

SINERGISME MIKROB DAN PESTISIDA PADA KEBERLANJUTAN USAHA TANI PADI SAWAH

ERYNA ELFASARI RANGKUTI



**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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.



@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 dengan judul “Sinergisme Mikroba dan Pestisida pada Keberlanjutan Usaha Tani Padi Sawah” adalah karya saya dengan arahan dari komisi 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 hasil penelitian saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025

Eryna Elfasari Rangkuti
NIM P062190241

- 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

ERYNA ELFASARI RANGKUTI. Sinergisme Mikrob dan Pestisida pada Keberlanjutan Usaha Tani Padi Sawah. Dibimbing oleh SYAIFUL ANWAR, ABDUL MUNIF, dan ISKANDAR ZULKARNAEN SIREGAR.

Permasalahan yang menjadi tantangan pada praktik budidaya petani secara berkelanjutan adalah pencemaran akibat penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang tidak rasional. Penggunaan pupuk dan pestisida tidak dapat terlepas secara sepenuhnya oleh petani padi sawah di Indonesia, dikarenakan pestisida masih menjadi salah satu faktor dalam menjamin keberhasilan produksi. Namun, di sisi lain penggunaan pupuk secara terus-menerus dapat menimbulkan beberapa dampak yaitu terjadinya *levelling off* atau pelandaian produksi yang mengakibatkan pemberian pupuk tidak lagi dapat memberikan manfaat bagi tanaman. Selain itu, residu pestisida juga dapat membunuh mikrob bermanfaat bagi tanaman. Teknologi lebih ramah lingkungan yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan mikrob fungsional yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, dan mikrob yang berfungsi sebagai biopestisida.

Tujuan akhir penelitian ini adalah mensintesis sinergisme mikrob dan pestisida terhadap usaha tani padi sawah secara berkelanjutan. Secara lengkap terdapat empat tujuan dalam penelitian ini. Pertama, menganalisis pengetahuan dan perilaku petani terhadap praktik budi daya tanaman padi sawah. Kedua, menyeleksi dan mengevaluasi mikrob potensial yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi dan toleransinya terhadap beberapa bahan aktif pestisida. Ketiga, mengevaluasi sinergisme antara mikrob dan pestisida terhadap variasi dosis pupuk pada pertumbuhan tanaman padi skala rumah kaca. Keempat, mensintesis keberlanjutan usaha tani padi sawah berdasarkan dimensi ekologi, ekonomi, sosial-budaya dan teknologi-infrastruktur pada tiga desa. Metode penelitian dilakukan secara empiris melalui: i) survey dan wawancara pengetahuan dan perilaku petani pada tiga desa dengan responden petani sejumlah 100 petani, ii) seleksi dan evaluasi mikrob endofit dan rizosfer dengan mere-kultur sembilan mikrob secara *in vitro* pada pengujian pertumbuhan mikrob di media agar dan cair yang mengandung pestisida, uji bakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman seperti kemampuannya dalam menghambat cendawan patogen, pelarut fosfat, fiksasi N, produksi IAA, dan pada fase pembenihan, iii) pengujian sinergisme mikrob secara *in planta* dengan variasi dosis pupuk NPK, dan pestisida pada pertumbuhan tinggi, jumlah anakan dan jumlah daun tanaman padi. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap dengan 3 faktor (mikrob, pupuk NPK, dan pestisida) dengan 2 set percobaan (difenokonazol dan fipronil) yang menghasilkan 20 satuan percobaan yang diulang 3 kali menghasilkan 60 satuan percobaan sebanyak 120 pot, dan iv) analisis keberlanjutan melalui pemodelan dengan metode MDS (*multidimensional scaling*) dan analisis prospektif untuk memperoleh atribut kunci dalam status keberlanjutan lahan padi sawah.

