

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) dikenal sebagai salah satu komoditas pertanian bernilai ekonomis tinggi. Produksi kakao berkontribusi secara signifikan terhadap perekonomian Indonesia, termasuk peningkatan devisa negara. Produk olahan kakao yang beragam, seperti coklat, menjadikannya sangat diminati di pasar internasional. Tidak hanya memiliki nilai komersial yang tinggi, kakao juga diketahui memiliki manfaat kesehatan berkat kandungan antioksidan, seperti fenol dan flavonoid, yang dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Sebagai salah satu negara penghasil kakao terbesar di dunia, Indonesia dituntut untuk dapat meningkatkan kualitas dan daya saing biji kakao agar mampu terus bersaing di pasar global. Upaya ini bertujuan untuk memaksimalkan potensi keuntungan dan memperkuat posisi Indonesia di antara negara-negara produsen kakao lainnya di pasar global. Salah satu strategi peningkatan kualitas hasil pertanian tersebut adalah melalui pemanfaatan teknologi modern dan praktik agrikultur yang lebih efektif (Meniati et al., 2022).

Berdasarkan data rata-rata produksi kakao Indonesia selama periode 2018-2022, lebih dari 99% produksi nasional berasal dari Perkebunan Rakyat (PR). Sentra produksi kakao di Indonesia tersebar di 10 provinsi utama yang secara bersama-sama menyumbang 90,32% dari total produksi nasional. Provinsi-provinsi tersebut mencakup Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, Sumatera Barat, Lampung, Aceh, Sumatera Utara, Jawa Timur, dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Wilayah Sulawesi mendominasi produksi kakao, dengan Sulawesi Tengah sebagai kontributor terbesar yang menyumbang 17,88% dari total produksi nasional. Disusul oleh Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Barat dengan kontribusi masing-masing 15,82%, 14,83%, dan 10,06%. Di Pulau Sumatera, Lampung, Sumatera Barat, Aceh, dan Sumatera Utara masing-masing berkontribusi sebesar 7,97%, 6,72%, 5,62%, dan 4,98%. Sementara itu, provinsi Jawa Timur dan NTT masing-masing menyumbang 3,58% dan 2,86% dari total produksi kakao nasional (Kementrian Pertanian, 2023).

Sebagai salah satu produsen kakao terbesar di dunia, Indonesia memiliki peran penting dalam memenuhi permintaan pasar global. Berdasarkan laporan Global Cocoa Market Report and Forecast 2024-2032, Indonesia menempati posisi ketujuh sebagai penghasil kakao terbesar di dunia. Meskipun dikenal sebagai salah satu produsen kakao utama, data terbaru dari Badan Pusat Statistik (2024) menunjukkan bahwa produksi kakao nasional mengalami tren penurunan dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2021, produksi kakao mencapai 703,60 ribu ton, kemudian menurun menjadi 649,40 ribu ton pada tahun 2022, dan kembali menurun menjadi 640,70 ribu ton pada tahun 2023. Penurunan ini mengindikasikan

adanya tantangan signifikan yang dihadapi petani terutama petani kakao dari Perkebunan Rakyat.

Tren penurunan produksi kakao dalam beberapa tahun terakhir ini tentunya menjadi perhatian serius bagi industri perkebunan. Salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan ini adalah serangan penyakit yang mengurangi kualitas dan kuantitas buah kakao, sehingga berdampak langsung pada hasil panen dan pendapatan petani. *Vascular streak dieback* (VSD) merupakan salah satu penyakit penting pada kakao yang disebabkan oleh cendawan *Ceratobasidium theobromae*. VSD merupakan salah satu penyakit yang paling penting pada tanaman kakao di wilayah Asia Tenggara/Melanesia, dengan infeksi yang mampu membunuh bibit dan pohon dewasa dari varietas kakao yang rentan. Pada kakao yang tidak terlalu rentan, penyakit ini menyebabkan kematian cabang yang dapat mengganggu produktivitas kebun (McMahon & Purwantara, 2016).

Berdasarkan pada beberapa penelitian terbaru, patogen *C. theobromae* juga teridentifikasi sebagai penyebab dari *cassava witches' broom disease* (CWBD). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa *C. theobromae* dapat ditemukan dalam tanaman singkong yang terinfeksi CWBD, dengan prevalensi yang tinggi di beberapa negara di Asia Tenggara, termasuk Laos, Kamboja, Vietnam, dan Thailand. CWBD merupakan salah satu penyakit yang paling merusak pada singkong (*Manihot esculenta*), dan mengancam produksi tanaman secara global (Leiva et al., 2023).

Pada tahun 2017, ditemukan adanya fitoplasma *Candidatus Phytoplasma luffae* (Ca. *P. luffae*) di Filipina, yang diduga sebagai agen penyebab CWBD. Meskipun demikian, etiologi dan mekanisme penularan CWBD belum sepenuhnya dipahami. Namun, penelitian terbaru menunjukkan adanya kelimpahan cendawan *Ceratobasidium* sp. yang sangat tinggi pada xilem tanaman yang menunjukkan gejala CWBD, dan cendawan ini berkembang biak dengan cepat namun terbatas pada jaringan tersebut. Temuan ini menimbulkan adanya keraguan atas keterlibatan fitoplasma tersebut sebagai penyebab CWBD dan sebaliknya menyoroti potensi keterkaitan dari cendawan *Ceratobasidium* sp. sebagai penyebab utama CWBD (Landicho et al., 2024).

