

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Klasifikasi dan morfologi lada hitam

1. Klasifikasi lada hitam

Lada (*Piper nigrum* L) termasuk famili Piperaceae yang terdiri atas 10 sampai 12 genus. Terdapat 1.400 spesies tanaman lada yang beraneka ragam bentuknya, mulai dari herba, semak, tanaman menjalar, hingga pohon. Tanaman ini berasal dari ordo Piperales, genus Piper. Lada digolongkan kedalam subklas *Dicotyledonea*, akan tetapi batangnya mempunyai karakter antara *monocotyledoneae* dan *dicotyledoneae*, terlihat dari pembuluh dari pengangkut yang terletak pada lingkaran secara teratur (Suwanto, 2013).

Menurut Suwanto (2013) taksonomi tanaman lada adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Class : Dicotyledoneae
Ordo : Piperales
Familia : Piperaceae
Genus : *Piper*
Spesies : *Piper nigrum* L.

2. Morfologi lada hitam

1) Akar

Akar tanaman lada terdiri dari dua jenis, yaitu akar yang tumbuh dari buku di dalam tanah membentuk akar lateral dan berfungsi sebagai penyerap zat makanan, serta akar yang tumbuh di atas tanah yang berfungsi sebagai akar perekat. Akar lateral tanaman lada selain berserabut pada bagian bawah batang merupakan akar tunggang berjumlah 10 sampai 20 helai akar, dengan panjang 3 sampai 4 meter. Akar lada dapat melakukan penetrasi ke dalam tanah sampai kedalaman 1 sampai 2 meter. Sementara akar perekat yang tumbuh dari buku-

buku batang di atas tanah tidak akan memanjang. Panjangnya terbatas berkisar antara 3 sampai 5 cm yang berfungsi utama untuk melekat pada tiang panjat (Yudiyanto, 2016).

2) Cabang

Menurut Nurhakim (2014) cabang lada terdiri dari dua jenis, yaitu cabang *orthotrop* dan cabang *plagiotrop*. Karakteristik kedua macam cabang tersebut diuraikan sebagai berikut:

a) Cabang *Orthotrop*

Cabang *orthotrop* muncul pada ketiak daun tiap buku-buku batang. Cabang ini bisa muncul pada buku-buku yang tumbuh di atas permukaan tanah dan terbenam oleh tanah. Cabang *orthotrop* yang tumbuh di atas permukaan tanah disebut juga dengan sulur gantung atau lanak gantung. Sedangkan cabang *orthotrop* yang kemunculannya dari dalam tanah disebut juga dengan lanak tanah.

b) Cabang *Plagiotrop*

Cabang *plagiotrop* muncul pada buku dahan. Cabang ini muncul setelah tanaman lada berbuah yang kedua kalinya. Saat pertama kali berbuah, bunga dan buah hanya muncul pada tiap ruas buku dahan. Pada musim berbuah selanjutnya, sebelum kemunculan malai bunga akan didahului kemunculan cabang *plagiotrop*. Jumlah cabang yang muncul hanya satu pada tiap kali musim berbunga dan akan muncul lagi pada musim berbunga berikutnya. Demikian seterusnya hingga tanaman lada mati.

3) Daun

Daun lada berbentuk bulat telur, berbentuk asimetrik dengan ujung yang meruncing, duduk daunnya tunggal dan tumbuh berselang-seling pada setiap buku batang. Panjang tangkai daun 1,8 sampai 2,6 cm, pangkal daun tumpul dan berlekuk, ujung daun meruncing, bentuk daun bervariasi bulat telur (*ovalus*) hingga berbentuk jantung (*cordatus*). Lebar antara 5 sampai 10 cm dan panjang 10 sampai 19 cm. Tulang daun terdiri atas ibu tulang (*costa*) dan tulang-tulang cabang (*nervus lateral*) yang melengkung berjumlah 3 sampai 4 pasang (Yudiyanto, 2016). Walaupun berbentuk sederhana, ditemukan variasi bentuk dan ukuran daun, bentuk pangkal daun ujung daun antar varietas lada (Suwanto, 2013).

