



ETIOLOGI PENYAKIT BERCAK DAUN PADA BIBIT KELAPA SAWIT DI INDONESIA

HARI PRIWIRATAMA



PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul “Etiologi Penyakit Bercak Daun pada Bibit Kelapa Sawit di Indonesia” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini melimpahkan hak cipta dari disertasi saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2024

Hari Priwiratama



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

HARI PRIWIRATAMA. Etiologi Penyakit Bercak Daun pada Bibit Kelapa Sawit di Indonesia. Dibimbing oleh SURYO WIYONO, EFI TODING TONDOK, ELISABETH SRI HENDRASTUTI dan SRI WENING.

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan unggulan Indonesia yang menjadi tumpuan devisa. Pembibitan yang baik menjadi salah satu faktor yang menentukan kualitas bahan tanam kelapa sawit di lapangan. Namun, kegiatan pembibitan tidak terlepas dari masalah penyakit tanaman, salah satunya adalah bercak daun. Beberapa cendawan patogen bercak daun pada bibit kelapa sawit telah dilaporkan di berbagai belahan dunia. Meskipun demikian, di Indonesia, kebanyakan kasus bercak daun di pembibitan kelapa sawit diasosiasikan dengan *Curvularia* sp. tanpa proses identifikasi yang memadai. Oleh karena itu, penelitian mengenai etiologi penyakit bercak daun di perkebunan kelapa sawit di wilayah Indonesia masih diperlukan. Sebagai negara kepulauan, Indonesia memiliki pembatas alami yang dapat mencegah perpindahan inokulum penyakit dari satu tempat ke tempat lainnya. Hal ini akan turut memengaruhi keanekaragaman genetik dari cendawan patogen bercak daun kelapa sawit seperti *Curvularia*. Salah satu kunci manajemen penyakit bercak daun adalah pemahaman mengenai faktor-faktor yang memengaruhi tingkat keparahan penyakit. Fenomena kekeringan telah menjadi isu penting terkait perubahan iklim global. Namun, bagaimana pengaruh kekeringan terhadap penyakit bercak daun kelapa sawit masih belum diketahui. Varietas tahan penyakit merupakan komponen penting dalam upaya mitigasi penyakit tanaman. Waktu yang panjang menjadi salah satu tantangan pada tahap seleksi ketahanan kelapa sawit terhadap penyakit bercak daun. Oleh karena itu, metode seleksi dini untuk mengevaluasi tingkat ketahanan penyakit masih sangat diperlukan. *Detached leaf assay* (DLA) telah diperkenalkan sebagai metode untuk seleksi tanaman kelapa sawit tahan penyakit bercak daun. Namun, apakah metode tersebut dapat menggambarkan tingkat ketahanan penyakit pada bibit kelapa sawit masih harus dikaji lebih lanjut.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi cendawan patogen yang berasosiasi dengan penyakit bercak daun pada bibit kelapa sawit di Indonesia; (2) menganalisis keanekaragaman dan kekerabatan genetik *Curvularia* sp. sebagai model patogen bercak daun kelapa sawit; (3) mendeterminasi pengaruh kekeringan terhadap penyakit bercak daun *Curvularia*; dan (4) menganalisis korelasi tingkat keparahan penyakit antara metode DLA dan uji patogenisitas pada bibit kelapa sawit.

