

KAJIAN POTENSI PISANG LIAR INDONESIA DAN PENGEMBANGANNYA UNTUK *PRE-BREEDING* PERAKITAN KETAHANAN TANAMAN TERHADAP PENYAKIT LAYU FUSARIUM

TRI HANDAYANI



PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024



@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.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Kajian Potensi Pisang Liar Indonesia dan Pengembangannya untuk *Pre-Breeding* Perakitan Ketahanan Tanaman terhadap Penyakit Layu Fusarium” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Agustus 2024

Tri Handayani
A263184082



RINGKASAN

TRI HANDAYANI. Kajian Potensi Pisang Liar Indonesia dan Pengembangannya untuk *Pre-Breeding* Perakitan Ketahanan Tanaman terhadap Penyakit Layu Fusarium. Dibimbing oleh SOBIR, WITJAKSONO, YUDIWANTI WAHYU ENDRO KUSUMO, dan AWANG MAHARIJAYA.

Indonesia diketahui memiliki keragaman genetik yang cukup tinggi baik pada pisang budidaya maupun pisang liar. Spesies pisang liar *Musa acuminata*, yang merupakan salah satu tetua dari pisang budidaya, dapat ditemukan dari Pulau Sumatra hingga Papua, dengan beragam potensi sifat unggul untuk perbaikan genetik tanaman pisang ke depannya. Pisang liar, terutama dari spesies *Musa acuminata*, diketahui menjadi salah satu sumber genetik untuk beberapa sifat ketahanan, seperti ketahanan terhadap penyakit layu fusarium yang dapat ditemukan di subspecies *malaccensis*. Di sisi lain, salah satu penyakit utama pada pisang, yakni penyakit layu fusarium, mengancam produksi pisang komersial.

Berbagai upaya pemuliaan pada tanaman pisang dilakukan untuk mendapatkan varietas tahan sebagai salah satu langkahantisipasi meningkatnya serangan layu fusarium pada tanaman pisang. Penggunaan marka molekuler merupakan salah satu cara untuk mempercepat proses pemuliaan tanaman, dimana penggunaan marka molekuler memungkinkan seleksi tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan pada tahap awal pertumbuhan dan dapat membantu dalam pemetaan gen – gen yang terkait dengan sifat-sifat penting seperti ketahanan terhadap penyakit layu fusarium. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mempelajari keragaman pisang liar, khususnya subspecies dari *Musa acuminata* yang berasal dari Indonesia, terkait ketahanannya terhadap penyakit layu Fusarium (Foc-TR4) serta potensi pemanfaatannya dalam pra-pemuliaan untuk perakitan varietas baru tahan penyakit layu Fusarium melalui manipulasi sel somatik menggunakan protoplas.

Penelitian dilakukan dalam beberapa kegiatan utama, yaitu: (I) pengembangan marka molekuler MaLRR-RLPs (*Musa acuminata* Leucine-rich repeat receptor-like protein) untuk identifikasi dan deteksi awal tingkat ketahanan terhadap penyakit layu fusarium pada beberapa aksesori dari subspecies pisang liar dan pisang budidaya; (II) identifikasi potensi embriogenesis serta efisiensi metode induksi dan regenerasi embriogenesis somatik pisang liar baik pada kultur semi-solid (a) maupun melalui kultur suspensi (b); dan (III) efisiensi metode isolasi dan regenerasi protoplas, di mana protoplas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk perbaikan genetik tanaman pisang melalui manipulasi sel somatik.

Materi genetik yang digunakan pada penelitian adalah beberapa subspecies dari pisang liar *M. acuminata*, di antaranya subspecies *malaccensis*, *microcarpa*, *sumatrana*, *breviformis* dan beberapa subspecies asal Indonesia lainnya, serta sejumlah kultivar pisang budidaya yang berasal dari kebun koleksi yang ditanam di Kawasan Sains dan Teknologi Soekarno Cibirong-Bogor.