4) Bunga lada (*Organum reproductivum*)

Bunga lada merupakan bunga majemuk berbentuk malai. Malai menggelayung ke bawah dengan panjang yang bervariasi (3 sampai 25 cm), tidak bercabang, berporos tunggal, dan ditumbuhi bunga-bunga kecil berjumlah hingga 150 buah lebih (Suwanto, 2013). Bunga lada bersifat protogeni. Calon-calon bunga mula-mula berupa mata. Menjelang masa pembungaan mata tunas tumbuh menjadi kuncup yang diselubungi oleh seludang daun (Nurhakim, 2014).

Susunan bunga lada terdiri dari tajuk, mahkota, benang sari dan putik dalam satu kesatuan. Untuk membedakan semua bagian tersebut memang sulit kalau hanya mengandalkan mata telanjang. Perlu bantuan alat pembesar seperti lup atau mikroskop. Fase pertumbuhan bunga diawali dari kemunculan malai pada tiap buku atau ruas. Panjang malai sekitar 6 sampai 10 cm. Perkembangan selanjutnya bunga betina akan mekar, diikuti benang sari, tepung sari membuka dan bagian bunga-bunga lainnya. Proses penyerbukan dapat diketahui dari perubahan warna putik yang kecoklatan. Putik akan mengalami perkembangan hingga terbentuk secara jelas kulit luarnya, kulit dalam bagian daging buah, biji hingga keseluruhan bakal buah lada. Selanjutnya bakal buah berkembang menjadi buah muda hingga perubahan warna pada saat masak buah (Nurhakim, 2014).

5) Buah Lada

Buah lada tidak bertangkai alias duduk, berbiji tunggal, bulat bentuknya, berdiameter 4 sampai 6 mm, berdaging, kulitnya hijau bila masih muda dan berubah warnanya menjadi merah bila sudah masak. Buah yang masih hijau kulitnya akan menjadi kehit-hitaman bila dijemur dibawah terik matahari (Rismunandar, 2003).

Menurut Suwanto (2013) biji lada berbentuk bulat, berwarna krem dengan ukuran yang bervariasi (rata-rata 3 sampai 4 mm) dan embrionya sangat kecil, bobot 100 butir biji lada berkisar 3 sampai 8 g, rata-rata bobot 4,5 g tergolong normal. Biji lada tidak umum untuk dijadikan benih. Hal ini karena daya kecambahnya akan menurun setelah disimpan lebih lama dari satu minggu. Disamping itu, embrionya sangat kecil sehingga daya berkecambahnya juga rendah. Semakin lama benih disimpan baik pada kondisi lapangan maupun pada

kondisi kamar, viabilitas benih makin menurun. Tanaman yang diperbanyak dengan biji baru akan menghasilkan setelah tujuh tahun.

2.1.2 Perkecambahan benih lada hitam

1. Tahap perkecambahan

1) Imbibisi

Imbibisi merupakan awal dari perkecambahan benih, Giralmo dan Barbanti (2012), menjelaskan imbibisi yang dilakukan benih terjadi dalam tiga fase. Pada fase I, kecepatan penyerapan air sangat cepat disebabkan karena adanya perbedaan potensial air dan potensial benih. Pada fase II, imbibisi berjalan lambat karena di dalam benih sudah terjadi keseimbangan potensial air pada benih dengan lingkungannya. Fase III, imbibisi kecepatannya meningkat disebabkan karena pertumbuhan dan perkembangan kecambah sedang berlangsung yang diawali dengan munculnya radikula (Sivasubramaniam dkk., 2011).

Proses penyerapan air pada biji terjadi melalui mikrofil. Air yang masuk ke dalam kotiledon menyebabkan volumenya bertambah, sehingga kotiledon membengkak. Pembengkakan tersebut pada akhirnya menyebabkan melunaknya biji dan pecahnya testa (Setiawan dkk., 2021).