Penelitian ini terbagi kedalam empat tahapan pengerjaan, yaitu: (1) kajian mengenai distribusi dan cendawan patogen yang berasosiasi dengan penyakit bercak daun. Pada tahap ini, survei penyakit dilakukan di beberapa pembibitan kelapa sawit yang terletak di Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Papua untuk memperoleh daun yang bergejala bercak daun. Isolasi cendawan dilakukan dari daun yang bergejala hingga diperoleh biakan murni. Selanjutnya, karakterisasi morfologi dan identifikasi secara molekuler dengan pendekatan multilokus dilakukan pada isolat cendawan patogen terpilih; (2) analisis keanekaragaman genetik *Curvularia* sp. Analisis keanekaragaman genetik dilakukan terhadap 41 isolat cendawan dengan metode *amplified fragment length*



polymorphism (AFLP). Hasil skoring terhadap pita AFLP selanjutnya dianalisis untuk memperoleh pohon filogenetik. Sementara itu, uji patogenisitas terhadap isolat *Curvularia* dilakukan pada bibit umur tiga bulan untuk mengetahui tingkat virulensinya; (3) Uji dampak kekeringan terhadap keparahan penyakit bercak daun dilakukan dengan memberikan cekaman kekeringan pada bibit berumur tiga bulan dengan tingkat kandungan air setara kapasitas lapang (KL), 75% KL, 50% KL, dan 25% KL. Selanjutnya bibit diinokulasi dengan spora *C. oryzae* SU6 dan diamati tingkat keparahan penyakitnya selama tiga bulan; dan (4) Uji patogenisitas dilakukan pada potongan daun (DLA) dan bibit kelapa sawit dari delapan populasi berbeda menggunakan isolat *C. oryzae* SU6. Uji korelasi selanjutnya dilakukan untuk melihat hubungan antara kedua metode tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyakit bercak daun kelapa sawit disebabkan oleh tujuh genus cendawan patogen. Genus *Curvularia* merupakan yang paling dominan dengan proporsi 53,17%, diikuti genus *Pestalotiopsis* dengan proporsi 32,20%. Penelitian ini menjadi laporan pertama infeksi *Neopestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis*, *Phyllosticta*, *Nigrospora*, dan *Phoma* pada bibit kelapa sawit di Indonesia. Identifikasi multilokus menunjukkan empat spesies *Curvularia* sebagai penyebab penyakit bercak daun kelapa sawit, yaitu: *C. oryzae*, *C. geniculata*, *C. eragrostidis* dan *C. lunata*. Penelitian ini turut menjadi laporan pertama terkait infeksi *C. oryzae* dan *C. geniculata* pada bibit kelapa sawit di Indonesia. Sementara itu, *C. oryzae* merupakan spesies predominan dengan proporsi isolat mencapai 93,58%.

Hasil analisis AFLP memperlihatkan bahwa secara genetik isolat *Curvularia* mengelompok berdasarkan lokasi geografisnya. Isolat *C. geniculata* memiliki hubungan genetik yang lebih dekat dengan *C. eragrostidis* dan *C. lunata* dibandingkan dengan *C. oryzae*. Pohon filogenetik memperlihatkan bahwa populasi *C. oryzae* dari pembibitan kelapa sawit mengelompok kedalam dua klaster genetik besar, yaitu klaster Sumatra dan Kalimantan. Sebaliknya, hasil uji patogenisitas memperlihatkan bahwa virulensi isolat *Curvularia* sangat bervariasi dan tidak memiliki keterkaitan dengan lokasi geografisnya. Hasil penelitian ini turut mengindikasikan adanya introduksi isolat *C. oryzae* dari Sumatra ke wilayah Kalimantan Barat.

Cekaman kekeringan berat dengan kandungan air 25% KL disertai infeksi *C. oryzae* berdampak negatif terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, lebar bonggol, jumlah daun, dan biomassa tanaman secara signifikan. Namun, cekaman kekeringan berdampak positif pada penghambatan laju perkembangan penyakit bercak daun. Pada 90 hsi, tingkat keparahan penyakit bercak daun pada perlakuan kekeringan berat (25% KL) secara signifikan lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya.