Hasil analisis pengetahuan dan perilaku petani menunjukkan karakteristik petani berusia diatas 50 tahun, pendidikan sekolah dasar (SD), status kepemilikan

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.

lahan hanya sebagai penggarap. Pengelolaan pestisida pada tiga desa >50% petani terjadwal dalam menggunakan pestisida. Sebanyak 60% petani ragu akan manfaat dari penggunaan bahan hayati pada tanaman dan belum memahami prinsip pengendalian hama secara terpadu. Hasil seleksi dan evaluasi mikrob menunjukkan bahwa seluruh isolat mampu tumbuh pada media agar mengandung pestisida, berpotensi sebagai agen biokontrol, dan memiliki kemampuan dalam memfiksasi N. Lima spesies mampu melarutkan fosfat yaitu dengan kode APE35, EAP10, LCA19, S12, dan TKF2. Sebanyak tujuh spesies bakteri mampu memproduksi IAA yaitu BAT27, APE35, EAP10, G053, LCA19, S12, dan TKF2. Hasil pertumbuhan radikula dan plumula tanaman padi terbaik ditunjukkan pada perlakuan *B. siamensis* (APE35), *Bacillus* sp. (S12) dan *B. aryabhattai* (TKF2) pada pestisida kisaran 5-10 ppm. Hasil uji pertumbuhan kembali ketiga spesies bakteri di media cair yang mengandung pestisida, hanya dua spesies bakteri yang mampu tumbuh lebih cepat dibandingkan media yang tidak diberi pestisida yaitu APE35 dan S12. Dari hasil uji kompatibilitas, diperoleh satu spesies bakteri *B. siamensis* (APE35) yang dilanjutkan pada uji *in planta*. Hasil uji *in planta* menunjukkan pada perlakuan pupuk NPK setengah dosis /dosis anjuran, bakteri APE35, dan pestisida menunjukkan peningkatan pertumbuhan. Dapat disimpulkan bahwa sinergisme antara mikrob, pestisida, dan pupuk NPK setengah dosis dapat berpotensi dalam mengurangi dosis pupuk NPK. Hasil analisis keberlanjutan pada dimensi ekologi dan sosial-budaya berkategori cukup, sementara dimensi ekonomi dan teknologi-infrastruktur kurang berlanjut. Kecamatan Dramaga berkategori kurang berlanjut dengan indeks 43,86, Kecamatan Leuwiliang dan Pamijahan cukup berlanjut dengan indeks 51,89 dan 60,08. Analisis *leverage* mengidentifikasi 12 dari 38 atribut. Hasil analisis prospektif menunjukkan adanya enam atribut kunci yang berpengaruh kuat yaitu, yaitu (1) kepemilikan luas lahan, (2) fluktuasi harga, (3) kontribusi pendapatan asli daerah pertanian, (4) kestabilan harga jual, (5) pemakaian limbah hayati dan pertanian, dan (6) pertumbuhan rumah tangga petani padi.

Kebaharuan/ novelty dan keunggulan dari penelitian ini dapat dilihat dari tinjauan kajian yaitu penelitian terdahulu banyak memaparkan potensi bakteri rizosfer dan endofit terhadap pertumbuhan tanaman padi, namun belum dilakukan kajian sinergismenya terhadap pestisida. Dari tinjauan output terdapat 4 poin kebaharuan yaitu; (1) menghasilkan data sinergisme antara mikrob yang dapat tumbuh pada media agar bakteri pada cekaman pestisida; (2) menghasilkan data sinergisme mikrob dalam menghambat cendawan patogen dan meningkatkan ketersediaan hara tanaman; (3) menghasilkan data sinergisme antara mikrob, pemupukan dan pestisida dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman padi baik pada fase pembenihan dan uji *in planta*. (4) menghasilkan atribut kunci dalam pengembangan status keberlanjutan usaha tani padi sawah berdasarkan dimensi ekologi, ekonomi, sosial-budaya, dan teknologi infrastruktur.

Kata kunci: Analisis *leverage*, analisis prospektif, agen biokontrol, bakteri toleran pestisida, uji *in planta*

SUMMARY

ERYNA ELFASARI RANGKUTI. Synergism of Microbes and Pesticides on the Sustainability of Rice Farming. Supervised by SYAIFUL ANWAR, ABDUL MUNIF dan ISKANDAR ZULKARNAEN SIREGAR.

The primary challenge encountered by farmers in implementing sustainable agricultural practices is pollution resulting from the indiscriminate use of chemical fertilizers and pesticides. In the context of rice cultivation in Indonesia, the complete elimination of fertilizers and pesticides is not feasible, as pesticides are critical for ensuring successful crop production. However, the persistent application of fertilizers can lead to several adverse effects, such as a plateau in production, where the continued use of fertilizers ceases to yield benefits for plants. Furthermore, pesticide residues can eliminate microbes that are beneficial to plant health. An alternative, more environmentally sustainable technology involves the use of functional microbes that can enhance plant growth and yield, as well as those that function as biopesticides.