Hasil penelitian I menunjukkan bahwa satu marka dari gen MaLRR-RLP memiliki potensi sebagai penanda molekuler untuk seleksi (MAS) dalam program pemuliaan pisang. Marka MaLRR-RLP Ma10_p00480.1 dapat digunakan untuk seleksi awal aksesori pisang yang rentan dan tahan fusarium (Foc-TR4) berdasarkan pola pita hasil amplifikasi DNA. Hasil penelitian juga berhasil mengidentifikasi

beberapa subspecies dari pisang liar *Musa acuminata* yang berpotensi dikembangkan lebih lanjut karena sifat ketahanannya terhadap penyakit layu fusarium, di antaranya *M. acuminata* subspecies *malaccensis* (MM LIPI-010, MM LIPI-030, MM 104, MM 237), subspecies *tomentosa* (TM LIPI-172, TM 5E, TM 3C) dan subspecies *rutilifus* (RT 2C).

Pada kegiatan penelitian IIa, berhasil dikembangkan protokol yang komprehensif untuk menginduksi embriogenesis somatik dan regenerasinya pada subspecies pisang liar *malaccensis*. Protokol ini menggunakan eksplan embrio zigotik muda yang dikultur pada medium semi-solid. Induksi embriogenesis berhasil dikembangkan pada medium MS yang dimodifikasi dengan penambahan ZPT 2,4-D sebanyak 1 mg L⁻¹ atau picloram sebanyak 5 mg L⁻¹. Tingkat proliferasi kultur embriogenik tertinggi dicapai dengan kombinasi 2,4-D dan picloram masing-masing sebesar 1 mg L⁻¹. Frekuensi peningkatan daya regenerasi embrio somatik menjadi tunas didapatkan dengan penambahan 0,5 mg L⁻¹ BA dan 0,5 mg L⁻¹ GA₃ ke dalam medium regenerasi.

Dari hasil penelitian IIb didapatkan informasi bahwa subspecies *M. acuminata* yang berbeda menunjukkan respons embriogenesis somatik yang bervariasi, mulai dari induksi, proliferasi sel suspensi, hingga pembentukan plantlet. Subspecies *malaccensis* menunjukkan kompetensi tertinggi dalam regenerasi tanaman, diikuti oleh subspecies *microcarpa*, *sumatrana*, dan *breviformis*. Melalui kultur suspensi, proliferasi embrio somatik pisang liar dapat dipertahankan pada media cair dengan komposisi media yang telah dimodifikasi. Pertumbuhan kultur suspensi yang optimal dilakukan melalui subkultur agregat sel embriogenik berukuran sedang (300 – 1000 µm), dengan kepadatan inokulum 0,3 g per 30 mL media (1% w/v). Kultur embriogenik dari suspensi subspecies *malaccensis* dan *microcarpa* mampu membentuk embrio somatik setelah dipindahkan ke media semi-solid untuk diferensiasi embrio somatik dan kemudian membentuk tunas pada media regenerasi tunas.

Pada penelitian III, dengan memanfaatkan sumber materi kultur embriogenesis hasil percobaan sebelumnya, berhasil dilakukan efisiensi isolasi dan regenerasi protoplas pisang liar dari jaringan embriogenik dan non-embriogenik. Sumber protoplas dari jaringan embriogenik didapatkan dari biak embriogenik semi-solid dan kultur suspensi serta dari jaringan non-embriogenik yakni dari jaringan batang semu tunas pedang (*ex vitro*). Protoplas berhasil diisolasi dengan kisaran hasil 1,0 – 15 x 10⁶ protoplas per gram berat segar. Protoplas yang berasal dari kultur embriogenik berkembang menjadi massa mikrokalus dan proembriogenik dalam waktu 30 hari ketika dikultur dalam media cair yang dimodifikasi.

Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi subspecies *M. acuminata* lainnya, terutama terkait dengan protokol regenerasi tanaman melalui embriogenesis somatik yang dapat digunakan untuk manipulasi sel somatik dalam kegiatan pra-pemuliaan atau perbaikan genetik pisang ke depannya. Selain itu, hasil penelitian ini juga memberikan alternatif penggunaan marka molekuler MaLRR-RLP Ma10_p00480.1 dalam identifikasi awal tingkat ketahanan tanaman terhadap fusarium sehingga dapat mempercepat kegiatan pemuliaan pada tanaman pisang.

Kata kunci: aksesori tahan fusarium, embriogenesis somatik, marka molekuler, protoplas, subspecies *Musa acuminata*

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.



SUMMARY

TRI HANDAYANI. Study on the Potential of Indonesian Wild Bananas as Pre-Breeding Resources for Enhancing Resistance to Fusarium Wilt Disease. Supervised by SOBIR, WITJAKSONO, YUDIWANTI WAHYU ENDRO KUSUMO, and AWANG MAHARIJAYA.

Indonesia is known to have high genetic diversity in both cultivated and wild bananas. Species of wild banana *Musa acuminata*, one of the progenitors of cultivated bananas, can be found from Sumatra to Papua, with a wide range of superior traits for future banana crop improvement. Wild bananas, especially from the species of *Musa acuminata*, are known to be a genetic source for several resistance traits, such as resistance to fusarium wilt disease found in the subspecies *malaccensis*. On the other hand, one of the main diseases in bananas, fusarium wilt, threatens commercial banana production.

Various breeding efforts on banana plants are being undertaken to develop resistant varieties as a proactive measure against the increasing incidence of Fusarium wilt. The use of molecular markers is one approach to accelerating plant breeding activities, as it allows for the early selection of plants with desired traits and facilitates the mapping of genes related to important characteristics, such as resistance to Fusarium wilt. Therefore, this research was conducted to study the diversity of wild bananas, particularly from the species *Musa acuminata* originating from Indonesia, in relation to their resistance to Fusarium wilt (Foc-TR4) and their potential utilization in pre-breeding for the development of new Fusarium wilt-resistant varieties through somatic cell manipulation using protoplasts.

The research was conducted through several main activities: (I) developing MaLRR-RLPs (*Musa acuminata* Leucine-rich repeat receptor-like protein) molecular markers for identifying and early detection of resistance levels to Fusarium wilt disease in various accessions of wild banana subspecies and cultivated bananas; (II) assessing the embryogenesis potential and the efficiency of induction and regeneration methods of somatic embryogenesis in wild bananas, both in semi-solid culture (a) and suspension culture (b); and (III) evaluating the efficiency of protoplast isolation and regeneration methods, with the resulting protoplasts being utilized for the genetic improvement of banana plants through somatic cell manipulation.

The genetic material used in this study includes several subspecies of wild bananas, *M. acuminata*, including subspecies *malaccensis*, *microcarpa*, *sumatrana*, *breviformis*, and several other Indonesian subspecies, as well as several cultivars of cultivated bananas from the collection gardens planted at the Soekarno Science and Technology Area in Cibinong-Bogor.

The results of the first experiment showed that one marker from the MaLRR-RLP gene has potential as a molecular marker for selection (MAS) in banana breeding programs. The MaLRR-RLP Ma10_p00480.1 can be used as a marker for early selection of susceptible and resistant banana accessions based on DNA amplification band patterns. Marker Ma10_p00480.1 identified several subspecies of wild bananas from *Musa acuminata* that have the potential to be further developed due to their gene resistance to Fusarium wilt disease. These include *M.*



acuminata subspecies *malaccensis* (MM LIPI-010, MM LIPI-030, MM 104, MM237), subspecies *tomentosa*, and subspecies *rutilifes*.

In the second research activity, a comprehensive protocol was successfully developed to induce somatic embryogenesis and its regeneration in the wild banana subspecies *malaccensis*. This protocol uses immature zygotic embryo explants cultured on semi-solid medium. The induction of embryogenesis was successfully developed on modified MS medium with the addition of 1 mg L⁻¹ 2,4-D or 5 mg L⁻¹ picloram. The highest proliferation rate of embryogenic culture was achieved with a combination of 1 mg L⁻¹ 2,4-D and 1 mg L⁻¹ picloram. The frequency of increased regeneration capability of somatic embryos into shoots was achieved by adding 0.5 mg L⁻¹ BA and 0.5 mg L⁻¹ GA₃ to the regeneration medium.