2) Pembentukan enzim

Masuknya air ke dalam biji menyebabkan enzim aktif bekerja dan proses ini berhubungan dengan aspek kimia. Enzim amilase bekerja memecah tepung menjadi maltosa. Kemudian maltosa dihidrolisis oleh maltase menjadi glukosa. Senyawa glukosa masuk ke dalam proses metabolisme untuk menghasilkan energi atau diubah menjadi senyawa karbohidrat penyusun struktur tubuh. Asam amino dirangkaikan menjadi protein yang berfungsi untuk menyusun struktur sel dan menyusun enzim-enzim baru. Asam lemak terutama dipakai untuk menyusun membran sel (Setiawan dkk., 2021).

3) Munculnya radikula

Tahap ini ditandai munculnya calon akar (radikula) yang berwarna putih atau krem kekuningan dari lubang kecil yang terdapat di pangkal biji. Lubang kecil tempat keluarnya radikula (mikrofil biji). Dengan keluarnya radikula dari mikrofil biji maka biji dianggap sudah berkecambah (Handayani, 2021).

4) Pertumbuhan kecambah

Tahap ini ditandai dengan keluarnya hipokotil berwarna putih kekuningan melewati permukaan semai. Munculnya hipokotil dianggap sebagai indikator perkecambahan biji. Pertumbuhan hipokotil keatas membengkok yang menyerupai huruf “U” terbalik. Hal ini karena akar tetap tumbuh dalam media, sedangkan kotiledon masih berada di dalam media semai (Handayani, 2021).

Terangkatnya kotiledon ke atas permukaan media semai ditandai munculnya kotiledon ke atas permukaan media semai. Pembengkokan hipokotil ke atas akan mengangkat kotiledon dari dalam media semai untuk tumbuh menjadi media semai. Kotiledon atau keeping biji merupakan salah satu organ pada semai yang berfungsi sebagai tempat cadangan makanan atau melakukan fotosintesis. Fase ini ditandai dengan terbukanya kotiledon (Handayani, 2021).

2. Tipe Perkecambahan

1) Perkecambahan epigeal

Perkecambahan epigeal adalah perkecambahan yang menghasilkan kecambah dengan kotiledon terangkat ke atas permukaan tanah. Dalam proses perkecambahan, Setelah radikel menembus kulit benih, hipokotil memanjang melengkung menembus permukaan tanah, kemudian hipokotil meluruskan diri dengan cara demikian kotiledon yang masih tertangkup tertarik ke atas permukaan tanah juga. Kulit benih akan tertinggal di permukaan tanah, selanjutnya kotiledon membuka dan daun pertama (plumula) muncul ke udara. Beberapa saat kemudian, kotiledon meluruh dan jatuh ke tanah. Beberapa contoh benih dengan perkecambahan epigeal adalah kedelai, kacang tanah, kacang hijau dan lamtoro (Setiawan dkk., 2021).

2) Perkecambahan hipogeal

Perkecambahan hipogeal adalah perkecambahan yang menghasilkan kecambah dengan kotiledon tetap berada di bawah permukaan tanah. Dalam proses perkecambahan, plumula dan radikel masing-masing menembus kulit benih. Radikel menuju ke bawah dilindungi oleh koleoriza, dan plumula menuju ke atas dilindungi oleh koleoptil. Setelah koleoptil menembus permukaan tanah dari bawah mencapai udara, lalu membuka dan plumula terbebas dari lindungan

koleoptil dan terus tumbuh, sedangkan koleoptil sendiri berhenti tumbuh. Beberapa contoh benih dengan tipe perkecambahan hipogeal adalah padi, jagung dan sorgum (Setiawan dkk., 2021).

3. Faktor yang mempengaruhi perkecambahan

Menurut Sutopo (2002) faktor yang mempengaruhi perkecambahan benih dibedakan menjadi dua yaitu faktor dalam dan faktor luar.

1) Faktor dalam

a. Tingkat kemasakan benih.

