekstrak bawang merah memiliki kandungan ZPT yang dapat merangsang pertumbuhan jaringan tumbuhan. Fitohormon yang dikandung

bawang merah adalah auksin, allithiamin dan giberelin. Dimana auksin berfungsi untuk mempengaruhi pertambahan tinggi tanaman, pembelahan sel, pertumbuhan diferensiasi, percabangan biji, perkembangan kuncup, pemanjangan batang, pertumbuhan dan pertambahan daun, dan mempengaruhi pertumbuhan percabangan sedangkan, giberelin berperan dalam peningkatan beberapa bagian pada tanaman seperti, tinggi tanaman, jumlah daun per tanaman, perpanjangan batang, persentase pembungaan pada tanaman, stimulasi dan sinkronisasi pembungaan, perkembangan biji, jumlah biji per tangkai bunga, dan bobot biji per tangkai bunga dalam umbi. Namun, berdasarkan Wathan, Nurhayati dan Zuyasna (2022), penggunaan ZPT dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi yang digunakan. Penggunaan konsentrasi ZPT yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan sedangkan konsentrasi yang terlalu rendah maka tidak efektif untuk memacu pertumbuhan.

Pada penelitian Ramadhanti (2021), dimana menunjukkan ekstrak kulit bawang merah pada konsentrasi 10% sudah cukup baik untuk menghambat laju kemunduran benih kedelai selama penyimpanan. Hal ini berdasarkan pada daya kecambah, kecepatan tumbuh, indeks vigor, keserempakan tumbuh dan bobot kering kecambah yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol.

Penelitian Mirwatululi (2021), menyatakan bahwa konsentrasi ekstrak bawang merah 20% dapat meningkatkan potensi tumbuh, persentase muncul plumula pada hari kedelapan, kecambah normal dan tinggi tanaman kedelai kedaluarsa dengan lama perendaman 6 jam, namun tidak terdapat interaksi yang nyata antara perlakuan konsentrasi dan lama perendaman ekstrak bawang merah terhadap perkecambahan benih kedelai kedaluarsa.

Penelitian yang dilakukan Agustini dkk. (2024) dimana respon viabilitas dan vigor benih jagung pulut yang mengalami penyimpanan selama 1,5 tahun terhadap pemberian konsentrasi 20% ekstrak bawang merah mampu meningkatkan daya berkecambah (96,8%), kecepatan tumbuh (27,4%), keserempakan tumbuh (96,8%) dan indeks vigor (95,2%). Persentase peningkatan viabilitas dan vigor benih jagung pulut setelah pemberian ekstrak

bawang merah adalah daya berkecambah sebesar 74,3%, kecepatan tumbuh sebesar 66,7%, keserempakan tumbuh sebesar 74,3% dan indeks vigor sebesar 75,6% dibandingkan kontrol.

Penelitian Darajat (2014) menyatakan bahwa ekstrak bawang merah (*Allium cepa* L.) konsentrasi 10% mampu meningkatkan persentase daya berkecambah, kecepatan tumbuh, panjang hipokotil dan panjang akar benih kakao (*Theobroma cacao* L.) dengan lama perendaman 6 jam mampu meningkatkan persentase daya berkecambah, kecepatan tumbuh, panjang hipokotil benih kakao (*Theobroma cacao* L.), dan pada panjang akar lama perendaman yang memiliki pengaruh nyata adalah lama perendaman 9 jam. Namun tidak terdapat pengaruh interaksi konsentrasi dan lama perendaman ekstrak bawang merah (*Allium cepa* L.) terhadap viabilitas benih kakao (*Theobroma cacao* L.).

Pada penelitian Dzakwan dan Kurniawan (2023) menjelaskan bahwa perlakuan konsentrasi ekstrak bawang merah berpengaruh nyata terhadap potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah, serta keserempakan tumbuh. Perlakuan tertinggi dijumpai pada konsentrasi 20%. Perlakuan lama perendaman ekstrak bawang merah berpengaruh nyata terhadap potensi tumbuh maksimum serta daya berkecambah, keserempakan tumbuh cabai kedaluarsa, perlakuan tertinggi terdapat pada lama perendaman 9 jam. Tidak terdapat interaksi yang nyata antara konsentrasi dan lama perendaman pada seluruh parameter yang diuji.

Penelitian mengenai perlakuan invigorasi dengan konsentrasi ZPT ekstrak kulit bawang merah belum diketahui efektivitasnya pada viabilitas dan vigor benih kedelai. Hal tersebut mendasari penulis untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh invigorasi ekstrak kulit bawang merah terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).

### 2.3 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Invigorasi benih dengan ekstrak kulit bawang merah berpengaruh terhadap viabilitas dan vigor benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).
2. Terdapat invigorasi ekstrak kulit bawang merah yang paling berpengaruh baik dalam meningkatkan viabilitas dan vigor benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill).