

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peronosclerospora adalah sekelompok patogen dari filum Oomycota yang diklasifikasikan sebagai hama tanaman (OPT) dan agen karantina penting. Patogen ini merupakan parasit obligat yang hanya dapat berkembang pada tanaman inang hidup. Salah satu ciri morfologinya adalah adanya konidiofor bercabang yang tumbuh dari jaringan inang, dengan konidia tunggal di ujung cabang-cabang ini yang membentuk tabung kecambah saat berkecambah. (Rustiani et al., 2015).

Patogen *Peronosclerospora* spp. sangat bergantung pada kondisi lingkungan dan keberadaan inang untuk dapat berkembang. Suhu udara berkisar antara 25–30°C dan kelembaban tinggi (lebih dari 80%) merupakan kondisi yang sangat ideal untuk perkecambahan konidia dan proses infeksi. Infeksi awal biasanya dimulai ketika konidia berkecambah dalam tetesan embun di bagian pangkal daun tanaman jagung (*Zea mays*), terutama pada pagi hari (Formento AN & Pautasso JM, 2023; Kalqutny et al., 2020).

Penyakit yang disebabkan oleh patogen ini menginfeksi tanaman jagung sehingga muncul gejala garis putih yang khas atau memanjang sejajar dengan tulang daun berwarna kekuningan. Lalu terlihat serbuk seperti tepung (konidia) pada permukaan bawah daun atas daunnya di pagi hari. Konidia inilah yang dapat menyebabkan tanaman lain menjadi terinfeksi karena mudah tersebar (Ali & Kasiamdari, 2024; Formento AN & Pautasso JM, 2023).

Penyakit bulai yang disebabkan oleh *oomycetes Peronosclerospora* spp., awalnya hanya ditemukan di beberapa daerah penghasil jagung, tetapi segera setelah kemunculannya, penyakit ini menyebar ke beberapa provinsi. Selama epidemi, di daerah endemis, penyakit ini dapat menyebar hingga puluhan hektar. Di daerah seperti Jawa Timur, Lampung, dan Sulawesi Selatan, penyakit ini menyebar luas dan menyebabkan kerugian yang signifikan di tingkat usaha. Kerugian dapat mencapai 90%, terutama jika infeksi terjadi pada tahap awal pertumbuhan vegetatif. (Muis et al., 2016).

Peronosclerospora philippinensis adalah salah satu dari tujuh patogen tanaman yang terdaftar sebagai agen terpilih karena potensinya yang dapat menimbulkan ancaman serius terhadap kesehatan tanaman. *Peronosclerospora philippinensis* diperkirakan akan menyebabkan kerugian yang signifikan dalam produksi jagung (Fernandez et al., 2023). Kehilangan hasil panen akibat *Peronosclerospora philippinensis* berkisar antara 40-60 % dalam kondisi pertumbuhan normal hingga 80-100 %. Karena patogen ini dapat bertahan hidup di dalam biji, menyebar dengan cepat, dan terkadang membentuk spora dorman yang dapat bertahan hidup lebih dari setahun, patogen ini berpotensi mengancam produksi jagung lokal di iklim hangat dan tropis. (F. M. dela Cueva et al., 2022).

Peronosclerospra philippinensis adalah patogen obligat yang membutuhkan inang untuk pertumbuhan dan reproduksi. Infeksi terjadi ketika konidia dari tanaman yang terinfeksi menempel pada inang, tetapi infeksi benih dapat menjadi cara penting penyebaran patogen. Konidia yang muncul menghasilkan tabung yang tumbuh dan menembus jaringan atau stomata, membentuk *haustoria*. *Hhaustoria* ini menyebar ke seluruh jaringan dan membentuk miselium, dan infeksi berlanjut. (F. M. dela Cueva *et al.*, 2022).

Peronosclerospora philippinensis umumnya ditemukan di daerah tropis dan subtropis, dan distribusinya mirip dengan dua spesies lainnya, *Peronosclerospora maydis* dan *Peronosclerospora sorghi*. Penyakit ini menyebar melalui spora yang terbawa angin dan hujan. Penyakit ini juga dapat menyebar melalui peralatan pertanian yang terkontaminasi atau benih yang terinfeksi. Infeksi awal dimulai ketika spora menginfeksi bagian tanaman yang lebih muda, seperti *Peronosclerospora philippinensis*, yang menembus jaringan daun dan mulai tumbuh menjadi miselium. Gejala pertama yang terlihat dari tanaman yang terinfeksi adalah bintik-bintik putih atau abu-abu di bagian bawah daun. Pada infeksi yang lebih parah, daun akan menguning, dan tanaman akan mengalami retardasi pertumbuhan yang signifikan. (Astari & Lestari Ariyanti, 2024).

