

PENGENDALIAN PENYAKIT DARAH MENGGUNAKAN ASAP CAIR DAN BAKTERI PENGHASIL AHL-LAKTONASE MELALUI *PRIMING* PADA *PLANTLET* PISANG CAVENDISH

MUHAMMAD EVAN NURRAHMAWAN



**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengendalian Penyakit Darah menggunakan Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase melalui *Priming* pada *Plantlet* Pisang Cavendish” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. 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 tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2021

Muhammad Evan Nurrahmawan
NIM A352180011

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 University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

MUHAMMAD EVAN NURRAHMAWAN. Pengendalian Penyakit Darah menggunakan Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase melalui *Priming* pada *Plantlet* Pisang Cavendish. Dibimbing oleh GIYANTO, ABDJAD ASIH NAWANGSIH dan ERINA SULISTIANI.

Bibit kultur jaringan rentan terhadap penyakit darah yang disebabkan oleh *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* pada awal pertumbuhan di lapangan. Pra-pengondisian bibit melalui *priming* dapat meningkatkan respon ketahanan dan pertumbuhan. Asap cair (AC) tempurung kelapa dan bakteri penghasil AHL-laktonase dilaporkan memacu pertumbuhan pisang Cavendish dan menekan kejadian penyakit darah. Namun, aplikasi kedua agens tersebut dalam *priming* ketahanan pada bibit pisang Cavendish belum dilaporkan. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh AC dan isolat bakteri *Bacillus cereus* strain DBK2 penghasil AHL-laktonase sebagai agens *priming* terhadap pertumbuhan dan aktivitas enzim ketahanan pada bibit pisang Cavendish serta pengendalian penyakit darah.

Tahapan penelitian mencakup uji fitotoksisitas AC, uji pengaruh AC terhadap pertumbuhan dan aktivitas enzim ketahanan *plantlet* pada fase induksi perakaran, isolasi bakteri *R. syzygii* subsp. *celebesensis*, uji toksisitas AC secara *in vitro*, penyediaan isolat bakteri penghasil AHL-laktonase, uji pengaruh bakteri penghasil AHL-laktonase terhadap pertumbuhan dan aktivitas enzim ketahanan *plantlet* pada fase aklimatisasi, dan efikasi kombinasi AC dan bakteri penghasil AHL-laktonase dalam pengendalian penyakit darah *in vivo*.

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan AC pada konsentrasi $\geq 1,5\%$ (AC $\geq 1,5\%$) bersifat fitotoksik dengan gejala meliputi klorosis, nekrosis dan kematian *plantlet* disertai lendir, sedangkan perlakuan AC pada konsentrasi $\leq 1,0\%$ (AC $\leq 1,0\%$) bersifat nonfitotoksik. Pertumbuhan *plantlet* pada fase induksi perakaran yang optimum terjadi pada perlakuan AC 0,1% dan AC 0,3%. Kedua konsentrasi AC tersebut juga dapat meningkatkan aktivitas enzim ketahanan *plantlet* pada 2, 4, dan 6 hari setelah tanam (HST), kemudian menurun pada 30 HST. Perlakuan AC menunjukkan sifat antibakteri yang diindikasikan dengan terbentuknya zona hambat dan penurunan nilai kerapatan sel *R. syzygii* subsp. *celebesensis*.

Kombinasi AC dan isolat bakteri *B. cereus* strain DBK2 penghasil AHL-laktonase yang diaplikasikan dalam penelitian ini berpengaruh terhadap pertumbuhan dan penekanan penyakit darah. Perlakuan AC 0,1% + DBK2 dapat memacu seluruh peubah pertumbuhan secara optimum, serta meningkatkan aktivitas peroksidase sebesar 1036,36% dan polifenol oksidase sebesar 6038,89%. Perlakuan AC 0,1% + DBK2 juga dapat memperpanjang masa inkubasi hingga 18 hari setelah inokulasi, menekan intensitas layu hingga 48,33%, laju infeksi hingga 85,14%, dan AUPDC hingga 71,97%; dengan peningkatan aktivitas peroksidase sebesar 875% dan polifenol oksidase sebesar 1600%.