Pada penelitian ini, metode DLA telah dikembangkan dengan potongan daun F1 menjadi yang paling sesuai untuk uji patogenisitas. Metode DLA mampu menggambarkan tingkat ketahanan penyakit bercak daun pada bibit kelapa sawit berumur tiga bulan. Korelasi tingkat keparahan penyakit dan rangking kerentanan populasi sangat tinggi, berturut-turut mencapai 0,914 dan 0,944. Hasil uji patogenisitas pada metode DLA dan bibit kelapa sawit secara konsisten menunjukkan bahwa populasi KS 2 dan KS 6 memiliki tingkat ketahanan yang lebih baik terhadap penyakit bercak daun *Curvularia*.

Kata kunci: AFLP, *Curvularia oryzae*, cekaman kekeringan, multilokus, uji korelasi

SUMMARY

HARI PRIWIRATAMA. Etiology of Leaf Spot Disease on Oil Palm Seedlings in Indonesia. Supervised by SURYO WIYONO, EFI TODING TONDOK, ELISABETH SRI HENDRASTUTI and SRI WENING.

Oil palm stands as a valuable plantation commodity in Indonesia, significantly contributing to the nation's foreign exchange earnings. Ensuring high-quality nursery practices is crucial for producing superior oil palm planting materials. However, these nursery activities are often challenged by plant diseases, with leaf spot disease being a notable concern. Several phytopathogenic fungi have been reported as the causal agent of leaf spot diseases on oil palm seedlings worldwide. However, in Indonesia, most leaf spot cases in oil palm nurseries were frequently claimed to be caused by *Curvularia* sp. despite the lack of a proper identification. Therefore, research on the etiology of the disease throughout oil palm plantations in Indonesia is still required. As an archipelagic country, Indonesia has natural barriers that can prevent the movement of disease inoculum from one place to another. This may also affect the genetic diversity of leaf spot pathogens such as *Curvularia*. One of the keys to managing leaf spot disease is the knowledge of factors affecting the disease severity. Drought stress has been the main issues related to the global climate change. To which extent these two elements influence leaf spot disease on oil palm remains unknown. Resistant planting material is a significant component in plant disease mitigation. The extended duration required for selecting oil palm resistance to leaf spot disease presents a significant challenge. Therefore, an early selection method to evaluate disease resistance levels are still highly required. A detached leaf assay has been established as a straightforward tool for screening disease-resistant oil palm against leaf spot. However, whether this method can describe the level of disease resistance in oil palm seedlings still needs to be investigated.

The objectives of this study are: (1) to pinpoint the fungal pathogens associated with leaf spot diseases on oil palm seedlings in Indonesia; (2) to unravel the genetic relationship of *Curvularia* sp., serving as a model for the oil palm leaf spot pathogen; (3) to assess the impact of drought on *Curvularia* leaf spot disease; and (4) to examine the correlation of the disease severity resulting from the DLA method and pathogenicity test on oil palm seedlings.

This study is divided into four working packages, consist of: (1) study of the identification and distribution of fungal pathogens linked with oil palm leaf spot diseases. Disease surveillance was conducted in several oil palm nurseries located in Sumatra, Java, Kalimantan, Sulawesi, Maluku and Papua to collect diseased leaf samples. Fungal isolation was subsequently carried out from symptomatic leaves until pure cultures were obtained. Morphological characterization and molecular identification using a multilocus approach were further carried out on selected pathogenic fungal isolates; (2) genetic diversity analysis of *Curvularia* sp. The analysis was conducted on 41 fungal isolates using the amplified fragment length polymorphism (AFLP) method. The scoring results of the AFLP bands were then analyzed to obtain a phylogenetic tree. In addition, pathogenicity tests on the *Curvularia* isolates were also conducted on 3-month-old seedlings to determine its virulence level; (3) The impact of drought on the severity of leaf spot disease was

conducted by simulating drought stress to 3-month-old seedlings under varied water content levels, equivalent to the field capacity (KL), 75% KL, 50% KL, and 25% KL followed by *C. oryzae* SU6 inoculation. The severity of the disease was observed for three months; and (4) The pathogenicity test utilizing the detached leaf assay (DLA) and oil palm seedlings. The pathogenicity test was conducted on leaf cuttings (DLA) and 3-month-old seedlings from eight different populations using the *C. oryzae* SU6 isolate. The correlation analysis was then conducted to elucidate the relationship between the two methodologies.

This study showed that seven genera of pathogenic fungi linked to the oil palm leaf spot disease. *Curvularia* is predominant genus, with a proportion of 53.17%, followed by *Pestalotiopsis* with a proportion of 32.20%. In addition, this study is the first to report the infection of *Neopestalotiopsis*, *Pseudopestalotiopsis*, *Phyllosticta*, *Nigrospora*, and *Phoma* on oil palm seedlings in Indonesia. Multilocus identification revealed four species of *Curvularia*, namely *C. oryzae*, *C. geniculata*, *C. eragrostidis*, and *C. lunata* responsible for the leaf spot disease on oil palm. This study marks the first report of *C. oryzae* and *C. geniculata* infection on oil palm seedlings in Indonesia. *Curvularia oryzae* is the predominant pathogen, with a proportion of isolates reaching 93.58%.

The AFLP analysis results showed that the *Curvularia* isolates were genetically grouped based on their geographical location. The *C. geniculata* isolates have a closer genetic relationship to *C. eragrostidis* and *C. lunata* than to *C. oryzae*. The phylogenetic tree shows that the *C. oryzae* population from oil palm nurseries is grouped into two large genetic clusters: Sumatra and Kalimantan. In contrast, the results of pathogenicity tests showed that the virulence of *Curvularia* isolates varies greatly and is unrelated to geographic location. This study also suggests the introduction of *C. oryzae* isolates from Sumatra to West Kalimantan.

Severe drought stress with a water content of 25% KL accompanied by *C. oryzae* infection had a significant negative impact on seedling height, bole diameter, number of leaves, and seedling biomass. Conversely, an unexpected positive effect of drought stress was its capacity to suppress the severity of leaf spot disease. At 90 days after inoculation, the severity of leaf spot disease in the severe drought treatment (25% KL) was significantly lower than other treatments.

This study introduced the DLA method, with the F1 leaf being the most suitable for pathogenicity testing. The DLA method was able to describe the level of resistance to leaf spot disease in 3-month-old oil palm seedlings. The correlation between disease severity and susceptibility ranking was significant, with the coefficient of correlation being 0.914 and 0.944, respectively. The results of the pathogenicity test on the DLA method and oil palm seedlings consistently showed that KS 2 and KS 6 populations had better resistance to *Curvularia* leaf spot disease.

Key words: AFLP, correlation test, *Curvularia oryzae*, drought stress, multilocus



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2024
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ETIOLOGI PENYAKIT BERCAK DAUN PADA BIBIT KELAPA SAWIT DI INDONESIA

HARI PRIWIRATAMA

Disertasi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Fitopatologi

**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr. Ir. Giyanto, M.Si.
2. Dr. Ir. Dono Wahyuno, M.Sc.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr. Ir. Giyanto, M.Si.
2. Dr. Ir. Iman Yani Harahap, M.S.



Judul Disertasi : Etiologi Penyakit Bercak Daun pada Bibit Kelapa Sawit di Indonesia

Nama : Hari Priwiratama
NRP : A3602211002

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.

Pembimbing 2:
Dr. Efi Toding Tondok, S.P., M.Sc.Agr.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. E. Sri Hendrastuti, M.Sc.

