

EKSPLORASI *Bacillus* spp. SEBAGAI AGENS HAYATI *Ganoderma boninense* DAN KOMPATIBILITASNYA TERHADAP *Trichoderma* spp. PADA KELAPA SAWIT

UMMI MUNTAMAH



PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025

- 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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul “Eksplorasi *Bacillus* spp. sebagai Agens Hayati *Ganoderma boninense* dan Kompatibilitasnya terhadap *Trichoderma* spp. pada Kelapa Sawit” adalah benar 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 usulan penelitian ini.

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

Bogor, Januari 2025

Ummi Muntamah
A3502211011

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.

RINGKASAN

Ummi Muntamah. Eksplorasi *Bacillus* spp. sebagai Agens Hayati *Ganoderma boninense* dan Kompatibilitasnya terhadap *Trichoderma* spp. pada Kelapa Sawit. Dibimbing oleh GIYANTO, TRI ASMIRA DAMAYANTI dan ABDJAD ASIH NAWANGSIH.

Ganoderma boninense merupakan cendawan patogen yang menyebabkan penyakit busuk pangkal batang (BPB) pada kelapa sawit. BPB telah menyebar luas di sentra produksi kelapa sawit Indonesia dan mengakibatkan penurunan produksi kelapa sawit. Beberapa upaya pengendalian BPB yang telah dilakukan adalah kultur teknis, seperti sanitasi sumber inokulum *G. boninense*, sistem penanaman *hole in hole*, pembuatan parit isolasi, pembedahan dan pembumbunan tanaman terinfeksi, namun infeksi *G. boninense* masih terjadi. Upaya pengendalian menggunakan pestisida kimia menyebabkan pencemaran lingkungan, resistensi patogen sasaran, resurgensi, dan akumulasi residu produk yang berbahaya di lingkungan. Upaya lain adalah pengendalian hayati menggunakan agens hayati mikroba ramah lingkungan. Optimalisasi potensi agens hayati mikroba dapat dilakukan dengan penggunaan beberapa agens hayati berbeda yang kompatibel. Beberapa mikroba yang saling kompatibel dapat meningkatkan peluang keberhasilan pengendalian hayati.

Penelitian ini telah dilakukan di laboratorium Bakteriologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Tahapan penelitian mencakup isolasi *Bacillus* spp. dari tanah rizosfer kelapa sawit di Jawa Barat, Bengkulu, Jambi, dan Riau. Isolat bakteri hasil isolasi dilakukan uji keamanan hayati, sifat Gram, pengamatan morfologi, kompatibilitasnya dengan *T. asperellum* dan *T. yunnanense* untuk mendapatkan isolat *Bacillus* spp. potensial. Isolat *Bacillus* spp. potensial dilakukan identifikasi molekuler, karakterisasi sebagai agens hayati, karakterisasi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan uji potensi menekan pertumbuhan *G. boninense*.

Penelitian ini telah diperoleh 32 isolat bakteri terpilih berdasarkan uji keamanan hayati, bersifat Gram positif dan memiliki morfologi seperti *Bacillus* spp. Empat isolat *Bacillus* spp. potensial, yaitu A3_27, G1_20, K2_1, dan R2_83 diketahui bersifat kompatibel dengan *T. asperellum* dan *T. yunnanense*. Isolat *Bacillus* spp. potensial memiliki bentuk morfologi berbeda. Koloni A3_27 berwarna putih keabuan, permukaan kering dan kasar, bentuk bulat, tepi bergelombang, elevasi menonjol. Koloni G1_20 berwarna kuning, permukaan kering kasar, bagian tengah halus dan menonjol, bentuk bulat, tepi bergelombang, elevasi menonjol. Koloni K2_1 berwarna kuning, permukaan halus dan kosentrik, bentuk oval, tepi halus, elevasi menonjol. Koloni R2_83 berwarna kuning keabuan, permukaan kering kasar, bentuk tidak beraturan, tepi lobat, elevasi datar. Hasil *Basic Local Alignment Search Tools* (BLAST) basa nukleotida gen 16S rRNA menunjukkan bahwa isolat A3_27, G1_20, K2_1 dan R2_83 memiliki nilai kemiripan 98,62% terhadap *B. subtilis* strain Bs24, 98,27% terhadap *B. cereus* strain JY7, 99,65% terhadap *B. thuringiensis* strain NBAIR_Bt48, dan 98,18% terhadap *Bacillus* sp. (in: Bacteria) strain KTP. Isolat *Bacillus* spp. potensial