Berdasarkan hasil tersebut, AC dan bakteri *B. cereus* strain DBK2 penghasil AHL-laktonase berpotensi digunakan sebagai agens *priming* ketahanan pada bibit pisang Cavendish hasil kultur jaringan.

Kata kunci: *Bacillus cereus*, *blood disease bacterium*, ketahanan terinduksi, peroksidase, polifenol oksidase

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 ngajuan suatu masalah

b. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

MUHAMMAD EVAN NURRAHMAWAN. Blood Disease Control Using Wood Vinegar and AHL-lactonase Producing Bacteria Through Priming in Cavendish Banana Plantlet. Supervised by GIYANTO, ABDJAD ASIH NAWANGSIH and ERINA SULISTIANI.

Cavendish banana tissue-culture seedlings are reported to be susceptible to blood diseases caused by *R. syzygii* subsp. *celebesensis* in the field. Pre-conditioning of seedlings with priming can increase defense response and plant growth. Coconut shell wood vinegar (WV) and AHL-lactonase-producing bacteria was reported to be able to stimulate Cavendish banana growth and suppress the incidence of blood disease. The application of WV and AHL-lactonase-producing bacteria as a defense priming agent has not been reported. This study aimed to examine the effect of WV and AHL-lactonase-producing bacteria, *Bacillus cereus* strain DBK2, as priming agents on the growth and activity of defense-related enzymes in Cavendish banana seedlings and the control of blood disease.

Research was conducted in some stages, included: the phytotoxicity assay of WV, the effect of WV on the growth and defense-related enzymes activity on plantlet in the root induction phase, isolation of *R. syzygii* subsp. *celebesensis*, toxicity assay of WV *in vitro*, the reculturing and confirmation of AHL-lactonase-producing bacteria, the effect of AHL-lactonase-producing bacteria on the growth and activity of defense-related enzymes on plantlets in the acclimatization phase, and the efficacy of WV and AHL-lactonase-producing bacteria in controlling blood disease.

The results showed that the treatment of WV at concentration $\geq 1,5\%$ (VW $\geq 1,5\%$) was phytotoxic to plantlet with symptoms including chlorosis, necrosis, and plantlet death accompanied by mucus production. In contrast, WV $\leq 1,0\%$ was non phytotoxic. Plantlet growth induction was found optimum at WV 0,1% and WV 0,3%. All WV treatment increased defense-related enzyme activity of plantlet at 2, 4, and 6 days after planting (DAP), then decreased at 30 DAP. WV also showed antibacterial properties through the formation of an inhibition zone and decreased cell density when grown in liquid medium.

The isolate of *B. cereus* strain DBK2 as AHL-lactonase-producing bacteria was confirmed to have quorum quenching ability. WV 0,1% + DBK2 treatment was able to enhance all of the growth variables of plantlet in the acclimatization phase, increased peroxidase activity by 1036,36% and polyphenol oxidase by 6038,89%. Combination treatment of WV 0,1% + DBK2 was also able to extend the incubation period, decrease disease intensity up to 48.33%, infection rate by 85,14%, AUPDC by 71,97%, increasing the activity of peroxidase up to 875% and polyphenol oxidase up to 1600%.

Based on that results, WV and AHL-lactonase-producing bacteria treatments are potentially used as defense *priming* agents on tissue cultured Cavendish banana seedlings for blood disease control.

Keywords: *Bacillus cereus*, *blood disease bacterium*, induced resistance, peroxidase, polyphenol oxidase



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2021
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 apa pun tanpa izin IPB.

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.





PENGENDALIAN PENYAKIT DARAH MENGGUNAKAN ASAP CAIR DAN BAKTERI PENGHASIL AHL-LAKTONASE MELALUI *PRIMING* PADA *PLANTLET* PISANG CAVENDISH

MUHAMMAD EVAN NURRAHMAWAN

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Fitopatologi

**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**



@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.