Oleh sebab itu, penelitian ini akan menguji potensi infeksi silang (*cross infection*) patogen *C. theobromae* dari tanaman kakao ke tanaman singkong. Hal ini berkaitan dengan beberapa penelitian yang telah mengidentifikasi *C. theobromae* sebagai penyebab penyakit VSD pada kakao dan CWBD pada singkong, maka terdapat kemungkinan bahwa patogen ini dapat menginfeksi kedua jenis tanaman tersebut. Jika infeksi silang ini terbukti terjadi, dampaknya bisa menjadi ancaman serius bagi produksi kakao dan singkong, yang keduanya merupakan komoditas penting bagi ketahanan pangan dan ekonomi Indonesia.

1.2 Landasan Teori

1.2.1 Infeksi Silang

Infeksi merupakan proses yang terjadi ketika patogen berinteraksi dengan sel atau jaringan dan memperoleh nutrisi dari inangnya. Selama infeksi, patogen dapat tumbuh dan berkembang biak dalam sel atau jaringan inangnya. Infeksi dianggap

berhasil jika terjadi gangguan pada fungsi fisiologis tanaman. Gangguan ini dapat menyebabkan perubahan pada tanaman, seperti perubahan warna, bentuk, layu, nekrosis, dan lainnya. Beberapa infeksi patogen mungkin tidak langsung menimbulkan gejala, tetapi akan muncul setelah beberapa waktu ketika kondisi lingkungan lebih mendukung. Infeksi dapat terjadi jika ada kombinasi kondisi lingkungan yang sesuai, tanaman inang yang rentan, dan patogen yang memiliki tingkat virulensi tinggi (Widnyana, 2023).

Infeksi silang merupakan fenomena yang terjadi ketika patogen dari satu spesies tanaman dapat menginfeksi spesies tanaman lainnya, baik melalui kontak langsung atau melalui media perantara seperti tanah, air, atau serangga. Infeksi silang menjadi perhatian penting dalam studi patogen karena dapat menyebabkan penyebaran penyakit yang lebih luas dan mengancam keberlanjutan tanaman yang rentan. Infeksi silang juga mengindikasikan potensi kerentanannya patogen untuk berkembang pada tanaman yang tidak biasa terinfeksi, yang dapat mengubah dinamika ekologi dan pertanian di lapangan.

1.2.2 Tanaman kakao

Tanaman kakao merupakan salah satu tanaman perkebunan yang memiliki nama ilmiah *Theobroma cacao* L. dari famili Malvaceae. Kakao adalah tanaman asli daerah tropis dan telah banyak dibudidayakan di Amerika Selatan dan Tengah, Afrika, Asia Tenggara, serta beberapa negara tropis lainnya. Pentingnya kakao secara biologis terutama terletak pada buahnya, yang mengandung biji-biji yang kemudian diolah menjadi berbagai produk kakao populer. Biji kakao adalah bahan baku utama untuk pembuatan cokelat, yang sangat digemari terutama oleh anak-anak karena rasanya yang gurih dan aromanya yang khas (Farhanandi et al., 2022).

Tanaman kakao memiliki fleksibilitas tinggi dalam hal perbanyakan secara generatif maupun vegetatif. Tanaman ini mampu menghasilkan banyak biji melalui penyerbukan atau persilangan yang sesuai. Tanaman Kakao adalah tanaman yang melakukan kawin silang sehingga menghasilkan tingkat keragaman genotipe, terutama keragaman morfologi seperti batang, daun, bunga, bentuk dan warna buah serta besar biji maupun resistensi terhadap hama penyakit (Farhanandi et al., 2022). Perbanyakan vegetatif tanaman kakao dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti teknik stek, okulasi, tunas, serta menggunakan metode embriogenesis somatik dan transgenik untuk klon tertentu (Zasari & Sitorus, 2022).

Untuk tumbuh optimal, tanaman kakao membutuhkan tanah yang gembur dengan sistem drainase yang baik dan tingkat keasaman (pH) antara 6–7. Ketinggian ideal untuk penanaman berada di 0–600 meter di atas permukaan laut, dengan curah hujan berkisar antara 1.500–2.000 mm per tahun dan suhu optimal sekitar 25–27°C. Intensitas cahaya yang baik bagi pertumbuhannya adalah antara 50–70%. Kondisi lingkungan seperti ketinggian tempat, intensitas cahaya, iklim, suhu, kelembaban udara, dan jenis tanah sangat memengaruhi pertumbuhan serta karakteristik morfologi tanaman kakao. Misalnya, semakin tinggi suatu wilayah, suhu udara cenderung lebih rendah, sedangkan wilayah yang lebih rendah memiliki suhu yang lebih tinggi. Oleh karena itu, faktor-faktor ini perlu diperhatikan dengan cermat untuk

memastikan pertumbuhan tanaman kakao yang optimal dan hasil panen yang maksimal (Farhanandi et al., 2022).