The primary aim of this study was to synthesize the interactions between microbes and pesticides to promote sustainable rice farming. This study was structured around four specific objectives. First, it seeks to analyze farmers' knowledge and behavior concerning rice cultivation practices. Second, it aims to select and evaluate potential microbes that can enhance rice plant growth and tolerance to various pesticide active ingredients. Thirdly, it intends to assess the synergy between microbes and pesticides in relation to different fertilizer doses on rice plant growth within a greenhouse environment. Finally, it endeavors to synthesize the sustainability of rice farming based on ecological, economic, socio-cultural, and technological-infrastructure dimensions across the three villages. The research methods were empirically conducted through: i) surveys and interviews assessing farmers' knowledge and behavior in three villages, encompassing 100 farmer respondents; ii) selection and evaluation of endophytic and rhizospheric microbes by re-culturing nine microbes in vitro to test microbial growth on agar and liquid media containing pesticides, and testing bacteria for plant growth promotion, such as their ability to inhibit pathogenic fungi, solubilize phosphate, fix nitrogen, produce indole-3-acetic acid (IAA), and during the seedling phase; and iii) testing microbial synergy in planta with varying NPK fertilizer and pesticide doses to examine their effects on rice plant height, number of tillers, and leaf count. The study employed a completely randomized design with three factors (microbes, NPK fertilizer, and pesticides) and two sets of experiments (difenoconazole and fipronil), resulting in 20 experimental units, each repeated three times, totaling 60 experimental units or 120 pots. iv) Sustainability analysis through modeling using the multidimensional scaling (MDS) method and prospective analysis to determine key attributes for the sustainability status of rice field areas.

The analysis of farmers' knowledge and behavior revealed that the demographic profile of the farmers is predominantly characterized by individuals over the age of 50, possessing an elementary level of education, and holding land tenure solely as cultivators. In the context of pesticide management across the three villages, over 50% of the farmers adhered to a scheduled pesticide application regimen. Approximately 60% of the farmers exhibit hesitancy regarding the

benefits of employing biological agents on crops and lack comprehension of the principles underlying integrated pest management. The selection and evaluation of microbial isolates demonstrated that all isolates were capable of growth on agar media containing pesticides, indicating their potential as biocontrol agents and their ability to fix N. Five species, APE35, EAP10, LCA19, S12, and TKF2, exhibited phosphate solubilization capabilities. Additionally, seven bacterial species, BAT27, APE35, EAP10, G053, LCA19, S12, and TKF2, produced indole-3-acetic acid (IAA). The most favorable outcomes for radicle and plumule growth in rice plants were observed in treatments involving *B. siamensis* (APE35) and *Bacillus* sp. (S12), and *B. aryabhatai* (TKF2) at pesticide concentrations of 5–10 ppm. In the regrowth assessment of the three bacterial species in liquid media containing pesticides, only APE35 and S12 demonstrated accelerated growth compared to media devoid of pesticides. Based on the compatibility test results, *B. siamensis* (APE35) was selected for further in planta testing. The in-planta test results indicated that treatments combining half the recommended dose of NPK fertilizer, APE35 bacteria, and pesticide led to enhanced growth. It can be inferred that the synergistic interaction between microbes, pesticides, and a reduced dose of NPK fertilizer holds promise for decreasing the required NPK fertilizer dosage. The sustainability analysis categorized the ecological and socio-cultural dimensions as moderate, whereas the economic and technological infrastructure dimensions were deemed less sustainable. The Dramaga, Leuwiliang, and Pamijahan subdistricts were classified as less sustainable, with indices of 43.86, and moderately sustainable, with indices of 51.89 and 60.08, respectively. The leverage analysis identified 12 of the 38 attributes. The prospective analysis results highlighted six key attributes with significant influence: (1) land ownership size, (2) price fluctuations, (3) contribution of local agricultural income, (4) stability of selling prices, (5) utilization of biological and agricultural waste, and (6) growth of rice farmer households.