Judul Tesis : Pengendalian Penyakit Darah menggunakan Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase melalui *Priming* pada *Plantlet* Pisang Cavendish
 Nama : Muhammad Evan Nurrahmawan
 NIM : A352180011

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
 Dr. Ir. Giyanto, M.Si



Pembimbing 2:
 Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si



Pembimbing 3:
 Dr. Ir. Erina Sulistiani, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
 Dr. Ir. Giyanto, M.Si
 NIP. 196707091993031002



Dekan Sekolah Pascasarjana:
 Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng
 NIP. 196004191985031002



Tanggal Ujian: 26 Juli 2021

Tanggal Lulus: 05 AUG 2021

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret sampai bulan Desember 2020 ini ialah pengendalian biologi penyakit tumbuhan, dengan judul "Pengendalian Penyakit Darah menggunakan Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-Laktonase melalui *Priming* pada *Plantlet* Pisang Cavendish".

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, penulis tidak dapat berbuat maksimal dalam menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan rasa tulus penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Ir. Giyanto, M.Si, Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si dan Dr. Ir. Erina Sulistiani, M.Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, masukan, arahan, dan motivasi kepada penulis.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Giyanto, M.Si sebagai Ketua Program Studi Fitopatologi dan Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Sc sebagai Sekretaris Program Studi Fitopatologi atas arahan, bimbingan, dan motivasi selama penulis menjalani pendidikan magister di program studi Fitopatologi IPB.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada moderator seminar hasil Prof. Dr. Ir. Iskandar Z. Siregar, M.For.Sc., dan penguji luar komisi pembimbing Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si.

Penghargaan yang tinggi penulis sampaikan kepada: Dr. Ir. Kikin Hamzah Mutaqin, M.Si selaku Kepala Laboratorium Bakteriologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, IPB yang telah memberi izin penelitian, dan kepada Bapak Abdul Rofiqun sebagai Teknisi (Laboran) Lab. Bakteriologi Tumbuhan PTN IPB atas bantuan teknis selama penelitian.

Ungkapan terima kasih tak lupa penulis sampaikan kepada seluruh staf pengajar program studi Fitopatologi yang sabar dalam memberikan pendidikan kepada penulis, juga kepada seluruh pegawai di lingkungan Departemen Proteksi Tanaman yang selalu siap memberikan bantuan kepada penulis.

Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada staf Divisi Kultur Jaringan Biotrop: Pak Rusadi, Pak Iwan, Pak Roni, Pak Maja, Kang Firman, Kang Dwi, Pak Dede, Pak Saepudin dan staf lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu atas seluruh dukungan dan bantuan selama melaksanakan penelitian ini.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan seperjuangan Fitopatologi 2018 yang saling menguatkan untuk dapat menyelesaikan pendidikan Magister di IPB, dan kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pendidikan magister di Sekolah Pascasarjana IPB.

Terakhir tetapi yang paling utama, salam hormat kepada orang tua yang selalu mendoakan penulis, juga kepada adik-adik atas doanya selama ini.

Semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Bogor, Agustus 2021

Muhammad Evan Nurrahmawan

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanaman Pisang	7
2.2 Penyakit Darah	8
2.3 Quorum Sensing	11
2.4 <i>Priming</i> Ketahanan Tanaman	13
2.5 Aplikasi Asap Cair dalam Pertanian	14
2.6 Bakteri Endofit Penghasil AHL-laktonase	16
III PENGARUH ASAP CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KETAHANAN PISANG SERTA PENEKANAN <i>Ralstonia syzygii</i> subsp. <i>celebesensis</i>	19
3.1 Abstrak	19
3.2 Abstract	19
3.3 Pendahuluan	20
3.4 Metode	21
3.4.1 Tempat dan Waktu	21
3.4.2 Bahan dan Alat	21
3.4.3 Penyediaan <i>Plantlet</i>	21
3.4.4 Penyediaan Asap Cair	21
3.4.5 Uji Fitotoksisitas Asap Cair	22
3.4.6 Pengaruh Asap Cair Terhadap Pertumbuhan <i>Plantlet</i>	22
3.4.7 Pengaruh Asap Cair Terhadap Aktivitas Enzim Ketahanan	22
3.4.8 Isolasi Bakteri <i>R. syzygii</i> subsp. <i>celebesensis</i>	23
3.4.9 Uji Toksisitas Asap Cair terhadap <i>R. syzygii</i> subsp. <i>celebesensis</i>	24
3.4.10 Analisis Data	24
3.5 Hasil dan Pembahasan	24
3.5.1 Fitotoksisitas Asap Cair	24
3.5.2 Pengaruh Asap Cair terhadap Pertumbuhan <i>Plantlet</i>	26
3.5.3 Pengaruh Asap Cair Terhadap Aktivitas Enzim Ketahanan	28
3.5.4 Bakteri <i>R. syzygii</i> subsp. <i>celebesensis</i>	30
3.5.5 Toksisitas Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase	30
3.6 Simpulan	32
IV KOMBINASI ASAP CAIR DAN BAKTERI PENGHASIL AHL-LAKTONASE DALAM PENGENDALIAN PENYAKIT DARAH	33
4.1 Abstrak	33



4.2	Abstract	33
4.3	Pendahuluan	34
4.4	Metode	35
4.4.1	Tempat dan Waktu	35
4.4.2	Bahan dan Alat	35
4.4.3	Penyediaan Isolat Bakteri Penghasil AHL-laktonase	35
4.4.4	Pengaruh Kombinasi Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase terhadap <i>Plantlet</i> pada Fase Aklimatisasi	36
4.4.5	Efikasi Kombinasi Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase dalam Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri	37
4.5	Hasil dan Pembahasan	38
4.5.1	Bakteri Penghasil AHL-laktonase	38
4.5.2	Kombinasi Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase terhadap <i>Plantlet</i> pada Fase Aklimatisasi	39
4.5.3	Efikasi Kombinasi Asap Cair dan Bakteri Penghasil AHL-laktonase dalam Pengendalian Penyakit Darah Pisang	41
4.6	Simpulan	47
V	PEMBAHASAN UMUM	49
VI	SIMPULAN DAN SARAN	53
6.1	Simpulan	53
6.2	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA	55
	LAMPIRAN	71
	RIWAYAT HIDUP	75

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

1	Srategi manajemen penyakit darah	11
2	Hasil uji fitotoksisitas asap cair pada <i>plantlet</i> pisang Cavendish pada fase induksi perakaran	25
3	Respons pertumbuhan <i>plantlet</i> pisang Cavendish pada berbagai perlakuan konsentrasi asap cair pada pengamatan 30 HST	27
4	Aktivitas enzim peroksidase <i>plantlet</i> pisang Cavendish pada berbagai perlakuan konsentrasi asap cair	29
5	Aktivitas enzim polifenol oksidase <i>plantlet</i> pisang Cavendish pada berbagai perlakuan konsentrasi asap cair	29
6	Rerata diameter zona hambat dan nilai kerapatan sel <i>R. syzygii</i> subsp. <i>celebesensis</i> pada uji toksisitas asap cair	31
7	Rerata pertumbuhan <i>plantlet</i> pisang Cavendish pada fase aklimatisasi setelah 30 hari perlakuan	39
8	Aktivitas enzim ketahanan pada <i>plantlet</i> pisang Cavendish pada fase aklimatisasi pada 30 hari setelah perlakuan	41
9	Hasil pengukuran penyakit pada bibit pisang Cavendish yang telah diinokulasi penyakit darah	42
10	Rerata aktivitas enzim peroksidase pada bibit pisang Cavendish setelah inokulasi penyakit darah	46
11	Rerata aktivitas enzim polifenol oksidase pada bibit pisang Cavendish setelah inokulasi penyakit darah	46

@Hak cipta milik IPB University

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.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