1.2.3 Tanaman singkong

Singkong atau juga dikenal dengan nama ubi kayu dengan nama ilmiah *Manihot esculenta* Crantz merupakan tanaman pangan tahunan yang tumbuh di daerah tropis dan menjadi salah satu tanaman paling penting dalam keluarga Euphorbiaceae. Tanaman ini banyak dibudidayakan di daerah Afrika, Karibia, dan Asia. Tanaman ini memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi dan mudah dibudidayakan. Singkong juga dianggap sebagai tanaman serbaguna yang dapat digunakan sebagai sumber pangan, pakan ternak, serta bahan baku di berbagai industri. Oleh karena itu, singkong bukan hanya menjadi makanan bagi masyarakat berpenghasilan rendah tetapi juga berperan sebagai komoditas komersial yang mendukung jutaan orang yang tinggal di pedesaan Asia Tenggara (Ha et al., 2016)

Singkong banyak dibudidayakan di wilayah subtropis dan tropis, meskipun tanaman ini berasal dari Amerika Latin. Singkong kini menjadi tanaman pangan utama keempat di dunia setelah jagung, beras, dan gandum. Di negara berkembang, singkong dipandang sebagai sumber gizi penting yang mendukung ketahanan pangan dan menyediakan kalori utama bagi dua dari lima penduduk di Afrika (Bilate Daemo et al., 2023). Tanaman ini telah menjadi sumber utama energi pangan di Sub-Sahara Afrika karena mampu menghasilkan energi lebih tinggi per hektar dan per jam kerja dibandingkan tanaman pokok lainnya. Kelebihan lain dari singkong adalah fleksibilitas waktu tanam dan panen, serta ketahanannya terhadap kekeringan. Selain itu, singkong dapat tumbuh dan memproduksi di tanah miskin nutrisi, yang kurang cocok bagi tanaman sereal dan tanaman lain, serta sangat sesuai untuk berbagai sistem tumpangsari. Di Afrika, daun singkong juga dimanfaatkan sebagai sayuran yang terjangkau namun kaya akan protein, vitamin A, B, C, dan mineral lainnya (Asare et al., 2011).

Singkong merupakan salah satu tanaman memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi iklim yang kurang ideal serta lahan yang tidak subur. Tanaman ini dapat berkembang di berbagai jenis tanah, terutama latosol, alluvial, dan podsolik, serta membutuhkan curah hujan tahunan yang optimal antara 760 hingga 1.500 mm. Di Indonesia, singkong dapat ditanam hingga ketinggian sekitar 1.500 meter di atas permukaan laut, dengan suhu minimum sekitar 10°C dan kelembaban rata-rata 65 persen. Singkong juga mampu tumbuh dan menghasilkan dengan baik di lingkungan yang ekstrem, seperti lahan gambut, serta dalam kondisi iklim yang marjinal, di mana tanaman lain mungkin tidak dapat tumbuh dengan baik (Abubakar et al., 2021).

1.2.4 Cendawan *Ceratobasidium theobromae*

Cendawan ini dapat melakukan penetrasi melalui daun muda dan kemudian masuk ke dalam jaringan pembuluh kayu (xilem). Dalam waktu 6 hingga 16 minggu (tergantung pada usia dan varietas tanaman kakao), gejala dapat muncul pada daun kedua dan ketiga dari pucuk. Gejala yang paling khas dari penyakit ini adalah klorosis dengan bintik hijau atau bercak nekrotik dan penghitaman xilem yang terinfeksi pada

jaringan vaskular di bekas luka daun, yang menyebabkan rontoknya daun yang terinfeksi. Pada kakao yang rentan, cendawan akan menyebar melalui xilem hingga ke batang utama dan dapat membunuh kakao dewasa (Simamora et al., 2021).

Spora *C. theobromae* yang dibawa angin dapat menginfeksi daun muda di ujung cabang, terutama daun yang sedang berkembang di mana kutikula belum sepenuhnya terbentuk. Spora ini hanya dapat tersebar oleh angin dalam jarak pendek, sekitar 100 meter. Spora menempel dengan kuat pada daun sehingga tidak mudah terlepas meskipun terjadi hujan lebat. Spora yang mencapai daun yang belum mengeras akan berkecambah, dan beberapa di antaranya berhasil menembus epidermis. Setelah itu, hifa cendawan menjajah xilem daun. Dari daun, hifa mencapai batang melalui petiol dan menyebar melalui pembuluh xilem di jaringan vaskular ke daun-daun lain, kemungkinan besar menginfeksi daun-daun tersebut dengan tumbuh melalui petiol ke dalam daun. Hal ini didukung oleh munculnya jejak vaskular yang menghitam pada petiol dan bekas daun pada cabang yang terinfeksi (McMahon & Purwantara, 2016). Gejala serangan VSD akan terlihat pada daun ke-2 atau ke-3 dari pucuk. Cendawan ini merupakan parasit obligat yang menyerang bagian vegetatif tanaman kakao, terutama cabang dan daun (Hamdi & Lakani, 2021).

Pada tahap awal infeksi, jarang terlihat jaringan daun yang menunjukkan tanda-tanda nekrosis. Daun yang terinfeksi akan rontok sekitar 3 bulan setelah infeksi terjadi. Miselium berkembang dan masuk ke jaringan pembuluh xilem, kemudian tumbuh di dalamnya hingga mencapai tangkai daun. Cendawan ini terus berkembang di dalam xilem dan menyebar ke ranting utama, yang pada akhirnya menyebabkan kematian ranting di atasnya. Dalam kondisi lingkungan yang lembap, koloni berwarna putih akan tumbuh keluar dari sisa jaringan tangkai atau tulang daun yang telah terinfeksi. Pada tahap ini, *Ceratobasidium* membentuk banyak basidium di permukaan koloninya, yang berfungsi sebagai tubuh buah meskipun tidak memiliki bentuk khusus (*resupinate*). Basidium ini menghasilkan basidiospora yang dapat menginfeksi daun lain di sekitarnya. Basidiospora tersebut berukuran kecil, halus, dan tidak memiliki dinding sel tebal, menunjukkan bahwa spora ini mudah terbawa angin, cepat berkecambah, dan rentan terhadap kondisi kering yang memengaruhi keberhasilan infeksi. Karakteristik unik sporanya menyebabkan sebaran penyakit pada awalnya cenderung berkelompok. Basidium dan spora tersebut dapat berasal dari daun dan ranting tanaman yang sebelumnya telah terinfeksi (Harni et al., 2019).