From the second research activity, it was found that different subspecies of *M. acuminata* showed varying responses to somatic embryogenesis, from induction and suspension cell proliferation to plantlet formation. The *malaccensis* subspecies showed the highest competence in plant regeneration, followed by the *microcarpa*, *sumatrana*, and *breviformis* subspecies. Through suspension culture, the proliferation of wild banana somatic embryos can be maintained in a liquid medium with a modified composition. Optimal suspension culture growth was achieved through subculture of medium-sized embryogenic cell aggregates (300–1000 µm), with an inoculum density of 0.3 g per 30 mL of medium (1% w/v). Embryogenic cultures from the suspensions of *malaccensis* and *microcarpa* subspecies were able to form somatic embryos after being transferred to a semi-solid medium for somatic embryo differentiation and then formed shoots on the regeneration medium.

In the last research activity, utilizing the embryogenesis culture material from previous experiments, efficient isolation and regeneration of wild banana protoplasts from both embryogenic and non-embryogenic tissues were successfully carried out. Protoplasts from embryogenic tissues were obtained from semi-solid embryogenic cultures and suspension cultures, while non-embryogenic tissues were sourced from the pseudostem of sword suckers (*ex vitro*). Protoplasts were successfully isolated with yields ranging from 1.0 to 15 x 10⁶ protoplasts per gram of fresh weight. Protoplasts derived from embryogenic cultures developed into microcallus and proembryonic masses within 30 days when cultured in modified liquid medium.

These findings can serve as a valuable reference for regeneration protocols through somatic embryogenesis in other *M. acuminata* subspecies. These protocols can be applied for future somatic cell manipulation in banana pre-breeding or genetic improvement programs. Additionally, the study offers an alternative approach using molecular markers MaLRR-RLP Ma10_p00480.1 for early identification of plant resistance to Fusarium wilt, potentially accelerating banana breeding activities.

Keywords: fusarium resistant accessions, molecular markers, protoplasts, somatic embryogenesis, subspecies of *Musa acuminata*.



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 apa pun tanpa izin IPB.

KAJIAN POTENSI PISANG LIAR INDONESIA DAN PENGEMBANGANNYA UNTUK *PRE-BREEDING* PERAKITAN KETAHANAN TANAMAN TERHADAP PENYAKIT LAYU FUSARIUM

TRI HANDAYANI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman

**PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



(a) 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. Arya Widura Ritonga, S.P., M.Si.
- 2 Dr. Ir. Yuyu Suryasari Poerba, M.Sc.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Arya Widura Ritonga, S.P., M.Si.
- 2 Dr. Ir. Yuyu Suryasari Poerba, M.Sc.



Judul Disertasi : Kajian Potensi Pisang Liar Indonesia dan Pengembangannya
untuk *Pre-Breeding* Perakitan Ketahanan Tanaman terhadap
Penyakit Layu Fusarium

Nama : Tri Handayani

NIM : A263184082

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Sobir, M.Si.

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Witjaksono, M.Sc.

Pembimbing 3:
Dr. Ir. Yudiwanti Wahyu E.K., M.S.

Pembimbing 4:
Prof. Dr. Awang Maharijaya, S.P., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Yudiwanti Wahyu E.K., M.S.
NIP 196311071988112001

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

Tanggal Ujian:
1 Agustus 2024

Tanggal Lulus:

16 AUG 2024



@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.



PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya, sehingga penelitian dan karya ilmiah berjudul “Kajian Potensi Pisang Liar Indonesia dan Pengembangannya untuk *Pre-Breeding* Perakitan Ketahanan Tanaman terhadap Penyakit Layu Fusarium” berhasil diselesaikan. Karya tulis ini merupakan tugas akhir penulis sebagai syarat untuk memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas beasiswa studi program doktor melalui Program *Degree By Research*, kepada Pusat Penelitian Biologi (LIPI), Pusat Riset Rekayasa Genetika dan Pusat Riset Botani Terapan OR Hayati dan Lingkungan BRIN, atas dukungan pendanaan dan fasilitas riset. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Sobir M.Si, Dr. Witjaksono M.Sc., Dr. Yudiwanti Wahyu M.S., dan Prof. Dr. Awang Maharijaya M.Si. selaku komisi pembimbing yang telah dengan sabar dan penuh dukungan membimbing penulis sejak rencana penelitian hingga terselesaikannya penulisan disertasi. Kepada penguji luar komisi Dr. Dini Dinarti MSi., Dr. Arya Widura Ritonga M.Si., Dr. Yuyu Suryasari Poerba M.Sc., Prof. Dr. Darda Efendi M.Si. penulis ucapkan terima kasih atas saran dan masukan selama proses penyelesaian studi doctoral.

Terima kasih penulis ucapkan juga kepada Ketua Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Dr. Ir. Yudiwanti Wahyu EK M.S. dan tim administrasi yang telah memfasilitasi pelaksanaan studi hingga tugas akhir. Kepada seluruh dosen dan sivitas akademik Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB atas bantuan dan ilmu yang diberikan kepada penulis selama menjalankan studi.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pimpinan dan kolega di Pusat Riset Rekayasa Genetika dan Pusat Riset Botani Terapan BRIN, rekan kelompok riset laboratorium biak sel dan jaringan serta laboratorium genetika atas bantuan teknis, kebersamaan dan bantuan moral selama menjalani pekerjaan dan masa studi. Kepada rekan-rekan mahasiswa pascasarjana Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman angkatan 2018 – 2019 dan rekan-rekan mahasiswa program *Degree By Research* untuk kebersamaan dan bantuan moral-spiritual selama menjalani studi. Terima kasih tak terhingga kepada orang tua, Bapak Suprayitno (alm) dan Ibu Hartutik, kakak, adik dan keluarga besar untuk doa dan dukungan sampai saat ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat untuk semua civitas, peneliti, pemulia, masyarakat umum dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2024

Tri Handayani



@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.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	5
1.7 Hipotesis	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biodiversitas Pisang Indonesia	7
2.2 Penyakit Layu Fusarium dan Mekanisme Ketahanan Tanaman	8
2.3 Pemuliaan Pada Tanaman Pisang	11
2.4 Embriogenesis Somatik pada Tanaman Pisang	12
2.5 Isolasi, Fusi, dan Regenerasi Protoplas	14
III PENGEMBANGAN MARKA MOLEKULAR DAN IDENTIFIKASI TINGKAT KETAHANAN TANAMAN PISANG TERHADAP PENYAKIT LAYU FUSARIUM	16
3.1 Abstrak	16
3.2 Pendahuluan	17
3.3 Metode Penelitian	19
3.4 Hasil	22
3.5 Pembahasan	26
3.6 Simpulan	28
IV INDUKSI, PROLIFERASI DAN REGENERASI EMBRIOGENESIS SOMATIK PISANG LIAR <i>Musa acuminata</i> Colla subsp. <i>malaccensis</i>	29
4.1 Abstrak	29
4.2 Pendahuluan	30
4.3 Metode Penelitian	31
4.4 Hasil	34
4.5 Pembahasan	44
4.6 Simpulan	46
V INDUKSI, KARAKTERISASI DAN PERTUMBUHAN KULTUR SUSPENSI PISANG LIAR <i>Musa acuminata</i> Colla	47
5.1 Abstrak	47
5.2 Pendahuluan	48
5.3 Metode Penelitian	49
5.4 Hasil	52
5.5 Pembahasan	61
5.6 Simpulan	64