Benih yang dipanen sebelum tingkat kemasakan fisiologisnya tercapai tidak mempunyai viabilitas yang tinggi karena belum memiliki cadangan makanan yang cukup dan juga pembentukan embrio belum sempurna. Secara keseluruhan bahwa kemampuan berkecambah untuk biji-biji yang sudah tua atau masak lebih baik dibandingkan dengan benih yang belum ideal masaknya (Setiawan dkk., 2021).

b. Ukuran benih.

Benih yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kecil. Di dalam jaringan penyimpanannya benih memiliki karbohidrat, protein, lemak, dan mineral. Bahan-bahan tersebut diperlukan sebagai energi bagi embrio saat perkecambahan. Benih yang berukuran besar dan berat mengandung cadangan makanan lebih banyak dibandingkan dengan benih kecil (Sutopo, 2002).

c. Dormansi.

Benih dikatakan dormansi apabila benih tersebut sebenarnya hidup tetapi tidak berkecambah walaupun diletakan pada keadaan lingkungan yang memenuhi syarat bagi perkecambahan atau dapat dikatakan dormansi benih menunjukkan suatu keadaan dimana benih-benih sehat namun gagal berkecambah ketika berada dalam kondisi yang secara normal baik untuk berkecambah, seperti kelembaban yang cukup, suhu dan cahaya yang sesuai (Setiawan dkk., 2021).

Menurut Sutopo (2002) faktor-faktor yang menyebabkan hilangnya dormansi pada benih sangat bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan tentu saja tipe dormansinya, antara lain yaitu : karena temperatur yang sangat rendah di musim dingin, perubahan temperatur yang silih berganti, menipisnya kulit biji,

hilangnya kemampuan untuk menghasilkan zat-zat penghambat perkecambahan, adanya kegiatan dari mikroorganisme.

d. Hormon

Tidak semua hormon tumbuhan (fitohormon) bersifat mendukung proses perkecambahan. Menurut Setiawan dkk. (2019) ada beberapa yang bersifat menghambat proses perkecambahan. Fitohormon yang berfungsi sebagai penghambat perkecambahan antara lain: Etilen, Etilen berperan menghambat transportasi auksin secara basipetal dan lateral. Adanya etilen dapat menyebabkan rendahnya konsentrasi auksin dalam jaringan. Asam Absisat, Asam Absisat bersifat menghambat perkecambahan dengan menstimulasi dormansi biji. Selain itu, asam absisat akan menghambat proses pertumbuhan tunas.

2) Faktor Luar

a. Air

Suatu kehadiran air sangat dibutuhkan dalam aktivitas sel-sel embrionik di dalam biji, melunakan biji untuk mengembangkan embrio dan endosperm, sebagai fasilitas memasukkan oksigen dalam dinding sel, mengencerkan protoplasma untuk reaksi metabolisme di dalam sel, dan sebagai media transportasi makanan dari endosperm (Ai dan Ballor, 2010).

b. Suhu

Variasi Suhu perkecambahan tergantung pada spesies masing-masing tanaman. Suhu dalam perkecambahan diperlukan dalam suatu viabilitas benih. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada benih dan kerja enzim. Rata-rata suhu optimum pada benih berkisar antara 26°C sampai 35°C (Setiawan dkk., 2021).

c. Oksigen

Oksigen berkaitan dengan proses respirasi. Saat berlangsungnya perkecambahan, proses respirasi akan meningkat disertai dengan meningkatnya pengambilan oksigen dan pelepasan CO₂, air dan energi panas. Terbatasnya oksigen akan menghambat proses perkecambahan benih (Sutopo, 2002). Kebutuhan oksigen sebanding dengan laju respirasi dan dipengaruhi oleh suhu dan mikroorganisme yang terdapat dalam benih (Setiawan dkk., 2021).