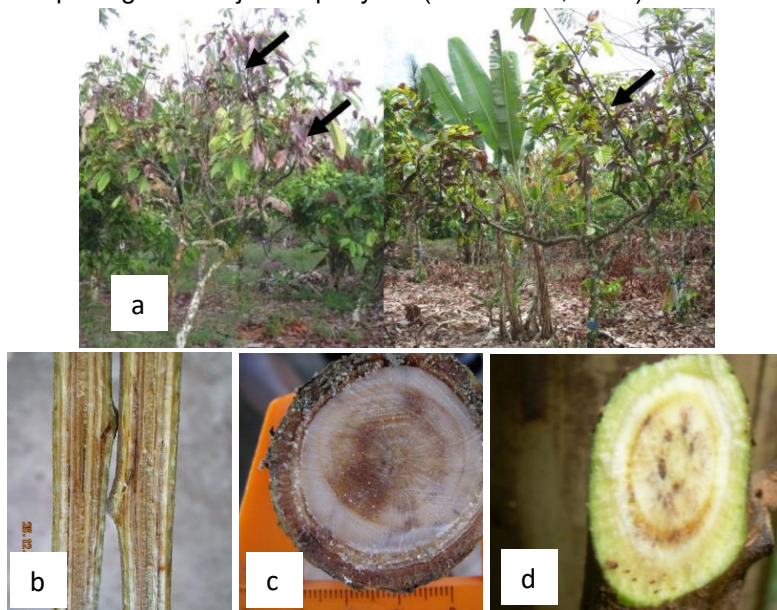
1.2.5 Vascular streak dieback (VSD)

Hama dan penyakit merupakan kendala utama bagi produktivitas kakao di Indonesia. Salah satu penyakit utama pada kakao adalah *Vascular streak dieback* (VSD) yang disebabkan oleh cendawan basidiomycetes *Ceratobasidium theobromae* (syn. *Oncobasidium theobromae*, *Thanatephorus theobromae*) (Hendra et al., 2019). Penyakit ini merupakan penyakit serius pada tanaman kakao di Asia Tenggara dan pulau-pulau barat Melanesia. Cendawan ini memiliki kapasitas penyebaran yang sangat terbatas dan tampaknya telah berulang kali menular ke kakao yang diperkenalkan di lokasi yang terpisah jauh, mulai dari Pulau New Britain di Papua

Nugini di timur hingga Negara Bagian Kerala, India, dan Pulau Hainan, China (Parawansa et al., 2022).

Penyakit ini memiliki dampak buruk terhadap kualitas dan kuantitas hasil kakao serta dapat menyerang pada semua tahap pertumbuhan, mulai dari bibit hingga fase produksi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan penyakit ini meliputi jenis klon yang ditanam, kondisi iklim yang lebih lembap, praktik budidaya yang tidak tepat (seperti pengaturan jarak tanam, penggunaan pohon pelindung, terasering, dan sistem drainase), serta kurangnya perawatan tanaman (seperti pemangkasan, pengelolaan naungan, pemupukan, kebersihan kebun, dan pengendalian hama serta penyakit).

Gejala pada ranting akibat infeksi *C. theobromae* ditemukan di hampir seluruh perkebunan kakao di Indonesia, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, dengan variasi tingkat kejadian dan keparahan penyakit. Faktor-faktor seperti kondisi tanaman, jenis klon kakao yang ditanam, lingkungan sekitar, dan perawatan tanaman memengaruhi tingkat infeksi. Perkebunan kakao yang tidak dirawat umumnya menunjukkan kejadian dan keparahan penyakit yang lebih tinggi dibandingkan dengan perkebunan yang terawat dengan baik. Lingkungan yang lembap, jarak tanam yang rapat, jenis klon, serta ketersediaan inokulum di lapangan berperan besar dalam peningkatan kejadian penyakit (Harni et al., 2019).

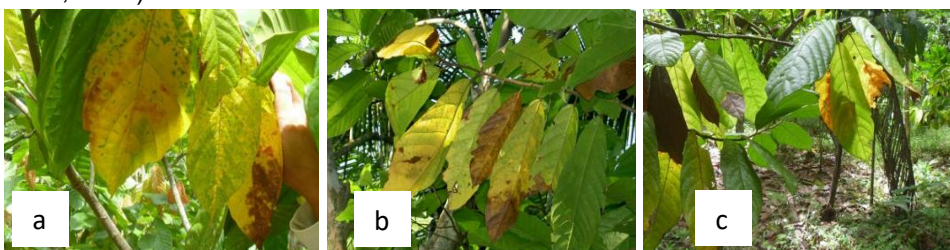


Gambar 1. Gejala VSD pada pohon kakao. (a) Cabang mati karena VSD pada pohon kakao dewasa. (b) Garis-garis yang terlihat pada xilem batang muda pohon kakao. (c, d) Infeksi bagian melintang batang kakao (Ali et al., 2019).

Gejala VSD tampak lebih serius selama musim kemarau dibanding musim hujan. Gangguan pada xilem mengakibatkan tanaman lebih rentan terhadap kekurangan air, terutama di tengah kondisi lingkungan yang kering. Selain itu, daun yang telah terinfeksi sering kali tetap melekat pada ranting dalam waktu yang cukup

lama, meskipun kondisinya sudah tidak sehat. Daun-daun ini berpotensi besar menjadi sumber inokulum bagi bagian tanaman yang masih sehat, seperti daun dan ranting baru, sehingga memperluas penyebaran penyakit pada tanaman yang sama atau di sekitarnya (McMahon & Purwantara, 2016).