Dampak spesies yang terinfeksi oomycetes patogen *Peronosclerospora philippinensis* akan menyebabkan penurunan yang signifikan pada hasil jagung, terutama ketika tanaman yang terinfeksi berada pada tahap pertumbuhan kritis seperti pembentukan tongkol dan pematangan bulir. (Amara Khansa, 2020; Rustiani *et al.*, 2015; Ulhaq & Masnilah, 2019).

Kerusakan ini sangat merugikan petani dan mengancam produksi jagung di Indonesia. Identifikasi penyakit yang disebabkan oleh *Peronosclerospora* spp. dan penggunaan metode PCR penting untuk mencegah penularan.

Teknik deteksi molekuler yang dibutuhkan untuk diagnosis penyakit adalah PCR (*Reaksi Berantai Polimerase*). Teknik ini mampu menduplikasi sampel DNA (*Deoxyribonucleic Acid*), yang membutuhkan analisis yang lebih akurat. Teknik ini bahkan dapat digunakan untuk mengamplifikasi segmen DNA jutaan kali hanya dalam beberapa jam. Teknik biologi molekuler PCR memungkinkan amplifikasi segmen DNA patogen spesifik yang terdapat dalam sampel tanaman, bahkan dalam jumlah yang sangat kecil. Keunggulan PCR terletak pada kemampuannya untuk mendeteksi patogen sejak dini tanpa memerlukan gejala klinis yang jelas (Aulia, 2022; Kalqutny *et al.*, 2020).

Metode PCR seharusnya memberikan hasil yang lebih cepat dan akurat dibandingkan metode konvensional. Efektivitas PCR bergantung pada pemilihan primer yang sensitif dan spesifik untuk *Peronosclerospora philippinensis*. Primer yang tepat harus memastikan bahwa hanya DNA patogen *Peronosclerospora* yang terdeteksi (Aulia, 2022; Mo'minova G.A., 2022). Oleh karena itu, penggunaan metode PCR sangat disarankan untuk meningkatkan akurasi deteksi *Peronosclerospora philippinensis* sehingga hanya DNA patogen *P. philippinensis* yang dapat dideteksi tanpa adanya percampuran DNA patogen yang terdapat pada sampel tanaman.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian “Deteksi *Peronosclerospora philippinensis* pada tanaman jagung menggunakan teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR)” sebagai alat upaya dalam deteksi dini penyakit bulai pada tanaman jagung di Sulawesi selatan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara mendeteksi dini keberadaan *Peronosclerospora philippinensis* pada tanaman jagung?
2. Faktor- faktor apa saja yang menyebabkan tanaman jagung bisa terinfeksi *Peronosclerospora philippinensis* ?
3. Bagaimana pengaruh PCR dapat digunakan sebagai metode deteksi dini penyakit bulai pada tanaman jagung?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui dan membuktikan keberadaan patogen *Peronosclerospora philippinensis* pada tanaman jagung secara dini menggunakan metode PCR.
2. Mempelajari faktor–faktor yang menyebabkan terdeteksinya patogen *Peronosclerospora philippinensis* pada tanaman jagung.
3. Mengevaluasi potensi teknik PCR sebagai deteksi dini penyakit bulai pada tanaman jagung.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui keberadaan *Peronosclerospora philippinensis* tanaman jagung di beberapa kabupaten yang ada di Sulawesi Selatan.
2. Mengetahui faktor apa saja yang menyebabkan tanaman jagung terinfeksi *Peronosclerospora philippinensis*.
3. Mengetahui cara kerja PCR dalam mendeteksi patogen *Peronosclerospora philippinensis*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan komoditas pertanian dan pangan penting di Indonesia karena mengandung karbohidrat dan merupakan bahan pangan terpenting kedua setelah beras. (Amara Khansa, 2020). Selain digunakan sebagai pakan ternak, jagung juga dapat digunakan sebagai bahan baku pakan ternak. Permintaan jagung cenderung meningkat setiap tahun, tetapi sayangnya, produksi jagung masih relatif rendah (Kalqutny *et al.*, 2020).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2023, produksi jagung diperkirakan turun menjadi 2,49 juta hektare pada tahun 2023, turun 0,28 juta hektare atau 10,03% dari 2,76 juta hektare pada tahun 2022. Produksi jagung kering juga diperkirakan turun sebesar hektar 2,76 dari tahun 2022 ke tahun 2023 (BPS 2023).