d. Cahaya

Kebutuhan biji terhadap cahaya untuk perkecambahan tanaman berbeda-beda tergantung pada jenis tanamannya. Biji yang berkecambah pada keadaan yang kurang cahaya ataupun gelap dapat menghasilkan kecambah yang mengalami etiolasi, yaitu terjadinya pemanjangan yang tidak normal pada hipokotil atau epikotilnya, kecambah berwarna pucat dan lemah (Sutopo, 2002).

e. Media tanam

Media yang baik untuk perkecambahan benih harus mempunyai sifat fisik yang baik, gembur, mempunyai kemampuan untuk menyimpan air dan bebas dari organisme penyebab penyakit terutama cendawan "*damping off*". Tanah sebagai media tumbuh tanaman harus memiliki kandungan hara yang cukup untuk menunjang proses pertumbuhan tanaman sampai berproduksi (Sutopo, 2002).

Menurut Yudiyanto (2016) tanah bagi tanaman memiliki tiga fungsi utama, yaitu:

- a) Menyediakan unsur-unsur mineral bagi tanaman serta sebagai medium pertukaran maupun sebagai tempat persediaan.
- b) Menyediakan air dan sebagai reservoir.
- c) Sebagai tempat berpegang dan bertumpu untuk tegak.

2.1.3 Invigorasi benih

Kemunduran suatu benih dapat diterangkan sebagai turunnya kualitas atau viabilitas benih yang mengakibatkan rendahnya pertumbuhan tanaman serta produksinya, dimana kejadian tersebut merupakan suatu proses yang tidak dapat balik dari kualitas suatu benih (Tefa, 2018). Inviograsi adalah perlakuan benih sebelum tanam dengan cara menyeimbangkan potensial air benih untuk merangsang kegiatan metabolisme di dalam benih sehingga benih siap berkecambah tetapi struktur penting embrio yaitu radikula belum muncul (Khan, 2010). Nigam dkk. (2018) menambahkan bahwa tujuan invigorasi benih adalah untuk mematahkan masa dormasi benih, menyeleksi benih yang bernas agar dapat tumbuh dengan cepat, merangsang perakaran agar benih tumbuh seragam, dan sehat serta mencegah dari serangan hama dan penyakit pada fase awal pertumbuhan.

Larutan *Polyethylene glycol* (PEG) merupakan jenis larutan yang sering digunakan pada perlakuan invigorasi *osmoconditioning*, dikarenakan sifatnya yang mudah larut dalam air (Yuanasari dkk., 2015). Perlakuan invigorasi dengan perendaman PEG dapat meningkatkan daya berkecambah, berat kering kecambah, kecepatan berkecambah dan panjang bibit kayu manis yang telah turun mutunya akibat kesalahan dalam prosesing benih. Perlakuan invigorasi dapat meningkatkan daya berkecambah dari 13,33% menjadi 63,33% (Rusmin, 2004).

Novita dan Suwarno (2014), mengatakan berat molekul dan konsentrasi larutan PEG mempengaruhi kemampuan dalam mengikat air. Girolamo dan Barbanti (2012) menyatakan bahwa jenis PEG yang biasa digunakan adalah PEG yang memiliki besar molekul 6000 atau 8000. Besarnya molekul yang dimiliki PEG 6000, mencegah larutan memasuki jaringan dan embrio benih sehingga tidak meracuni benih. Ruliyansyah (2012) berpendapat, perlakuan perendaman benih dengan waktu yang terlalu lama juga dapat berpengaruh negatif terhadap viabilitas benih. Ini disebabkan karena perendaman yang terlalu lama dapat mengurangi ketersediaan oksigen yang diperlukan dalam proses respirasi benih. Oksigen dalam proses respirasi sangat diperlukan untuk proses pembongkaran zat makanan untuk mendapatkan energi, yang nantinya digunakan untuk proses perkecambahan seperti pembentukan akar. Sehingga proses respirasi yang tidak maksimal menyebabkan energi yang dihasilkan akan berkurang, akibatnya adalah perkecambahan dan pertumbuhan akar menjadi terhambat.