Gejala serangan VSD pada tanaman kakao ditandai dengan daun yang menguning dengan bercak-bercak hijau, biasanya muncul pada daun kedua atau ketiga dari titik tumbuh. Daun tersebut akan rontok beberapa hari setelah menguning. Pada ranting yang terserang, satu atau dua daun akan gugur, sedangkan daun-daun di bagian bawah dan atasnya masih utuh, sehingga menciptakan tampilan ranting yang terlihat ompong. Jika bekas tangkai daun dibelah, akan terlihat tiga titik berwarna cokelat kehitaman. Ketika ranting dipotong membujur, tampak garis-garis cokelat pada jaringan xilem yang mengarah ke bekas tangkai daun. Lentisel pada ranting yang terinfeksi membesar dan terasa lebih kasar. Pada serangan yang parah, kematian jaringan dapat menyebar ke cabang atau bahkan ke batang utama (Harni et al., 2014).



Gambar 2. Gejala klorotik dan nekrotik pada daun yang terinfeksi *vascular streak dieback* (VSD) di perkebunan kakao di Sulawesi. (a) Gejala klorotik lanjut pada VSD dengan bercak-bercak jaringan hijau; (b) Gejala daun klorotik dan nekrotik pada VSD dengan daun yang terinfeksi tetap menempel pada cabang; (c) Nekrosis di ujung daun yang terinfeksi VSD (pada cabang atas di sebelah kiri) dengan batas yang jelas antara jaringan nekrotik dan jaringan hijau (Parawansa et al., 2022).

1.2.6 *Cassava witches' broom disease* (CWBD)

Penyakit *cassava witches' broom* pertama kali dilaporkan di Kepulauan Pasifik Wallis dan Futuna, namun baru mendapatkan perhatian yang lebih di Asia Tenggara pada tahun 2010 ketika terjadi kejadian tinggi dan penurunan signifikan pada hasil panen singkong di Vietnam, Kamboja, dan Thailand. Laporan terbaru menunjukkan bahwa penyakit ini juga telah menyebar ke Laos, Myanmar, dan Filipina. Dalam laporan-laporan tersebut, ditemukan *Candidatus phytoplasma asteris* dan *lufae* pada sebagian tanaman yang terinfeksi. Namun, persentase tanaman yang terkonfirmasi positif terhadap fitoplasma (melalui PCR bertingkat dan sekuensing) umumnya tidak disebutkan, dan sebaliknya, sejumlah besar hasil positif palsu telah dilaporkan. Hingga saat ini, belum ada tes molekuler yang dapat diandalkan untuk mendiagnosis penyebab CWBD (Leiva et al., 2023).

Berdasarkan survei lapangan pada berbagai tahap pertumbuhan tanaman (3, 6, dan 12 bulan), pengelompokan ruas batang dan proliferasi cabang lateral atau daun yang berlebihan merupakan salah satu gejala yang paling mencolok dan

membedakan CWBD pada berbagai tahap pertumbuhan tanaman. Selain itu, tanaman singkong yang terinfeksi CWBD juga menunjukkan berbagai gejala pada daun, seperti klorosis (penguningan), akumulasi pigmen antosianin pada daun apikal, kerdil, dan nekrosis. Pada tahap lanjut, CWBD akhirnya menyebabkan penuaan daun, pemendekan ruas batang, dan gejala layu. Diseksi radial batang mengungkapkan adanya pembusukan atau nekrosis pada jaringan vaskular di bagian tengah batan. Fenotipe ini kemudian meluas ke bagian bawah dan bagian bawah tanah dari batang dan akar. Gejala yang parah ini menyebabkan penurunan kandungan pati dan ukuran akar, yang pada gilirannya mengurangi hasil dan kualitas secara signifikan (Pardo et al., 2023).

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji kemungkinan terjadinya infeksi silang patogen *Ceratobasidium theobromae* dari tanaman kakao ke tanaman singkong serta mengidentifikasi gejala dan tingkat keparahan infeksi yang terjadi pada tanaman singkong. Selain itu, pengujian ini juga dilakukan untuk melihat apakah *C. theobromae*, yang dikenal sebagai patogen penyebab VSD pada kakao dapat menimbulkan gejala yang sama seperti CWBD pada singkong.

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam memberikan informasi mengenai kemampuan infeksi *C. theobromae* pada kedua tanaman ini serta membantu dalam merumuskan strategi pengendalian yang efektif untuk menjaga produktivitas dan kualitas hasil panen kakao dan singkong.

1.4 Hipotesis

Patogen *C. theobromae* yang berasal dari tanaman kakao dapat menginfeksi tanaman singkong melalui mekanisme infeksi silang.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan sejak bulan Juli 2025 – Desember 2025 di Desa Lambarese, Kec. Burau, Kab. Luwu Timur, Sulawesi Selatan.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni parang, sekop, *cutter*, gunting tanaman, kamera, buku catatan, pulpen, spidol, plastik, tali rafia, meteran, kertas HVS, map plastik, *polybag*, dan *sprayer*. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni alkohol 70%, bibit kakao, batang singkong, tangkai kakao bergejala dan air.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini secara umum menggunakan 2 macam metode infeksi, yakni infeksi secara alami dan infeksi secara buatan.