DAFTAR GAMBAR

- 1 Skema diagram alir penelitian pengendalian penyakit darah menggunakan asap cair dan bakteri penghasil AHL-laktonase melalui *priming* pada *plantlet* pisang Cavendish. 5
- 2 Gejala penyakit darah pada pisang Kepok. (A) bagian dalam buah hijau tampak busuk, berlendir dan berwarna cokelat kemerahan. (B) bagian dalam batang semu tampak berwarna cokelat kemerahan pada jaringan vaskuler. (C) pohon yang mengalami layu dan nekrosis (Drenth *et al.* 2020). 9
- 3 Molekul sinyal pada sistem QS. HSL: *homoserine lactone*, SAM: *S-adenosylmethionine*, AHL: *acyl-homoserine lactone*, AIP: *autoinducing peptide* (Wu dan Luo 2021). 12
- 4 Skema hubungan antara respon ketahanan (garis utuh) dan kemampuan (garis putus-putus) pada tanaman dengan *priming* (merah) dan tanpa *priming* (biru) (Martinez-Medina *et al.* 2016). 14
- 5 Mekanisme degradasi AHL oleh AHL-laktonase (Czajkowski dan Jafra 2009) 17
- 6 Gejala fitotoksik *plantlet* pisang Cavendish pada fase induksi perakaran. (a) gejala klorosis, (b) nekrosis, dan (c) kematian *plantlet* berwarna cokelat-kehitaman disertai lendir 24
- 7 Pengamatan *plantlet* pisang Cavendish pada fase induksi perakaran yang telah diberi perlakuan AC pada 30 HST. Skala bar= 2,5 cm 27
- 8 Isolat *R. syzygii* subsp. *celebesensis*. (a) Biakan murni, (b) koloni, (c) hasil pewarnaan termasuk Gram negatif 30
- 9 Visualisasi pita DNA hasil PCR berukuran 317 bp pada gel agarose 1% dengan *buffer* TAE 1X; M= 100 bp DNA *Ladder* (SMOBIO); 1-6= amplicon DNA *R. syzygii* subsp. *celebesensis* 30
- 10 Pengamatan zona hambat pada uji toksisitas asap cair terhadap *R. syzygii* subsp. *celebesensis* secara *in vitro*. (a) kontrol tidak terbentuk zona hambat; (b) AC 0,1%; (c) AC 0,3%; (d) 0,5%; (e) 0,7%; (f) 0,9%; dan (g) 1,0%. Panah merah=zona hambat 31
- 11 Isolat *Bacillus cereus* strain DBK2. (a) Koloni murni pada medium NA, (b) hasil pewarnaan termasuk Gram positif, (c) aktivitas AHL-laktonase. Panah merah: zona hambat 38
- 12 *Plantlet* pisang Cavendish pada fase aklimatisasi pada 30 hari setelah perlakuan. (a) Kontrol; (b) AC 0,1%; (c) AC 0,3%; (d) DBK2; (e) AC 0,1% + DBK2; (f) AC 0,3% + DBK2. Skala batang= 2,5 cm 39
- 13 Gejala penyakit darah pada bibit pisang Cavendish yang telah diberi perlakuan pada 4 minggu setelah inokulasi. (a) Kontrol positif tanpa perlakuan dan diinokulasi *R. syzygii* subsp. *celebesensis*; (b) kontrol negatif tanpa perlakuan dan tanpa inokulasi *R. syzygii* subsp. *celebesensis*; (c) perlakuan AC 0,1%; (d) AC 0,3%; (e) DBK2; (f) AC 0,1% + DBK2; (g) AC 0,3% + DBK2 42

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 ngajuan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Karakteristik morfologi tanaman pisang Cavendish	71
2	Proses produksi bibit pisang dengan menggunakan teknik kultur jaringan di Laboratorium Kultur Jaringan, SEAMEO BIOTROP, Tajur, Bogor.	73
3	Komponen kimiawi dan % relatif hasil analisis GC-MS-pyr asap cair tempurung kelapa suhu pirolisis 300 °C	74

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang menyalin 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.