Pembimbing 4:
Sri Wening, S.P., M.Si., Ph.D.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si.
NIP. 196506211989102001

Dekan Fakultas Pertanian
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP. 196902121992031003

Tanggal Ujian:
16 Agustus 2024

Tanggal Lulus: 25 SEP 2024



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan karunia-Nya sehingga disertasi yang berjudul “Etiologi Penyakit Bercak Daun pada Bibit Kelapa Sawit di Indonesia” telah diselesaikan. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu penulis, terutama kepada Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr., Dr. Efi Toding Tondok, S.P., M.Sc., Prof. Dr. Ir. Sri Hendrastuti Hidayat, M.Sc., dan Sri Wening, S.P., M.Si., Ph.D. selaku Komisi Pembimbing Disertasi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, arahan demi kelancaran pelaksanaan penelitian dan penulisan disertasi, serta untuk setiap motivasi yang telah menguatkan tekad penulis dalam menjalani dan menyelesaikan Program Doktor Fitopatologi. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Giyanto, M.Si., Dr. Ir. Dono Wahyuno, M.Sc., dan Dr. Ir. Iman Yani Harahap, M.S. selaku penguji luar komisi pada sidang tertutup dan sidang terbuka yang telah memberikan koreksi dan saran untuk perbaikan Disertasi ini.

Penghargaan dan terima kasih turut penulis sampaikan kepada Pusat Penelitian Kelapa Sawit, PT Riset Perkebunan Nusantara atas fasilitas beasiswa untuk kegiatan studi di Program Doktor Fitopatologi dan dukungan dana penelitian melalui RPTP Tugas Belajar, Kelti Proteksi Tanaman. Terima kasih juga disampaikan kepada Dekan Sekolah Pascasarjana, Dekan Fakultas Pertanian, dan Ketua Program Studi Fitopatologi beserta Staff Pendidik yang telah memberikan kemudahan dan bantuan dalam penyelesaian administrasi akademik.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada kedua orangtua, Istri, Anak, Keluarga besar, Rekan kerja, dan Rekan mahasiswa atas dukungan doa yang telah menguatkan langkah penulis untuk sampai pada tahap ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan Bapak/Ibu dan rekan-rekan semua.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Disertasi ini belum sempurna dan tidak luput dari berbagai kekurangan. Namun, Penulis berharap Disertasi ini tetap dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan serta bagi kemajuan ilmu pengetahuan di bidang Fitopatologi.

Bogor, September 2024

Hari Priwiratama

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Ruang Lingkup	4
1.7 Kebaruan	4
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Arti Penting Kelapa Sawit	7
2.2 Budidaya Kelapa Sawit	7
2.3 Penyakit Bercak Daun Kelapa Sawit	8
2.4 <i>Curvularia</i> sebagai Patogen Bercak Daun Kelapa Sawit	10
2.5 Perubahan Iklim dan Penyakit Bercak Daun <i>Curvularia</i>	12
2.5.1 Fenomena Pemanasan Global	12
2.5.2 Dampak Suhu Tinggi terhadap Penyakit Bercak Daun <i>Curvularia</i>	13
2.5.3 Kekeringan dan Penyakit Tumbuhan	14
2.6 Kelapa Sawit Tahan Penyakit	15
2.7 <i>Detached Leaf Assay</i> sebagai Metode Seleksi Tanaman Tahan Penyakit	16
III IDENTIFIKASI CENDAWAN PATOGEN PENYEBAB PENYAKIT BERCAK DAUN PADA BIBIT KELAPA SAWIT	19
3.1 Abstrak	19
3.2 Pendahuluan	19
3.3 Metode	20
3.3.1 Koleksi Sampel Daun	20
3.3.2 Isolasi Patogen	20
3.3.3 Karakterisasi Morfologi	20
3.3.4 Uji Postulat Koch	21
3.3.5 Identifikasi Molekuler	21
3.3.6 Analisis Sekuens Nukleotida	21
3.4 Hasil dan Pembahasan	22
3.4.1 Keanekaragaman Genus Cendawan Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Bibit Kelapa Sawit	22
3.4.2 Keanekaragaman Gejala Penyakit, Morfologi dan Spesies <i>Curvularia</i> sebagai Patogen Predominan pada Bibit Kelapa Sawit	24