Nurmauli dan Nurmiaty (2010) berpendapat bahwa perendaman dengan aquades dapat memperbesar tekanan turgor yang mengakibatkan pecahnya kulit benih sehingga laju imbibisi pada benih tidak terkendali oleh membran sel. Membran sel yang menyerap air terlalu tinggi akan mengganggu aktivitas metabolisme pada benih, sehingga dapat menghambat proses perkecambahan. Penggunaan PEG 6000 sebagai perlakuan *osmoconditioning* memang relatif aman bagi benih. Namun, jika konsentrasi terlalu tinggi justru dapat menurunkan viabilitas benih, namun tidak sampai menyebabkan kematian pada benih (Girolamo dan Barbanti, 2012).

Viabilitas benih adalah daya hidup benih yang ditunjukkan oleh gejala pertumbuhan benih atau gejala metabolismenya. Viabilitas benih merupakan salah satu komponen mutu fisiologi yang terdiri dari viabilitas potensial dan vigor. Viabilitas potensial ditentukan oleh daya berkecambah yang mencerminkan kemampuan benih untuk tumbuh dan berkembang menjadi tanaman normal pada kondisi optimum (Dianawati dkk., 2013).

Nilai indeks vigor berkaitan dengan kecepatan benih berkecambah. Kecepatan perkecambahan mengidentifikasi bahwa benih vigor. Perendaman benih dalam air dan osmotikum sebenarnya adalah salah satu upaya yang dilakukan untuk mempercepat perkecambahan benih, proses imbibisi yang cepat berakibat pada seluruh proses metabolisme, asimilasi, reaksi biokimia yang terjadi di dalam benih akan lebih cepat, yang akan memacu munculnya radikula lebih cepat pula (Ernita dan Mairizki, 2019). Sampai saat ini perlakuan invigorasi terhadap benih lada hitam belum banyak dilaporkan, oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian tentang invigorasi *osmoconditioning* terhadap viabilitas benih lada hitam.

2.1.4 Kandungan ekstrak kulit buah sirsak

Tanaman sirsak (*Annona muricata* L.) merupakan salah satu tanaman dari kelas Dicotyledonae, keluarga Annonaceae dan genus *Annona*. Nama sirsak berasal dari bahasa Belanda, yakni *Zuurzak* yang berarti kantong asam (Surbakti dan Nadiya, 2019). Tanaman sirsak yang juga dikenal dengan sebutan nangka sebrang merupakan tanaman tropis dan sudah tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Tanaman ini mempunyai manfaat besar bagi kehidupan manusia, yaitu sebagai tanaman buah yang sarat dengan gizi.

Menurut Faridah dkk. (2021) kulit buah sirsak mengandung senyawa alkaloid dan flavonoid, karbohidrat, terutama fruktosa, vitamin C, Vitamin B1, dan B2. Uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Metode aktivitas anti radikal bebas DPPH merupakan metode terpilih untuk menapis aktivitas antioksidan bahan alam. Metode ini digunakan karena DPPH merupakan metode yang sederhana, cepat dan mudah untuk penapisan aktivitas penangkapan radikal beberapa senyawa, selain itu

metode ini terbukti akurat, efektif dan praktis (Pratiwi dkk., 2023). Persen inhibisi (% aktivitas antioksidan) merupakan salah satu parameter yang menunjukkan kemampuan suatu antioksidan dalam menghambat radikal bebas. Parameter yang digunakan untuk mengetahui besarnya kemampuan senyawa antioksidan yaitu nilai IC_{50} (Pratiwi dkk., 2023).

Pemberian senyawa antioksidan pada benih sebelum penyimpanan merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperlambat proses kemunduran pada benih yang memiliki kadar lemak tinggi (Junita dkk., 2019). Proses alami dalam kemunduran benih melibatkan sitologi, perubahan fisiologis, biokimia dan fisik dalam benih. Urutan kemunduran benih dimulai dengan rantai peristiwa biokimia terutama kerusakan membran dan penurunan reaksi biosintetik yang menghasilkan kehilangan beberapa tanda kinerja benih, dimulai dengan penurunan daya berkecambah, penurunan perkecambahan di lapang, peningkatan kecambah abnormal dan diakhiri dengan kematian benih (Jyoti dan Malik, 2013).