2.3.1 Uji infeksi singkong secara alami

a. Persiapan media tanam

Media tanam merupakan elemen penting dalam proses pertumbuhan tanaman karena menjadi tempat akar atau calon akar tumbuh dan berkembang. Untuk tanaman yang diperbanyak dengan metode stek, media tanam yang mendukung pembentukan akar dan tunas sangat diperlukan. Tanaman singkong, khususnya, tumbuh optimal pada tanah yang bertekstur remah, gembur, tidak terlalu liat, dan tidak terlalu poros (Yelli et al., 2021).

Persiapan media tanam untuk bibit singkong dimulai dengan menyediakan 12 *polybag* sebagai wadah tanam. Selanjutnya, pilih tanah yang sesuai, yaitu tanah bertekstur remah dan gembur, yang tidak terlalu liat ataupun poros, agar dapat mendukung pertumbuhan akar secara optimal. Setelah itu, masukkan tanah ke dalam *polybag* satu per satu hingga terisi cukup penuh tetapi tidak terlalu padat untuk menjaga sirkulasi udara. Kondisi media tanam yang baik diharapkan dapat menciptakan lingkungan tumbuh yang stabil, mendukung pembentukan sistem perakaran yang kuat, serta meningkatkan keberhasilan pertumbuhan awal bibit singkong sebelum dilakukan perlakuan infeksi.

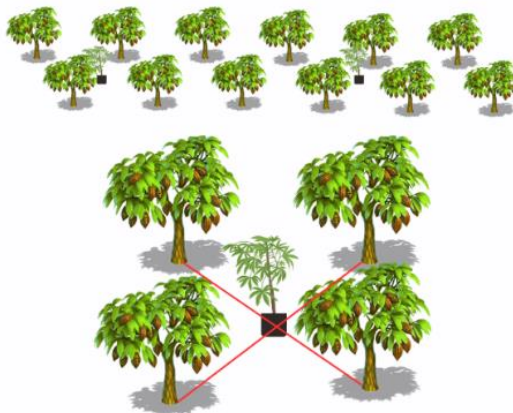
b. Penanaman bibit singkong

Pemilihan batang singkong yang sehat dan bebas penyakit sangat penting untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal. Batang singkong yang digunakan setidaknya berukuran sekitar 15 cm yang diambil dari batang tengah yang berumur sekitar 6 bulan (Faoji et al., 2021). Langkah selanjutnya adalah menanam batang singkong tersebut di *polybag*. Tanam batang singkong secara vertikal, dengan posisi mata tunas menghadap ke atas, agar tunas dapat berkembang

dengan baik ke arah atas dan tumbuh menjadi tanaman yang sehat. Batang harus terbenam sedalam sekitar 5-7 cm untuk memastikan stabilitas dan kemudahan dalam pertumbuhan akar. Kedalaman tanam yang sesuai berperan penting dalam mendukung penyerapan air dan unsur hara secara optimal serta mencegah batang mudah rebah. Selain itu, selama proses penanaman, posisi batang dijaga tetap tegak dan tidak miring agar pertumbuhan tunas dan akar berlangsung secara simetris dan teratur. Penanaman yang tepat diharapkan dapat mempercepat fase pertumbuhan awal, meningkatkan keberhasilan pembentukan sistem perakaran yang kuat, serta menghasilkan bibit singkong yang sehat dan seragam sebelum dilakukan perlakuan infeksi selanjutnya.

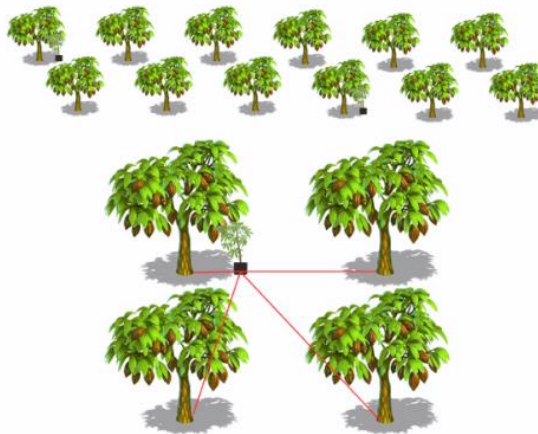
c. Penataan tanaman uji

Lahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan lahan kakao yang telah terinfeksi atau memiliki riwayat terinfeksi patogen *C. theobromae*. Penataan tanaman dilakukan dengan menggunakan 2 model jarak tanam yang berbeda disekitar tanaman kakao yang menunjukkan gejala infeksi *C. theobromae*. Pada model pertama, 6 bibit singkong ditempatkan di area terbuka yang dikelilingi oleh empat pohon kakao dewasa bergejala, dengan jarak tanam sekitar 190 cm dari batang kakao terdekat. Penempatan dilakukan merata agar setiap bibit memiliki jarak yang relatif sama terhadap pohon kakao di sekelilingnya.



Gambar 3. Penataan tanaman uji jarak tanam 190 cm dari batang kakao

Pada model kedua, 6 bibit singkong lainnya ditanam tepat di bawah pohon kakao yang menunjukkan gejala infeksi, dengan jarak sekitar 50 cm dari batang utama kakao. Posisi bibit ditempatkan pada area yang berpotensi menerima percikan air hujan dari bagian tanaman kakao yang terinfeksi, sehingga bibit berada pada kondisi yang memaksimalkan peluang kontak dengan sumber inokulum.



Gambar 4. Penataan tanaman uji jarak tanam 50 cm dari batang kakao

d. Penamaan tanaman uji

Dalam penelitian ini, setiap tanaman uji diberi kode untuk memudahkan proses pengamatan, pencatatan data, dan analisis hasil penelitian.