The novelty and advantages of this research are evident from the literature review, which indicates that prior studies have predominantly explored the potential of rhizosphere and endophytic bacteria for rice plant growth but have not investigated their synergistic interactions with pesticides. From the review of outcomes, four points of novelty emerge: (1) the generation of data on the synergy between microbes capable of growing on bacterial agar media under pesticide stress; (2) the generation of data on microbial synergy in inhibiting pathogenic fungi and enhancing nutrient availability for plants; (3) the generation of data on the synergy between microbes, fertilization, and pesticides in promoting rice plant growth, both at the seedling phase and in planta testing; and (4) the production of key attributes for the development of sustainability status in rice farming, based on ecological, economic, socio-cultural, and technological infrastructure dimensions.

Keywords: Biocontrol agents, in planta testing, leverage analysis, pesticide-tolerant bacteria, prospective analysis



SINERGISME MIKROB DAN PESTISIDA PADA KEBERLANJUTAN USAHA TANI PADI SAWAH

- 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 2025
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.

SINERGISME MIKROB DAN PESTISIDA PADA KEBERLANJUTAN USAHA TANI PADI SAWAH

ERYNA ELFASARI RANGKUTI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA

2 Dr. Alina Akhdiya, M.Si

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1 Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA

2 Dr. Alina Akhdiya, M.Si

- 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 Disertasi: Sinergisme Mikrob dan Pestisida pada Keberlanjutan Usaha Tani

Padi Sawah

Nama : Eryna Elfasari Rangkuti

NIM : P062190241

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Abdul Munif, M.Sc.Agr

Pembimbing 3:

Prof. Dr. Ir. Iskandar Zulkarnaen Siregar, M.For.Sc



digitally signed by:
Abdul Munif

Date: 4 Aug 2025 20:14:04 WIB
Verify at: design.ipb.ac.id



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA

NIP 196212011987031002

Dekan Sekolah Pascasarjana:

Prof. Dr. Ir. Dodik Ridho Nurrochmat, M.Sc.F. Trop

NIP 197003291996081001



digitally signed

design.ipb.ac.id



digitally signed

design.ipb.ac.id

Tanggal Ujian:

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Hasil penelitian disertasi yang berjudul “Sinergisme Mikrob dan Pestisida pada Keberlanjutan Usaha Tani Padi Sawah” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan Disertasi disusun dengan memperhatikan arahan dari ketua dan anggota komisi pembimbing, masukan dari para penguji saat ujian kualifikasi lisan, sidang komisi dan sidang tertutup serta saran-saran dari pihak lain guna penyempurnaan Disertasi ini. Untuk itu penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Komisi Pembimbing, Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Abdul Munif, M.Sc. Agr dan Prof. Dr. Ir. Iskandar Zulkarnaen Siregar, M. For.Sc atas bimbingan, arahan, motivasi dan dukungannya.
2. Tim Penguji Luar komisi saat ujian kualifikasi lisan dan ujian tertutup yaitu Prof. Dr. Ir. Dadang, M.Sc., Dr. Alina Akhdiya, M.Si., dan Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA, IPU atas saran dan masukan yang berharga untuk kesempurnaan disertasi ini.
3. Ketua Program Studi S3 PSL Prof. Dr. Ir. Widiatmaka, DAA, IPU dan sekretaris program studi, Prof. Dr. Lina Karlinasari, S. Hut, M.Sc. F. Trop, serta jajaran bagian akademis Sekolah Pascasarjana IPB atas semua bantuan saat penulis menempuh studi S3.
4. Yayasan dan Rektorat Universitas Ibnu Chaldun yang telah memberikan izin untuk menempuh studi S3 di IPB dan Kementerian Ristekdikti atas beasiswa BPPDN Tahun 2019.
5. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga penulis ucapkan kepada kedua orang tua, ibu bapak mertua, dan seluruh keluarga besar atas doa dan dukungan moril yang selalu diberikan. Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada suami dan anak tercinta atas kesabaran, curahan kasih sayang dan pengertiannya.
6. Teman-teman mahasiswa program studi S3 PSL angkatan 2019 dan teman-teman seperjuangan sesama beasiswa BPPDN S3 di IPB.
7. Sahabat yang berjuang bersama di Perpustakaan LSI IPB dan bantuan seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Akhirnya penulis berharap semoga karya ilmiah ini memberikan manfaat bagi kita semua.