Semua aktivitas enzim berkorelasi positif dengan perkecambahan jika aktivitas enzim menurun seperti berkurangnya aktivitas lipase, ribonuklease, asam fosfatase, protease, diastase, katalase, peroksidase, α dan β amilase, DNase dan dehidrogenase maka perkecambahan juga menurun. Kemunduran benih dapat terjadi selama penanaman, pemanenan dan penyimpanan. Selama penanaman, kemunduran benih akan dimulai saat benih telah masak fisiologis sampai benih tersebut dipanen. Kondisi lingkungan sebelum panen yang merugikan akan mengakibatkan benih yang telah masak fisiologis mengalami kerusakan. Saat panen sampai setelah panen, benih umumnya mengalami kerusakan fisik akibat dari cara panen, processing, dan transportasi yang kurang tepat (Jyoti dan Malik, 2013).

2.2 Kerangka pemikiran

Perbanyakan lada dengan biji biasanya dilakukan oleh lembaga penelitian. Tujuannya untuk menyimpan keanekaragaman genetik (*plasma nutfah*) dan untuk memperoleh varietas atau jenis tanaman lada unggul (pemuliaan tanaman). Tanaman lada yang berasal dari biji, baru bisa berbuah setelah berumur tujuh

tahun. Biji lada memiliki daya kecambah (viabilitas) yang rendah setelah dikeringkan. Oleh karena itu, biji lada harus segera ditanam setelah dipetik (Nurhakim, 2014).

Rismunandar (2003) menambahkan bahwa, biji lada relatif cepat berkurang daya tumbuhnya, untuk disemaikan kulit bijinya dibuang kemudian diangin-anginkan beberapa hari. Untuk mempercepat tumbuhnya, dianjurkan biji lada direndam dalam larutan zat asam-sulfat yang agak pekat selama dua menit. Tempat penyimpanan biji harus cukup basah dan diberi naungan yang cukup gelap. Rata-rata biji yang tumbuh biasa mencapai 90% dan tumbuh setelah 6 minggu disebar. Menurut Suwanto (2013) biji lada tidak umum dijadikan benih. Hal ini karena daya berkecambahnya akan menurun setelah disimpan lebih dari satu minggu. Makin lama benih disimpan, baik pada kondisi lapangan maupun kondisi dalam ruangan viabilitas benihnya akan menurun.

Benih yang telah mengalami kemunduran dapat diberikan perlakuan (*treatment*) berupa invigorasi untuk meningkatkan kembali performa suatu benih. Menurut Sadjad dkk. (1999) benih yang mengalami penundaan tanam terkadang dibiarkan dalam kondisi yang tidak optimal, misalnya di tempatkan di ruangan yang tidak optimum, dalam kemasan yang terbuka atau sebelumnya dibawa ke lapangan ditempatkan di ruangan yang berkelembaban udara tinggi. Hal tersebut akan menyebabkan benih mengalami penurunan vigor yang cepat sehingga waktu ditanam, vigor kekuatan tumbuh sudah rendah. Rusmin (2004) menyatakan bahwa teknik invigorasi dapat memperbaiki performa mutu benih yang telah mengalami kemunduran.

Perlakuan invigorasi yang sudah banyak dicoba untuk meningkatkan viabilitas pada berbagai spesies benih adalah *osmoconditioning*. Menurut Khan (2010), *osmoconditioning* merupakan perbaikan fisiologis dan biokimia dalam benih selama penundaan perkecambahan. Perlakuan *osmoconditioning* pada benih bertujuan untuk menghasilkan kecambah yang tumbuh cepat dan serempak, serta untuk memperbaiki persentase perkecambahan pada benih yang mengalami kemunduran (Powell, 1998). *Osmoconditioning* dapat menggunakan garam seperti natrium klorida (NaCl), kalium nitrat (KNO₃) dan *polyethylene glycol* (PEG).