Produktivitas tanaman jagung sering terancam oleh berbagai macam penyakit, salah satunya adalah serangan penyakit *Peronosclerospora philippinensis* yang menyebabkan jagung terserang penyakit hawar daun, yaitu penyakit utama tanaman jagung yang dapat menurunkan produktivitas tanaman jagung.

Produksi tanaman membutuhkan keragaman, dan salah satu penyebabnya adalah serangan patogen pada tanaman jagung. Serangan patogen pada tanaman jagung dapat memengaruhi keberhasilan budidaya, serta kualitas dan kuantitas produk. Penyakit jagung yang umum adalah hawar daun, yang disebabkan oleh spesies *P. philippinensis*, yang menyerang hampir setiap musim, terutama ketika ditanam di luar musim tanam atau di akhir musim tanam. Patogen ini cukup berbahaya karena dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 100 %, seperti yang terjadi di Lampung pada tahun 1996. (Aulia, 2022).

2.2 Pengaruh *Peronosclerospora* pada tanaman jagung

Peronosclerospora spp. adalah penyakit utama tanaman jagung, (kaur Iswer, 2023; Rahmiyah Muzayyana, 2020) genus dari patogen yang termasuk dalam kelompok *oomycetes* (Fletcher *et al.*, 2023). Penyakit bulai peronosclerospora merupakan penyakit yang dapat menginfeksi tanaman jagung pada awal pertumbuhan dan mengakibatkan penurunan hasil panen hingga 100%. (Ali & Kasiamdari, 2024; Kalqutny *et al.*, 2020; Nirwanto & Sutikno, 2024).

Jika penyakit bulai menginfeksi tanaman jagung pada umur 2-3 minggu akan mengakibatkan tingkat kerusakan sebesar 90-100 % (Astari & Lestari Ariyanti, 2024). Kerusakan yang disebabkan oleh patogen *Peronsclerospora* spp. dipengaruhi oleh faktor lingkungan abiotik, seperti suhu dan kelembapan (Nirwanto & Sutikno, 2024).

2.3 Klasifikasi penyakit bulai *Peronosclerospora philippinensis*

Kingdom	: Chromista
Phylum	: Oomycota
Class	: Oomycetes
Order	: Peronosporales
Family	: Peronosporaceae
Genus	: Peronosclerospora
Spesies	: <i>Peronosclerospora philippinensis</i>
Otoritas	: (W. Weston) C.G. Shaw

Peronosclerospora philippinensis, dikenal sebagai penyebab penyakit bulai Filipina (*Philippine downy mildew*), adalah patogen obligat biotrof dari kelompok Oomycetes yang menyerang tanaman jagung (*Zea mays*) dan beberapa spesies rumput lainnya (C.G. shaw, 2021).

Patogen ini memiliki karakteristik morfologi yang unik, sehingga sulit dibedakan dari spesies *Peronosclerospora* lainnya. Namun, *P. philippinensis* sangat mirip dengan *Peronosclerospora sacchari*. Meskipun isoenzim komparatif telah digunakan untuk membedakan spesies dalam genus *Peronosclerospora*, sulit untuk membedakan antara *P. philippinensis* dan isolat yang diidentifikasi sebagai *P. sacchari*. Kedua spesies ini dianggap sama, tetapi asumsi ini belum terkonfirmasi. (F. M. dela Cueva *et al.*, 2022).

2.4 Siklus Hidup *Peronosclerospora philippinensis*

Peronosclerospora philippinensis bersifat aseksual, karena saat ini belum ada bukti adanya tahap seksual (oospora) dalam siklus hidupnya. Siklus hidupnya dimulai dengan pembentukan konidia, spora aseksual yang terbentuk di permukaan tanaman jagung yang terinfeksi. Konidia diproduksi pada malam hari, terutama antara pukul 2 dan 3 pagi. Sporulasi menghasilkan lapisan putih seperti tepung pada permukaan daun, yang merupakan tanda pertama penyakit ini. (Astari & Lestari Ariyanti, 2024).