Bogor, Agustus 2025

Eryna Elfasari Rangkuti



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.2 Kerangka Penelitian dan Rumusan Permasalahan	3
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Kebaharuan / <i>Novelty</i>	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tanaman Padi (<i>Oryza sativa</i> L.)	7
2.1.1 Sejarah Budidaya Tanaman Padi	7
2.1.2 Nilai Ekonomi	7
2.1.3 Produktivitas Padi	8
2.1.4 Penyakit Penting Tanaman Padi	9
2.2 Transfer, Degradasi dan Persistensi Pestisida dalam Tanah	10
2.3 Dampak Pestisida pada Bidang Pertanian	11
2.4 Kualitas Tanah	11
2.5 Potensi Mikrob Menguntungkan pada Tanaman	12
2.6 Bakteri Sebagai Agen Pengendalian Hayati	13
2.6.1 Bakteri Rizosfer dan Endofit	13
2.6.2 Mekanisme Bakteri dalam Menghambat Perkembangan Patogen	14
2.6.3 Konsorsium Bakteri Agens Pengendalian Hayati	16
2.7 Analisis Keberlanjutan	16
2.8 Matriks Penelitian Terdahulu yang Relevan	17
III METODE	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Tahapan Penelitian	19
3.4 Jenis, Sumber dan Analisis Data	20
IV ANALISIS PENGETAHUAN DAN PERILAKU PETANI PADA PRAKTIK BUDIDAYA PADI SAWAH DI KABUPATEN BOGOR	22
4.1 Abstrak	22
4.2 Pendahuluan	22
4.3 Metode	24
4.3.1 Tempat dan Waktu	24
4.3.2 Wawancara Petani	24
4.3.3 Analisis Data	24
4.4 Hasil dan Pembahasan	24
4.4.1 Kondisi Umum Lahan Padi Sawah di Kabupaten Bogor	24
4.4.2 Karakteristik Petani	24
4.4.3 Karakteristik Budi Daya Padi Sawah	26
4.4.4 Pengelolaan Organisme Penyakit Tanaman (OPT) pada lahan padi oleh petani di Kabupaten Bogor	26

4.4.5 Pengetahuan Petani Responden tentang Pengendalian Hama Terpadu (PHT)	28
4.5 Simpulan	29
V SELEKSI DAN EVALUASI POTENSI BAKTERI ENDOFIT DAN RHIZOSFER SEBAGAI AGENS BIOKONTROL <i>R. solani</i> DAN PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN	31
5.1 Abstrak	31
5.2 Pendahuluan	31
5.3 Metode	32
5.3.1 Tempat dan Waktu	32
5.3.2 Bahan	32
5.3.3 Uji Pertumbuhan Bakteri pada Media yang Mengandung Bahan Aktif Pestisida	34
5.3.4 Potensi Bakteri sebagai Pelarut Fosfat, Fiksasi N, Produksi IAA dan sebagai Agens Biokontrol dalam Menekan Cendawan Patogen <i>R. solani</i>	34
5.3.4.1 Uji Kemampuan Bakteri dalam Melarutkan Fosfat	34
5.3.4.2 Uji Fiksasi Nitrogen	35
5.3.4.3 Produksi IAA	35
5.3.4.4 Potensi Bakteri sebagai Agens Biokontrol dalam Menghambat Cendawan Patogen <i>R. solani</i>	36
5.3.5 Uji Pengaruh Bakteri dan Cemarkan Pestisida terhadap Pertumbuhan Benih Padi	36
5.3.6 Uji Pertumbuhan kembali Bakteri terpilih pada Media Cair Mengandung Pestisida dan Uji Kompatibilitas Antar Bakteri dengan Metode Difusi Agar	37
5.3.6.1 Uji Pertumbuhan Bakteri pada Media Cair Mengandung Pestisida	37
5.3.6.2 Uji Kompatibilitas Antar Bakteri dengan Metode Difusi Agar	37
5.4 Hasil dan Pembahasan	38
5.4.1 Hasil Uji Pertumbuhan Bakteri pada Media yang Mengandung Bahan Aktif Pestisida	38
5.4.2 Hasil Potensi Bakteri sebagai Pelarut Fosfat, Fiksasi N, Produksi IAA dan sebagai Agens Biokontrol dalam Menekan Cendawan Patogen <i>R. solani</i>	39
5.4.2.1 Hasil Uji Pelarutan Fosfat	39
5.4.2.2 Hasil Uji Pengikatan Nitrogen	40
5.4.2.3 Hasil Produksi IAA	41
5.4.2.4 Potensi Bakteri sebagai Agens Biokontrol dalam Menekan Cendawan Patogen <i>R. solani</i>	42
5.4.3 Hasil Uji Pengaruh Bakteri dan Cemarkan Pestisida terhadap Pertumbuhan Benih Padi	44
5.4.4 Uji Pertumbuhan Bakteri pada Media Cair Mengandung Pestisida dan Uji Kompatibilitas Antar Bakteri	48
5.4.4.1 Uji Pertumbuhan Bakteri pada Media Cair Mengandung Pestisida	48
5.4.4.2 Hasil Uji Kompatibilitas Antar Bakteri dengan Metode Difusi Agar	49
5.5 Simpulan	50