VI	ISOLASI, KULTUR DAN REGENERASI PROTOPLAS PISANG LIAR	
	<i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i> dan <i>microcarpa</i>	65
6.1	Abstrak	65
6.2	Pendahuluan	66
6.3	Metode Penelitian	68
6.4	Hasil	74
6.5	Pembahasan	82
6.6	Simpulan	86
VII	PEMBAHASAN UMUM	87
VIII	SIMPULAN DAN SARAN	92
6.1	Simpulan	92
6.2	Saran	92
	DAFTAR PUSTAKA	94
	LAMPIRAN	110
	RIWAYAT HIDUP	128



DAFTAR TABEL

1	Akresi pisang liar dan pisang budidaya yang digunakan untuk pengujian penggunaan marka molekuler MaLRR-RLP	19
2	Primer MaLRR-RLP yang digunakan untuk pengembangan marker seleksi ketahanan pisang terhadap fusarium	20
3	Informasi fitur gen-protein dari marker MaLRR-RLP	21
4	Jumlah pita berdasarkan hasil amplifikasi DNA dari marker MALRR-LRPs	23
5	Komposisi dan formulasi hara makro MS yang dimodifikasi sesuai dengan perlakuan total dan rasio Nitrogen anorganik	33
6	Respon morfogenik eksplan embrio zigotik dengan tingkat kematangan yang berbeda pada media induksi	35
7	Pengaruh 2,4-D dan kombinasinya dengan auksin lain terhadap morfologi biak yang berkembang pada media proliferasi	37
8	Pengaruh konsentrasi total nitrogen dan komposisi hara makro terhadap respon morfologi biak pada tahap proliferasi	39
9	Pengaruh sukrosa dan gelrite pada perkembangan embrio somatik	40
10	Pengaruh morfologi inokulum dan konsentrasi BAP terhadap perkembangan embrio somatik dan regenerasi menjadi plantlet tanaman	40
11	Konversi tanaman dari embrio somatik yang dipengaruhi oleh morfologi embrio somatik dan konsentrasi GA ₃ dalam medium	41
12	Komposisi media yang digunakan untuk embriogenesis somatik pada pisang liar <i>M. acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i>	43
13	Induksi kalus embriogenik dari embrio zigotik belum matang dari beberapa subspecies <i>Musa acuminata</i> Colla pada medium induksi M1	52
14	Pengaruh ukuran inokulum terhadap proliferasi biak suspensi sel embriogenik	53
15	Pengaruh asal subspecies <i>Musa acuminata</i> pada pembentukan embrio somatik	60
16	Perkembangan embrio somatik <i>Musa acuminata</i> Colla pada media perkecambahan M4	60
17	Perlakuan konsentrasi manitol, selulase dan <i>macerozyme</i> pada larutan enzim untuk isolasi protoplas dari biak embriogenik pisang liar	70
18	Hasil protoplas dari berbagai sumber bahan pisang liar <i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i>	78
19	Hasil protoplas dari biak embriogenik dan batang semu tunas pedang pisang liar subspecies <i>malaccensis</i> dan <i>microcarpa</i>	78
20	Pengaruh perbedaan subspecies pisang liar <i>M. acuminata</i> dan sumber protoplas terhadap pertumbuhan dan perkembangan protoplas	81