Girolamo dan Barbanti (2012) melaporkan bahwa larutan *osmoconditioning* dengan besar molekul 6000 atau 8000 dapat digunakan karena tidak menembus jaringan yang ada di dalam benih contohnya seperti larutan PEG.

Penggunaan PEG 6000 efektif terhadap peningkatan perkecambahan yang viabilitasnya rendah dan mempercepat waktu perkecambahan benih. Hal ini karena PEG 6000 merupakan senyawa yang dapat menurunkan potensial osmotik larutan yang mampu mengikat air. *Osmoconditioning* dengan PEG telah berhasil dilakukan pada benih wortel, padi, jambu mete, adas, kayu manis, dan kedelai (Rusmin, 2004). Perlakuan invigorasi dengan perendaman dalam PEG 20% selama 24 jam dapat meningkatkan daya berkecambah, berat kering kecambah, kecepatan berkecambah dan bibit kayu manis yang telah turun mutunya akibat kesalahan dalam prosesing benih (Rusmin, 2004).

Salah satu indikasi kemunduran benih adalah meningkatnya kandungan lipid peroksida dan radikal bebas didalam benih. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kemunduran lanjut pada benih berlemak adalah pemberian senyawa antioksidan (Halimursyadah dan Murniati, 2008).

Antioksidan alami merupakan jenis antioksidan yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Menurut Molyneux (2003) parameter yang digunakan untuk menunjukkan aktivitas antioksidan adalah *inhibitory concentration* (IC_{50}) yaitu konsentrasi suatu zat antioksidan yang dapat menyebabkan 50% DPPH kehilangan karakter atau konsentrasi suatu zat antioksidan yang memberikan persen penghambat 50%. Semakin kecil nilai IC_{50} berarti aktivitas antioksidannya semakin tinggi. Hal ini sejalan dengan pendapat Pratiwi dkk. (2023) suatu senyawa dikatakan sebagai antioksidan sangat kuat apabila nilai IC_{50} kurang dari 50 ppm, kuat apabila nilai IC_{50} antara 50 sampai 100 ppm, sedang apabila nilai IC_{50} berkisar antara 100 sampai 150 ppm, dan lemah apabila nilai IC_{50} berkisar antara 150 sampai 200 ppm. Apabila suatu zat memiliki IC_{50} lebih dari 50 ppm, maka zat tersebut kurang aktif atau sangat lemah namun masih berpotensi sebagai zat antioksidan.

Hasil analisis data (Alim dkk., 2021) menunjukkan bahwa ekstrak etanol kulit buah sirsak (*Annona muricata* Linn) dengan nilai IC_{50} adalah sebesar

192,13 μ g/ML. Berdasarkan nilai IC_{50} yang diperoleh aktivitas ekstrak etanol kulit buah sirsak dikategorikan lemah (Pratiwi dkk., 2023). Menurut penelitian Aulia dan Mulyani (2016) dari 1,2 kg sampel basah kulit buah sirsak (*Annona muricata* L) diperoleh ekstrak kental heksane sebanyak 1,21 gram (0,10%), ekstrak kental etil asetat sebanyak 5,42 gram (0,45%) dan ekstrak etanol sebanyak 30,10 gram (2,51%). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Yullianida dan Murniati (2005) yang menunjukkan bahwa perlakuan antioksidan dari berbagai macam sumber yang diberikan melalui metode invigorasi ternyata mampu meningkatkan kecepatan tumbuh relatif benih.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan uraian di atas, diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. *Polyethylene glycol* (PEG) 6000 dan ekstrak kulit buah sirsak sebagai bahan invigorasi berpengaruh terhadap perkecambahan dan pertumbuhan lada hitam.
2. Diketahui konsentrasi *Polyethylene glycol* (PEG) 6000 dan ekstrak kulit buah sirsak yang berpengaruh baik terhadap perkecambahan dan pertumbuhan lada hitam.