- a) Kelompok A merupakan kelompok tanaman singkong yang ditanam dengan jarak 190 cm dari batang kakao. Kelompok ini meliputi tanaman A1, A2, A3, A4, A5 dan A6.
- b) Kelompok B merupakan kelompok tanaman singkong yang ditanam dengan jarak 50 cm dari batang kakao terdekat. Kelompok ini meliputi tanaman B1, B2, B3, B4, B5, dan B6.

2.3.2 Uji infeksi singkong secara buatan

a. Penanaman tanaman singkong

Metode penelitian yang dilakukan secara buatan diawali dengan persiapan lahan yang akan digunakan untuk penanaman tanaman singkong. Lahan yang digunakan merupakan lahan terbuka yang memiliki kondisi lingkungan sesuai untuk pertumbuhan singkong, seperti ketersediaan cahaya matahari yang cukup dan drainase yang baik. Pada lahan tersebut ditanam sebanyak 12 batang singkong dengan jarak tanam antar tanaman sekitar 50 cm. Pengaturan jarak tanam ini bertujuan untuk memberikan ruang tumbuh yang memadai bagi setiap tanaman, mengurangi kompetisi antar tanaman dalam memperoleh air, unsur hara, dan cahaya, serta mempermudah pengamatan gejala penyakit setelah dilakukan perlakuan inokulasi buatan. Penanaman dengan jarak yang seragam juga diharapkan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang relatif homogen sehingga memudahkan interpretasi hasil penelitian.

b. Inokulasi patogen

Selain memanfaatkan proses inokulasi alami secara langsung di perkebunan kakao, pengujian ini dilakukan dengan melakukan inokulasi buatan untuk mengevaluasi efektivitas dan potensi penyebaran *C. theobromae* pada tanaman singkong dalam kondisi yang terkontrol. Inokulasi buatan ini memungkinkan untuk mengatur kondisi infeksi secara lebih spesifik, seperti mengatur jenis tanaman yang terinfeksi dan metode penularan jamur, serta mempermudah observasi gejala infeksi dan dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman singkong.

a) Penempelan tangkai kakao

Metode penempelan tangkai kakao dilakukan dengan tujuan untuk menguji kemungkinan penularan *Ceratobasidium theobromae* dari jaringan tanaman kakao yang terinfeksi ke tanaman singkong melalui kontak langsung jaringan hidup. Prosedur ini diawali dengan memilih tanaman singkong sehat berumur ± 2 bulan (8 minggu) yang akan digunakan sebagai inang penerima.

Langkah pertama yaitu melukai batang singkong menggunakan pisau steril atau *cutter* tajam untuk membuat sayatan kecil pada kulit batang hingga mengenai jaringan kambium. Potongan tangkai atau ranting kakao yang menunjukkan gejala VSD kemudian ditempelkan tepat pada bagian luka tersebut dengan posisi menempel rapat. Area penempelan kemudian ditutup menggunakan plastik bening dan diikat rapat dengan tali rafia agar bagian sambungan tetap lembap serta terhindar dari kontaminasi serangga, air hujan, atau elemen lain yang dapat mengganggu proses inokulasi.

b) Metode sambung atas

Metode sambung atas dilakukan untuk menguji kemungkinan penularan *Ceratobasidium theobromae* dari tanaman kakao yang terinfeksi ke tanaman singkong melalui penyatuan jaringan hidup. Pada metode ini digunakan tanaman singkong sehat berumur ± 2 bulan (8 minggu) sebagai batang bawah (*rootstock*) dan potongan ranting kakao bergejala VSD sebagai batang atas (*scion*).

Langkah pertama yaitu memilih tanaman singkong yang sehat dan memiliki batang lurus serta kokoh. Batang singkong kemudian dipotong pada bagian atas dengan jarak sekitar 20 cm dari permukaan tanah. Potongan dilakukan membentuk huruf "V" dengan kedalaman sekitar 1–2 cm menggunakan pisau yang steril. Bentuk potongan ini bertujuan agar sambungan dapat menempel kuat dan memiliki luas bidang kontak yang cukup antara jaringan kambium kedua tanaman. Ranting kakao bergejala kemudian disiapkan dengan panjang sekitar 10 cm dan bagian pangkalnya dibentuk menyerupai huruf "V" terbalik, sehingga dapat masuk dengan pas ke celah potongan pada batang singkong. Setelah keduanya berada pada posisi sejajar, sambungan direkatkan menggunakan plastik bening dan diikat dengan tali rafia untuk menjaga kestabilan serta kelembapan di area sambungan.

c. Penamaan tanaman uji

Dalam uji infeksi secara buatan, tanaman singkong dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan berdasarkan metode inokulasi yang diberikan, yaitu:

- a) Kelompok SA merupakan kelompok tanaman yang diberi perlakuan inokulasi dengan metode penempelan tangkai kakao yang diberi kode SA1, SA2, SA3, dan SA4.
- b) Kelompok SB merupakan kelompok tanaman yang diberi perlakuan inokulasi dengan metode sambung pucuk atas yang diberi kode SB1, SB2, SB3, dan SB4.
- c) Kelompok SK merupakan kelompok tanaman yang tidak diberi perlakuan inokulasi (kontrol) yang diberi kode SK1, SK2, SK3, dan SK4.

2.3.3 Uji infeksi bibit kakao sehat secara alami

Uji infeksi secara alami dilakukan untuk mengetahui kemampuan patogen dalam menginfeksi bibit kakao sehat di lingkungan perkebunan yang telah diketahui terinfeksi penyakit *vascular streak dieback* (VSD). Bibit kakao sehat yang digunakan pada percobaan berasal dari sumber perbenihan yang bebas gejala VSD dan belum terpapar inokulum patogen di lapangan. Bibit yang digunakan pada pengujian ini berumur 4 bulan sebanyak 8 bibit kakao sehat.