3.4.3	Identifikasi Multilokus Enam Morfotipe <i>Curvularia</i>	28
3.5	Kesimpulan	31
IV	KEKERABATAN GENETIK DAN VIRULENSI <i>Curvularia</i> PADA BIBIT KELAPA SAWIT	33
4.1	Abstrak	33
4.2	Pendahuluan	33
4.3	Metode	34
4.3.1	Persiapan Templat DNA	34
4.3.2	Reaksi AFLP-PCR	34
4.3.3	Uji Patogenisitas Isolat <i>Curvularia</i> sp. terhadap Bibit Kelapa Sawit	35
4.3.4	Keparahan Penyakit dan Indeks Virulensi	35
4.3.5	Analisis Data	36
4.4	Hasil dan Pembahasan	36
4.4.1	Reliabilitas dan Reproduksi Metode AFLP	36
4.4.2	Kekerabatan Genetik <i>Curvularia</i> dari Berbagai Wilayah di Indonesia	38
4.4.3	Virulensi Isolat <i>Curvularia</i> pada Bibit Kelapa Sawit	40
4.5	Kesimpulan	42
V	PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP PENYAKIT BERCAK DAUN PADA BIBIT KELAPA SAWIT	43
5.1	Abstrak	43
5.2	Pendahuluan	43
5.3	Metode	44
5.3.1	Cekaman Kekeringan dan Pengamatan Pertumbuhan Vegetatif Tanaman	44
5.3.2	Inokulasi Patogen	45
5.3.3	Pengamatan Keparahan Penyakit	45
5.3.4	Analisis Data	45
5.4	Hasil dan Pembahasan	45
5.4.1	Interaksi antara Faktor Inokulasi Patogen dan Cekaman Kekeringan	45
5.4.2	Pengaruh Inokulasi Patogen dan Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit	46
5.4.3	Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Tingkat Keparahan Penyakit Bercak Daun <i>Curvularia</i> pada Bibit Kelapa Sawit	49
5.5	Kesimpulan	52
VI	METODE SELEKSI DINI KETAHANAN PENYAKIT BERCAK DAUN <i>CURVULARIA</i> PADA TANAMAN KELAPA SAWIT	53
6.1	Abstrak	53
6.2	Pendahuluan	53
6.3	Metode	54

6.3.1	Persiapan Isolat <i>Curvularia oryzae</i>	54
6.3.2	Optimasi Metode Uji Patogenisitas pada Potongan Daun Kelapa Sawit	54
6.3.3	Uji Patogenisitas <i>Curvularia oryzae</i> SU6 pada Delapan Progeni Kelapa Sawit	55
6.3.4	Analisis Data	56
6.4	Hasil dan Pembahasan	56
6.4.1	Potongan Daun F1 Sesuai untuk Uji Patogenisitas <i>Curvularia oryzae</i>	56
6.4.2	Korelasi Positif antara Uji Patogenisitas pada Potongan Daun dan Bibit Kelapa Sawit	58
6.5	Kesimpulan	61
VII	PEMBAHASAN UMUM	63
VIII	SIMPULAN UMUM DAN SARAN	69
8.1	Simpulan	69
8.2	Saran	69
	DAFTAR PUSTAKA	71
	LAMPIRAN	91
	RIWAYAT HIDUP	99