VI UJI <i>IN PLANTA</i> BAKTERI ENDOFIT DAN RIZOSFER PADA TANAMAN PADI	51
6.1 Abstrak	51
6.2 Pendahuluan	51
6.3 Metode	52
6.3.1 Tempat dan Waktu	52
6.3.2 Bahan Penelitian	52
6.3.3 Uji <i>in planta</i> benih padi dengan perlakuan bakteri, pupuk NPK dan bahan aktif pestisida	53
6.4 Hasil dan Pembahasan	55
6.4.1 Uji <i>in planta</i> benih padi dengan perlakuan bakteri, pupuk NPK dan bahan aktif pestisida	55
6.5 Simpulan	69
VII ANALISIS KEBERLANJUTAN USAHATANI PADI SAWAH PADA TIGA KECAMATAN DI KABUPATEN BOGOR	70
7.1 Abstrak	70
7.2 Pendahuluan	70
7.3 Metode	72
7.3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	72
7.3.2 Jenis Data Penelitian	72
7.3.3 Teknik Penentuan Responden	73
7.4.1 Metode Analisis Data	75
7.4.1.1 Analisis <i>Multidimensional Scaling</i> (MDS)	75
7.4.1.2 Analisis Prospektif	78
7.5 Hasil dan Pembahasan	80
7.5.1 Indeks dan Status Keberlanjutan Usahatani tiga Kecamatan di Kabupaten Bogor	80
7.5.2 Analisis statistik nilai indeks keberlanjutan usahatani tiga Kecamatan di Kabupaten Bogor	82
7.5.3 Atribut sensitif usahatani tiga Kecamatan di Kabupaten Bogor	83
7.5.4 Faktor Kunci Usahatani Padi Sawah di Kabupaten Bogor	94
7.6 Simpulan	96
VIII PEMBAHASAN UMUM	97
IX SIMPULAN DAN SARAN	102
9.1 Simpulan Umum	102
9.2 Saran	102
DAFTAR PUSTAKA	103
LAMPIRAN	117
RIWAYAT HIDUP	126

DAFTAR TABEL

1	Matriks penelitian terdahulu yang relevan	18
2	Matriks pencapaian tujuan penelitian	20
3	Karakteristik Petani Responden	25
4	Karakteristik budi daya padi sawah di Kabupaten Bogor	26
5	Pengelolaan OPT pada lahan padi di tiga Kecamatan	27
6	Pengamatan morfologi isolat bakteri endofit dan rizosfer	33
7	Hasil uji tantang antar isolat terhadap <i>pertumbuhan R. solani</i> pada hari ke-8 HSI dan potensinya sebagai penginduksi pertumbuhan tanaman	42
8	Analisis panjang plumula berdasarkan pengaruh perlakuan pestisida dan bakteri	46
9	Analisis panjang radikula berdasarkan pengaruh perlakuan pestisida dan bakteri	47
10	Perlakuan uji in planta perlakuan bakteri APE35, pupuk NPK 15:15:15, dan insektisida fipronil	54
11	Perlakuan uji in planta perlakuan bakteri APE35, pupuk NPK 15:15:15, dan insektisida difenokonazol	55
12	Hasil analisis pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah daun pada minggu ke-1, minggu ke-2, minggu ke-3 berdasarkan perlakuan mikrob dan insektisida fipronil	56
13	Hasil analisis pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah daun pada minggu ke-4, minggu ke-5, minggu ke-6 berdasarkan perlakuan mikrob dan insektisida fipronil	57
14	Hasil analisis pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah daun pada minggu ke-7 dan minggu ke-8 berdasarkan perlakuan mikrob dan insektisida fipronil	58
15	Hasil analisis pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah daun pada minggu ke-1, minggu ke-2, dan minggu ke-3 berdasarkan perlakuan mikrob dan fungisida difenokonazol	63
16	Hasil analisis pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah daun pada minggu ke-4, minggu ke-5, dan minggu ke-6 berdasarkan perlakuan mikrob dan fungisida difenokonazol	64
17	Hasil analisis pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan jumlah daun pada minggu ke-7 dan minggu ke-8 berdasarkan perlakuan mikrob dan fungisida difenokonazol	65
18	Jenis dan sumber data penelitian	73
19	Atribut Keberlanjutan Usahatani Padi Sawah	76
20	Status keberlanjutan usahatani padi sawah tiga kecamatan di Kabupaten bogor	81
21	Parameter statistik (<i>goodness of fit</i>) analisis indeks keberlanjutan usaha tani padi sawah	82
22	Hasil analisis Monte Carlo nilai RAP-RICE pada selang kepercayaan 95 persen	83
23	Kondisi infrastruktur jalan di Kabupaten Bogor	94
24	Atribut sensitif yang berpengaruh terhadap faktor kunci/dominan	95