Konidia yang dihasilkan disebarkan oleh angin atau udara ke tanaman jagung yang sehat. Spora yang jatuh di permukaan daun menembus jaringan tanaman melalui stomata. Infeksi terutama terjadi ketika kelembapan relatif dan suhu lingkungan tinggi, seperti pada pagi hari setelah hujan atau saat embun. Setelah berhasil menembus jaringan, patogen tumbuh sebagai miselium yang menyebar ke seluruh tanaman, melalui pembuluh jaringan. Akibatnya, organ reproduksi seperti tongkol jagung dapat terpengaruh atau bahkan terhambat pertumbuhannya.

Miselium yang dihasilkan membentuk *konidiofor*, yang tumbuh melalui stomata untuk menghasilkan konidia baru. Oleh karena itu, siklus infeksi harus berulang terus-menerus, terutama dalam kondisi lingkungan yang mendukung. Selain menyebar antar tanaman, *P. philippinensis* juga harus bertahan hidup di lingkungan melalui inang alternatif. Inang ini bertindak sebagai reseptor bagi patogen, terutama di luar musim tanam jagung, sehingga menjadi sumber infeksi di awal musim tanam berikutnya. (Texas, 2016).

2.5 Teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Reaksi berantai polimerase atau *Polymerase Chain Reaction* (PCR) adalah teknik untuk mengamplifikasi fragmen DNA spesifik hingga 200% dari pasangan basanya. Dua makalah terbaru Mullis membahas pengembangan dan penerapan PCR serta aplikasi spesifiknya dalam biologi organisme dan populasi. PCR adalah metode ultrasonografi yang secara khusus menargetkan fragmen DNA kecil dalam tabung reaksi. PCR stabil terhadap panas dan dapat menahan perubahan ireversibel pada sifat kimia dan fisiknya, bahkan pada suhu ekstrem. Dalam PCR, Taq polimerase lebih disukai karena ketahanannya terhadap panas, yang memungkinkannya menghambat sintesis DNA langsung dari primer. Karena sensitivitasnya yang tinggi, PCR dapat mendiagnosis bakteri dan virus infeksius, serta penyakit genetik, menjadikannya metode ultrasonografi standar emas untuk berbagai pengujian sampel (Mo'minova G.A., 2022)

Penggunaan PCR untuk penyakit tanaman di Indonesia masih relatif baru, tetapi telah banyak diterapkan dalam penelitian tanaman pangan. Beberapa penelitian di Indonesia telah menggunakan PCR untuk mendeteksi penyakit pada tanaman padi, tomat, dan kacang-kacangan. Dalam konteks aplikasi PCR, PCR diharapkan menjadi alat yang sangat berguna untuk deteksi dini penyakit, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat. Metode PCR telah digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis penyakit tanaman dengan akurasi tinggi, termasuk penyakit menguning pada tanaman jagung. Dengan metode ini, petani dapat memperoleh informasi awal tentang potensi infeksi, yang membantu mereka dalam mengambil keputusan tentang pengendalian penyakit (An *et al.*, 2024).

2.6 Komponen PCR

PCR adalah teknik yang sangat sensitif, spesifik, dan cepat untuk mendeteksi dan mengidentifikasi DNA target. Ada beberapa komponen PCR yang harus terpenuhi agar reaksi bisa berjalan, yaitu DNA template, Primer, DNA polimerase, dNTP.

2.6.1 DNA cetakan (*DNA template*)

Templat DNA dapat berasal dari hewan, manusia, tumbuhan, jamur, virus, bakteri, atau DNA komplementer. DNA terdapat di dalam sel, sehingga sel harus dipecah terlebih dahulu. DNA dapat dipecah melalui ekstraksi DNA, disrupsi mekanis, atau metode kimia yang menyebabkan sel pecah. Fosil dan kerangka manusia, yang berabad tahun juga dapat digunakan sebagai templat DNA. (Modi *et al.*, 2021).

2.6.2 Primer

Primer adalah molekul *nukleotida ligan* beruntai tunggal yang terdiri dari sekitar 30 basa dan memiliki peran penting dalam proses PCR. Primer merupakan *fragmen oligonukleotida* pendek yang mengikat DNA untai ganda yang telah dibelah. Analisis PCR menggunakan beberapa primer, yaitu primer maju dan primer mundur. Kedua primer ini mengapit *fragmen* DNA target, sehingga membatasi panjang DNA yang dapat *diampifikasi*. (Green & Sambrook, 2019).