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	Ruang lingkup dan bagan alir penelitian ‘Kajian Potensi Pisang Liar Indonesia dan Pengembangannya untuk <i>Pre-Breeding</i> Perakitan Ketahanan Tanaman terhadap Penyakit Layu Fusarium’	5
2	Distribusi dan persebaran pisang liar subspecies <i>Musa acuminata</i> di Indonesia	7
3	Profil amplifikasi DNA dari marker MaLRR-RLPs Ma10_p00450.1, Ma10_p00470.1 dan Ma10_p00570.1	22
4	Profil amplifikasi DNA dari marker MaLRR-RLPs Ma10_p00490.1, Ma10_p00500.1 dan Ma10_p00550.1	23
5	Profil amplifikasi DNA dari marker MaLRR-RLPs Ma10_p00480.1	24
6	Profil amplifikasi DNA marker MaLRR-RLPs Ma10_p00480.1 dari beberapa aksesori pisang liar <i>malaccensis</i> dan pisang budidaya	24
7	Hasil pengelompokan genotipe pisang berdasarkan pola pita marka MaLRR-RLPs Ma10_p00480.1 menggunakan metode ketidaksamaan Gower	25
8	Respon morfogenik eksplan embrio zigotik muda pada perlakuan 2,4-D dan picloram	35
9	Morfologi dan histologi eksplan embrio zigotik pisang liar <i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i> pada tahap induksi biak embriogenik	36
10	Morfologi dan histologi biak embriogenik dari pisang liar <i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i> pada tahap proliferasi	38
11	Morfologi dan histologi perkembangan dan perkecambahan embrio somatik	42
12	Regenerasi embriogenesis somatik pisang liar subspecies <i>malaccensis</i>	42
13	Representatif morfologi biak embriogenik dari subspecies <i>Musa acuminata</i> pada media induksi M1	53
14	Pengaruh ukuran inokulum terhadap pertumbuhan berat segar dan berat kering sel suspensi <i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i>	54
15	Pengaruh subspecies <i>Musa acuminata</i> dan kombinasi auksin terhadap proliferasi kultur suspensi 4 minggu setelah kultur	55
16	Morfologi agregat kecil dari kultur suspensi embriogenik subspecies <i>Musa acuminata</i> Colla	56
17	Kurva pertumbuhan kultur suspensi embriogenik <i>Musa acuminata</i> subspecies <i>malaccensis</i> dan <i>microcarpa</i> pada medium M2a	57
18	Histologi kultur suspensi embriogenik <i>Musa acuminata</i> subspecies <i>malaccensis</i> dan <i>microcarpa</i>	58
19	Pertumbuhan dan perkembangan inokulum hasil kultur suspensi subspecies <i>Musa acuminata</i> pada media perkembangan embrio somatik	59
20	Regenerasi tunas dari embrio somatik <i>Musa acuminata</i> subspecies <i>malaccensis</i>	61
21	Diferensiasi histologis embrio somatik dari <i>Musa acuminata</i> Colla subspecies <i>malaccensis</i> dan <i>microcarpa</i> pada medium M3	61
22	Morfologi kultur embriogenik <i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i> dalam medium semi-solid	71

23	Morfologi biak kultur suspensi embriogenik pisang liar subspecies <i>malaccensis</i> dan <i>microcarpa</i>	71
24	Bahan tanaman digunakan sebagai sumber jaringan untuk isolasi protoplas	72
25	Pengaruh konsentrasi manitol dalam larutan enzim untuk pelepasan protoplas dari jaringan embriogenik dan non embriogenik <i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i>	75
26	Pengaruh konsentrasi enzim selulase dan macerace dalam larutan enzim terhadap pelepasan protoplas dari jaringan embriogenik dan non embriogenik pisang <i>Musa acuminata</i> subsp. <i>malaccensis</i>	75
27	Pengaruh konsentrasi Selulase terhadap pelepasan protoplas dari biak embrionik semi-solid, kultur suspensi dan jaringan pseudostem subspecies <i>malaccensis</i>	76
28	Protoplas diisolasi dari biak embriogenik dan dari mesofil jaringan batang semu pisang liar subspecies <i>malaccensis</i>	77
29	Regenerasi protoplas yang berasal dari biak embriogenik menjadi mikrokalli/ proembrio pada pisang liar subspecies <i>malaccensis</i>	80
30	Perkembangan mikrokalus dan PEM dari protoplas yang diisolasi dari kultur suspensi embriogenesis somatik subspecies <i>microcarpa</i>	82



DAFTAR LAMPIRAN

1	Rekapitulasi penelitian embriogenesis somatik pada tanaman pisang	111
2	Rekapitulasi isolasi, regenerasi dan studi pemanfaatan protoplas pisang	120
3	Komposisi bahan larutan enzim dan larutan pencuci untuk isolasi protoplas	125
4	Komposisi medium kultur protoplas 0,6M MP-8P	126