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran penelitian	4
2	Cendawan patogen <i>R. solani</i> , a) tanaman padi yang bergejala hawar pada pelepah dan batang, b) koloni <i>R. solani</i> hasil isolasi, c) bentuk mikroskopis hifa <i>R. solani</i> (perbesaran 400x) (Asmoro <i>et al.</i> 2018).	9
3	Mekanisme enzim dalam menghidrolisis dinding sel cendawan patogen. (a) struktur dinding sel, (b) enzim kitinase, glukonase, dan protease menghidrolisis kitin, β -glukan, dan protein, (c) struktur dinding sel cendawan mengalami kerusakan dan lisis (Jadhav <i>et al.</i> 2017).	15
4	Pengetahuan petani responden tentang pengendalian hama terpadu	29
5	Isolat yang digunakan koleksi departemen proteksi tanaman, a) BAT27, b) LCA19, c) AC112, d) EAP10, e) APE35; dan koleksi BRIN, f) SP1, g) G053, h) TKF2, dan i) S12 pikovskaya	34
6	Uji pelarutan fosfat, a) koloni isolat bakteri, dan b) media agar pikovskaya	35
7	Isolat bakteri dengan cemaran bahan aktif difenokonazol, a) Kontrol, b) BAT27 c) LCA19, d) AC112, e) EAP10, f) APE35, g) SP1, h) G053, i) TKF2, dan j) S12	38
8	Isolat bakteri dengan cemaran bahan aktif fipronil, a) Kontrol, b) BAT27 c) LCA19, d) AC112, e) EAP10, f) APE35, g) SP1, h) G053, i) TKF2, dan j) S12	38
9	Isolat bakteri dengan cemaran bahan aktif glifosat, a) Kontrol, b) BAT27 c) LCA19, d) AC112, e) EAP10, f) APE35, g) SP1, h) G053, i) TKF2, dan j) S12.	39
10	Hasil uji aktivitas pelarutan fosfat	40
11	Hasil uji aktivitas produksi IAA	41
12	Hasil uji keefektifan isolat bakteri sebagai agens biokontrol terhadap pertumbuhan <i>R. solani</i>	43
13	Pengaruh perlakuan; (A) Difenokonazol 5ppm+APE35, (B) Difenokonazol 7ppm+APE35, (C) Difenokonazol 10ppm+BAT27, (D) Glifosat 5ppm+S12, (E) Glifosat 7ppm+S12, (F) Glifosat 10ppm+TKF2, (G) Fipronil 5ppm+AC112, (H) Fipronil 7ppm+AC112, (I) Fipronil 10ppm+AC112, (J) Kontrol, pada pertumbuhan padi Varietas Inpari32	45
14	Kurva pertumbuhan <i>B. siamensis</i> (APE35) dengan penambahan bahan aktif difenokonazol (a1) dan fipronil (a2), <i>Bacillus</i> spp. (S12) dengan penambahan bahan aktif difenokonazol (b1) dan fipronil (b2), <i>Bacillus</i> spp. (TKF2) dengan penambahan difenokonazol (c1) dan fipronil (c2). Pertumbuhan yang paling signifikan diamati untuk APE35 difenokonazol, APE35 fipronil, dan S12 difenokonazol dibandingkan dengan kontrol.	48
15	Kompatibilitas antar isolat bakteri. (a). Disebar: S12, ditetaskan: TKF2, (b). Disebar: APE35, ditetaskan: TKF2, (c). Disebar: S12,	50