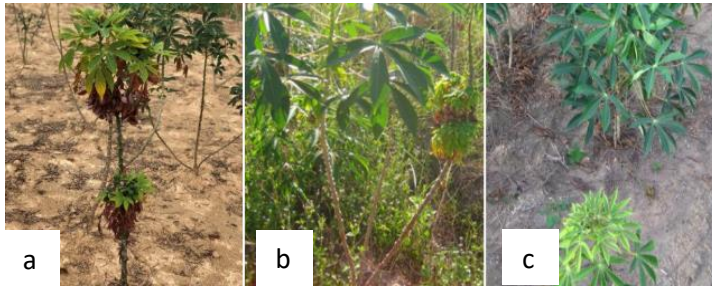
Bibit kakao sehat kemudian ditempatkan secara langsung di areal perkebunan kakao yang positif terinfeksi VSD. Lokasi peletakan bibit dipilih pada blok tanaman kakao bergejala yang memiliki intensitas penyakit tinggi agar peluang kontak spora patogen terhadap bibit meningkat. Bibit diletakkan di antara tanaman kakao yang bergejala dengan bentuk seperti pada pengujian secara alami tanaman singkong masing-masing 4 bibit. Seluruh bibit dibiarkan berada pada kondisi lapangan tanpa perlakuan inokulasi buatan, sehingga paparan infeksi sepenuhnya bergantung pada sumber inokulum alami yang ada di lingkungan perkebunan.

Bibit kakao pada metode ini diberi kode penanda K1 hingga K8. Bibit yang diletakkan pada jarak 190 cm dari batang kakao diberi kode K1, K2, K3, dan K4. Sementara untuk bibit kakao yang diletakkan pada jarak 50 cm dari kakao terdekat diberi kode K5, K6, K7, dan K8.

2.3.4 Pengamatan gejala infeksi

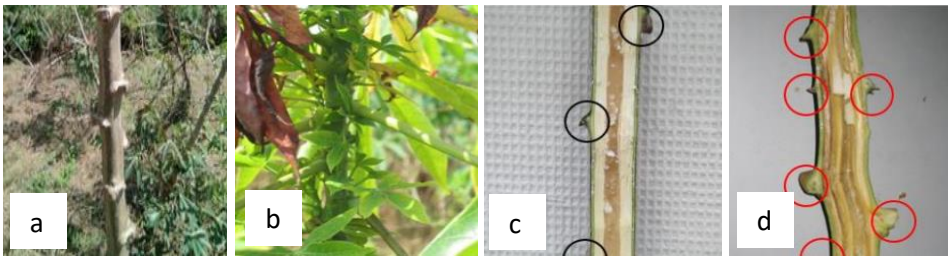
Pengamatan gejala infeksi pada tanaman singkong yang diujikan secara alami dilakukan setiap minggu sejak tanaman berumur 5 minggu dengan memantau dan mencatat gejala yang muncul. Sementara untuk tanaman singkong yang diujikan secara buatan diamati setiap minggu setelah perlakuan inokulasi yakni sejak berumur 9 minggu. Parameter yang diamati untuk setiap tanaman berupa gejala visual yang dapat dilihat pada tanaman singkong maupun pertumbuhan tanaman singkong meliputi tinggi tanaman, jumlah daun maupun berat umbinya.

a. Gejala pada daun



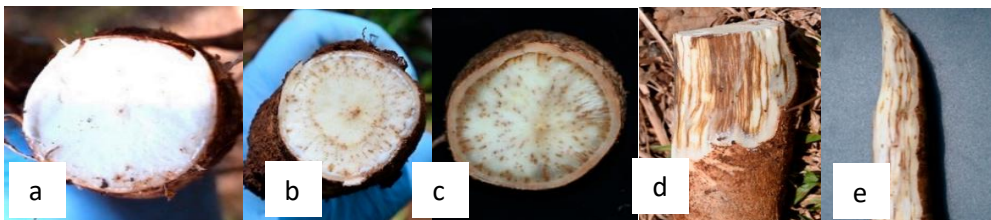
Gambar 5. Gejala *witches' broom* pada pucuk singkong. (a) Tanaman singkong dengan gejala daun kecil berwarna kuning, proliferasi tunas pada bagian tengah dan atas, serta petiol pendek. (b) Tanaman yang menunjukkan gejala khas hanya pada salah satu batang (kanan) dari tanaman singkong. (c) Tanaman pada gambar bagian atas sehat, sementara tanaman bagian bawah menunjukkan kerdil dan penguningan daun (Pardo et al., 2023).

b. Gejala pada batang



Gambar 6. Gejala *witches' broom* pada batang singkong. (a) Batang singkong dengan ruas batang normal, tanpa tunas di sepanjang batang. (b) Batang singkong yang menunjukkan daun kecil kuning, ruas batang pendek, dan tunas di sepanjang batang. (c) Potongan longitudinal dari batang singkong sehat. Lingkaran hitam menunjukkan jarak normal antar ruas batang. (d) Potongan longitudinal dari batang singkong yang terinfeksi penyakit. Lingkaran merah menunjukkan jarak yang lebih pendek (Pardo et al., 2023).

c. Gejala pada umbi



Gambar 7. Gejala *witches' broom* pada umbi singkong. (a) Umbi sehat, (b, c, d, e) Umbi yang terserang CWBD (Landicho et al., 2024).