2.6.3 DNA polymerase

DNA polymerase adalah enzim yang digunakan dalam analisis PCR. Fungsi *DNA polymerase* adalah mengkatalisis sintesis untai DNA baru dengan menambahkan *nukleotida* ke ujung 3' untai DNA yang sudah ada. Enzim ini menentukan dan memastikan bahwa *Nukleotida* yang ditambahkan bersifat komplementer dengan cetakan DNA. DNA polimerase digunakan dalam PCR karena strukturnya stabil pada suhu tinggi. Salah satu contohnya adalah *Taq polymerase* yang diproduksi oleh bakteri *Thermus aquaticus*. Enzim ini akan tetap stabil pada suhu tinggi, bahkan sampai 97 °C. (Wimbuh Tri Widodo, 2025)

2.6.4 Deoksiribonukleotida trifosfat (dNTP)

Merupakan molekul penting dalam analisis PCR karena berperan sebagai *building block* dalam replikasi DNA . dNTP terdiri dari gula deoksiribosa, basa nitrogen (*Adenin (A)*, *Sitosin (C)*, *Guanin (G)*, atau *Timin (T)*), serta tiga gugus fosfat. Ada empat jenis dNTP yaitu dATP, dCTP, dGTP, dan dTTP. dNTP menyediakan komponen yang diperlukan oleh enzim DNA polymerase untuk memperpanjang untai DNA selama siklus PCR. Dalam proses PCR, *DNA polymerase* menambahkan dNTP ke ujung 3' dari untai DNA yang sedang terbentuk (Wimbuh Tri Widodo, 2025).

2.7 Tahapan PCR

Tiga tahap yang penting dalam melakukan PCR yaitu denaturasi, annealing dan elongasi. Tahapan *denaturasi*, *annealing*, dan *elongasi* dilakukan berulang-ulang

hingga 30 kali pengulangan (siklus). Setiap satu siklus selesai, DNA hasil PCR menjadi DNA cetakan di reaksi selanjutnya sehingga dalam 30 siklus, dihasilkan milyaran salinan DNA (Wimbuh Tri Widodo, 2025)

2.7.1 Denaturasi

Denaturasi ini adalah proses pemisahan DNA untai ganda menjadi dua untai tunggal dengan memanaskan DNA hingga suhu sekitar 94-98 °C. Panas ini memutus ikatan hidrogen yang menghubungkan basa nitrogen di antara kedua untai, sehingga primer dapat berikatan dengan DNA cetakan dan enzim DNA polimerase dapat mereplikasi DNA. (Khehra *et al.*, 2023).

2.7.2 Anneling

Anneling atau proses perlakuan panas pada material hingga suhu tertentu dan kemudian mendinginkannya secara lambat, ini tahap di mana primer berikatan dengan cetakan DNA. Suhu optimal adalah suhu di mana primer dapat berikatan dengan cetakan DNA. Namun, suhu *Anneling* merupakan faktor penting dalam amplifikasi DNA menggunakan reaksi berantai polimerase (PCR). Suhu saat annealing harus tepat sesuai perhitungan. Suhu yang terlalu rendah menyebabkan primer menempel pada fragmen DNA yang tidak komplementer dengan urutannya (tidak spesifik), namun jika suhu terlalu tinggi primer tidak dapat menempel pada DNA cetakan. Suhu *annealing* yang tepat berapa pada kisaran suhu leleh primer (T_m) primer, sehingga perlu dilakukan optimasi (Amanda *et al.*, n.d.)

2.7.3 Elongasi

Tahap *Elongasi* dalam reaksi PCR merupakan tahapan ketika DNA *polymerase* mensintesis untai DNA baru dengan menambahkan nukleotida ke primer yang telah menempel pada template DNA. Tahapan tersebut biasanya berlangsung pada suhu sekitar 72 °C. Selama elongasi, DNA *polymerase* memperpanjang primer dengan menambahkan dNTPs (*deoxynucleotide triphosphates*: dATP, dTTP, dCTP, dan dGTP) yang komplementer dengan DNA cetakan. Arah perpanjangan DNA pada PCR selalu dari arah 5' → 3' karena DNA *polymerase* hanya dapat menambahkan *Nukleotida* pada ujung 3'-OH dari primer. Durasi elongasi bervariasi bergantung pada panjang target DNA. Untuk target dengan ukuran kurang dari 1 kb diperlakukan waktu sekitar 30 hingga 60 detik (Wimbuh Tri Widodo, 2025)