ditetaskan: APE35, (d). Disebar: TKF2, ditetaskan: S12, (e). Disebar: TKF2, ditetaskan: APE35, (f). Disebar: APE35, ditetaskan: S12, (g). Disebar: TKF2, ditetaskan: air steril, (h). Disebar: S12, ditetaskan: air steril, (i). Disebar: APE35, ditetaskan: air steril. Tanda panah: zona bening = tidak kompatibel.

16	Boxplot perlakuan tanpa bakteri, pemupukan dan fipronil pada peubah tinggi tanaman pada minggu ke-8	59
17	Boxplot perlakuan bakteri, pemupukan dan fipronil pada peubah tinggi tanaman pada minggu ke-8	59
18	Boxplot perlakuan tanpa bakteri, pemupukan dan fipronil pada peubah jumlah anakan pada minggu ke-8	60
19	Boxplot perlakuan bakteri, pemupukan dan fipronil pada peubah jumlah anakan pada minggu ke-8	60
20	Boxplot perlakuan tanpa bakteri, pemupukan dan fipronil pada peubah jumlah daun pada minggu ke-8	61
21	Boxplot perlakuan bakteri, pemupukan dan fipronil pada peubah jumlah daun pada minggu ke-8	61
22	Boxplot perlakuan tanpa bakteri, pemupukan dan difenokonazol pada peubah tinggi tanaman pada minggu ke-8	66
23	Boxplot perlakuan bakteri, pemupukan dan difenokonazol pada peubah tinggi tanaman pada minggu ke-8	66
24	Boxplot perlakuan tanpa bakteri, pemupukan dan difenokonazol pada peubah jumlah anakan pada minggu ke-8	67
25	Boxplot perlakuan bakteri, pemupukan dan difenokonazol pada peubah jumlah anakan pada minggu ke-8	67
26	Boxplot perlakuan tanpa bakteri, pemupukan dan difenokonazol pada peubah jumlah daun pada minggu ke-8	68
27	Boxplot perlakuan bakteri, pemupukan dan difenokonazol pada peubah jumlah daun pada minggu ke-8	68
28	Peta administrasi wilayah Kecamatan Dramaga, Leuwiliang dan Pamijahan, Kabupaten Bogor	72
29	Proses aplikasi Rapfish (Alder et al. 2000 dalam Fauzi dan Anna 2005)	78
30	Pengaruh langsung antarfaktor usahatani padi sawah Sumber: Godet (1999)	80
31	Tingkat pengaruh dan ketergantungan antar faktor dalam sistem (Burgeois & Jesus 2004)	80
32	Indeks keberlanjutan usahatani padi sawah tiga kecamatan, Kabupaten Bogor	81
33	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi ekologi usahatani padi sawah di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor	84
34	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi ekologi usahatani padi sawah di Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor	84

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.

35	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi ekologi usahatani padi sawah di Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor	85
36	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi ekonomi usahatani padi sawah di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor	87
37	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi ekonomi usahatani padi sawah di Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor	87
38	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi ekonomi usahatani padi sawah di Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor	88
39	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi sosial-budaya usahatani padi sawah di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor	89
40	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi sosial-budaya usahatani padi sawah di Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor	90
41	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi sosial-budaya usahatani padi sawah di Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor	90
42	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi teknologi-infrastruktur usahatani padi sawah di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor	92
43	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi teknologi-infrastruktur usahatani padi sawah di Kecamatan Leuwiliang, Kabupaten Bogor	93
44	Atribut sensitif yang mempengaruhi keberlanjutan dimensi teknologi-infrastruktur usahatani padi sawah di Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor	93
45	Faktor kunci/dominan yang berpengaruh pada usahatani padi sawah tiga kecamatan di Kabupaten Bogor	95



DAFTAR LAMPIRAN

1	Kuesioner analisis keberlanjutan	117
2	Kuesioner analisis prospektif	128
3	Dokumentasi percobaan penambahan mikrob, pupuk NPK dan pestisida pada pertumbuhan tanaman padi	132