DAFTAR TABEL

3.1	Genus cendawan patogenik yang berasosiasi dengan penyakit bercak daun pada bibit kelapa sawit di Indonesia	23
3.2	Karakteristik koloni enam morfotipe <i>Curvularia</i> yang berasosiasi dengan penyakit bercak daun pada bibit kelapa sawit di Indonesia	27
4.1	Kriteria pembobotan tingkat keparahan penyakit dan masa inkubasi	36
4.2	Jumlah fragmen polimorfik yang dihasilkan dari empat belas kombinasi primer untuk studi keanekaragaman genetik pada populasi <i>Curvularia oryzae</i> di Indonesia	38
5.1	Hasil analisis ragam interaksi antara inokulasi patogen dan cekaman kekeringan terhadap parameter vegetatif tanaman dan keparahan penyakit bercak daun <i>Curvularia</i>	46
5.2	Pengaruh inokulasi patogen dan cekaman kekeringan terhadap tinggi dan diameter bibit kelapa sawit pada 90 hari setelah inokulasi	47
5.3	Pengaruh cekaman kekeringan terhadap jumlah daun bibit kelapa sawit pada 90 hari setelah inokulasi	47
5.4	Pengaruh inokulasi patogen terhadap bobot kering daun (gram) bibit kelapa sawit pada 90 hari setelah inokulasi	48
6.1	Rerata skor keparahan penyakit bercak daun <i>Curvularia</i> pada anak daun kelapa sawit dari dua pelepah yang berbeda	57
6.2	Keparahan penyakit bercak daun <i>Curvularia</i> pada dua metode uji patogenisitas	58

DAFTAR GAMBAR

1.1	Diagram alir kegiatan penelitian “Etiologi Penyakit Bercak Daun pada Bibit Kelapa Sawit di Indonesia” dengan empat paket penelitian	5
2.1	Upaya pengendalian penyakit bercak daun melalui tindakan isolasi dan eradikasi. (a) Proses seleksi bibit yang terinfeksi bercak daun di pembibitan awal (PN); (b) Bibit PN dengan gejala ringan-sedang dipisahkan (diisolasi) ke tempat yang jauh dari lokasi pembibitan awal dan diberi perlakuan fungisida. Tindakan eradikasi dilakukan pada bibit dengan gejala berat. Gambar dimodifikasi dari Sujadi dan Priwiratama (2014).	9
2.2	Metode penyiraman semi otomatis <i>rain hose irrigation system</i> (RHIS) di pembibitan utama menyebabkan periode basah pada daun menjadi lebih panjang.	10
3.1	Morfologi koloni dan spora/hifa cendawan patogen minor penyebab penyakit bercak daun pada bibit kelapa sawit di Indonesia. Genus <i>Curvularia</i> (a); <i>Pestalotiopsis</i> (b); <i>Pseudopestalotiopsis</i> (c); <i>Neopestalotiopsis</i> (d); <i>Nigrospora</i> (e); <i>Phoma</i> (f); dan <i>Phyllosticta</i> (g). Bagian kiri pada setiap lingkaran menunjukkan sisi atas koloni dan bagian kanan menunjukkan sisi bawah koloni. Ilustrasi pada kotak	

- menunjukkan spora atau hifa dengan skala pada gambar menunjukkan panjang 10 μm . 23
- 3.2 Sebaran tujuh genus cendawan penyebab penyakit bercak daun kelapa sawit di beberapa wilayah di Indonesia. 24
- 3.3 Variasi gejala bercak daun *Curvularia* pada bibit kelapa sawit di pembibitan wilayah Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Bercak cokelat gelap (a); Bercak kehitaman (b); Bercak kemerahan (c); Bercak pucat kecokelatan (d); Bercak yang menyatu menyebabkan daun kering (e). 25
- 3.4 Morfotipe koloni *Curvularia* berumur 10 hari pada media PDA. Bagian kiri pada setiap gambar menunjukkan sisi atas koloni dan bagian kanan menunjukkan sisi bawah koloni. A-F menunjukkan notasi penamaan untuk masing-masing morfotipe. 26
- 3.5 Empat tipe konidia yang teramati dari enam morfotipe koloni. (A) Konidia *Curvularia oryzae* dari morfotipe A, B, dan C; (B) Konidia *C. geniculata* dari morfotipe D; (C) Konidia *C. eragrostidis* dari morfotipe E; (D) Konidia *C. lunata* dari morfotipe D. 27
- 3.6 Panjang dan lebar konidia enam morfotipe *Curvularia* yang diisolasi dari daun bibit kelapa sawit di Indonesia. Morfotipe A-C: *C. oryzae*; Morfotipe D: *C. geniculata*; Morfotipe E: *C. eragrostidis*; dan Morfotipe F: *C. lunata*. 28
- 3.7 Pohon filogenetik spesies *Curvularia* di Indonesia berdasarkan analisis *Maximum Likelihood* menggunakan kombinasi sekuens ITS, GAPDH, TEF1 and LSU. 31
- 4.1 Pola elektroferogram yang dihasilkan dari kombinasi primer EcoRI-AAG/MseI-CCA pada isolat *Curvularia oryzae* asal Aceh, Sumatra Utara, Kalimantan tengah, dan isolat *C. geniculata*. 37
- 4.2 Replikasi isolat *Curvularia oryzae* KB5 dan *C. oryzae* KT5 menghasilkan pola elektroferogram yang identik. 37
- 4.3 Dendrogram UPGMA kekerabatan genetik isolat *Curvularia* di Indonesia berdasarkan metode AFLP. *Fusarium oxysporum* LM2 digunakan sebagai isolat referensi (*outgroup*), sedangkan *C. oryzae* KB5 dan KT5 direplikasi sebagai kontrol untuk konsistensi metode AFLP. 39
- 4.4 Indeks virulensi isolat *Curvularia oryzae*, *C. geniculata*, *C. eragrostidis*, dan *C. lunata* pada bibit kelapa sawit berumur tiga bulan. 41
- 4.5 Gejala bercak daun yang disebabkan oleh *Curvularia oryzae* SU6 (kiri) dan *C. oryzae* KT1 (kanan) pada 28 hsi. 42
- 5.1 Ilustrasi tajuk dan perakaran bibit kelapa sawit pada seluruh perlakuan inokulasi *Curvularia* dan cekaman kekeringan pada 90 hari setelah inokulasi. K: perlakuan penyiraman standar pembibitan komersial; KL: kapasitas lapang. 48
- 5.2 Perkembangan tingkat keparahan penyakit bercak daun *Curvularia* dan nilai AUDPC pada seluruh perlakuan cekaman kekeringan. K: kontrol; KL: kapasitas lapang. 51
- 6.1 Ilustrasi kedudukan pelepah pada tanaman kelapa sawit. Pelepah kelapa sawit membentuk susunan berbentuk spiral jika dilihat dari atas (kanan).



Pelepah ke-1 (F1) merupakan pelepah termuda dengan anak daun yang sudah membuka 100% dengan kedudukan berada di depan F0 (kiri).	55
6.2 Kotak inokulasi berisi potongan daun kelapa sawit yang disusun dengan sisi <i>abaxial</i> menghadap ke atas.	55
6.3 Hasil uji patogenisitas <i>Curvularia oryzae</i> pada potongan daun F0 dan F1 pada tujuh hari setelah inokulasi.	57

DAFTAR LAMPIRAN

Primer dan protokol PCR yang digunakan pada amplifikasi multi lokus (Ferdinandez <i>et al.</i> 2021; Jeon <i>et al.</i> 2015)	93
Karakteristik koloni, spora dan hifa tujuh cendawan patogen yang diisolasi dari bibit kelapa sawit di Indonesia	94
3 Enam belas kombinasi primer yang digunakan untuk analisis AFLP pada populasi <i>Curvularia</i> sp. dari pembibitan kelapa sawit di Indonesia (Zhang <i>et al.</i> 2019)	95
4 Konsentrasi DNA hasil ekstraksi dari isolat <i>Curvularia</i> dan <i>Fusarium</i> yang digunakan untuk analisis AFLP	96
5 Keparahan penyakit, masa inkubasi dan indeks virulensi isolat <i>Curvularia</i> dari berbagai wilayah di Indonesia	97
6 Ilustrasi scoring keparahan penyakit bercak daun pada helai daun kelapa sawit (Kittimorakul <i>et al.</i> 2019)	98