memiliki aktivitas enzim hidrolitik, agens hayati, dan pemacu pertumbuhan tanaman. Keempat isolat *Bacillus* spp. potensial memiliki aktivitas sebagai penambat nitrogen, produksi IAA dan aktivitas pelarutan kalium hanya terjadi pada *B. thuringiensis* K2_1. Aktivitas pelarutan fosfat tidak terjadi pada semua isolat *Bacillus* spp. potensial. Hasil uji antagonis menunjukkan penghambatan tertinggi terhadap *G. boninense* terjadi pada pengujian peracunan media yang mencapai 88,0% dan 90,8% oleh *B. cereus* G1_20 dan *B. thuringiensis* K2_1. Penghambatan menyebabkan hifa *G. boninense* mengalami keabnormalan, yaitu mengecil, melingkar, melengkung, dan melilit.

Kata kunci: agens biokontrol, biofertilizer, enzim pendegradasi, pengendalian hayati





SUMMARY

Umami Muntamah. Exploration of *Bacillus* spp. as a Biological Agent of *Ganoderma boninense* and its Compatibility with *Trichoderma* spp. on Oil Palm. Supervised by GIYANTO, TRI ASMIRA DAMAYANTI and ABDJAD ASIH NAWANGSIH.

Ganoderma boninense is a pathogenic fungus that causes basal stem rot (BSR) in oil palm. BSR has spread widely in Indonesian palm oil production centers and has resulted in a decline in palm oil production. Several efforts to control BSR that have been carried out are technical culture, such as sanitation of *G. boninense* inoculum sources, hole in hole planting systems, isolation trenches, surgery and hilling of infected plants, but *G. boninense* infection still occurs. Control efforts using chemical pesticides cause environmental pollution, pathogen resistance, resurgence, and accumulation of hazardous residues in the environment. Another effort to control *G. boninense* is biological control using environmentally friendly microbial biological agents. Optimization of the potential of microbial biological agents can be done by using several different compatible biological agents. Several compatible microbes that are compatible with each other can increase the chances of successful biological control.

This research was conducted in the Plant Bacteriology Laboratory, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bogor Agricultural University. The stages of the research included the isolation of *Bacillus* spp. from oil palm rhizosphere soil in West Java, Bengkulu, Jambi, and Riau. The isolated bacterial isolates were tested for biosafety, Gram properties, morphological observations, and compatibility with *T. asperellum* and *T. yunnanense* to obtain potential *Bacillus* spp. isolates. Potential *Bacillus* spp. isolates were subjected to molecular identification, characterization as biological agents, characterization as plant growth promoters, and potential tests to suppress the growth of *G. boninense*.

This study has obtained 32 selected bacterial isolates based on biosafety tests, are Gram-positive and have morphology like *Bacillus* spp. Four potential *Bacillus* spp. isolates, namely A3_27, G1_20, K2_1, and R2_83 are known to be compatible with *T. asperellum* and *T. yunnanense*. Potential *Bacillus* spp. isolates have different morphological forms. Colony A3_27 is grayish white, dry and rough surface, round shape, wavy edges, prominent elevation. Colony G1_20 is yellow, dry rough surface, smooth and prominent center, round shape, wavy edges, prominent elevation. Colony K2_1 is yellow, smooth and concentric surface, oval shape, smooth edges, prominent elevation. Colony R2_83 is grayish yellow, dry rough surface, irregular shape, lobate edges, flat elevation. The results of *Basic Local Alignment Search Tools* (BLAST) of nucleotide 16S rRNA gene indicated that the isolates of A3_27, G1_20, K2_1 and R2_83 have a similarity value of 98.62% to *B. subtilis* strain Bs24, 98.27% to *B. cereus* strain JY7, 99.65% to *B. thuringiensis* strain NBAIR_Bt48, and 98.18% to *Bacillus* sp. (in: Bacteria) strain KTP. Potential *Bacillus* spp. isolates shown hydrolytic enzyme activities, capability as biological agents, and plant growth promoters. The four potential *Bacillus* spp. isolates have activities as nitrogen fixers, IAA production, and potassium solubilization activity only occurs in *B. thuringiensis* K2_1. Phosphate

solubilization activity does not occur in all potential *Bacillus* spp. isolates. The results of the antagonist test showed that the highest inhibition against *G. boninense* occurred in the media poisoning test which reached 88.0% and 90.8% by *B. cereus* G1_20 and *B. thuringiensis* K2_1. Inhibition caused *G. boninense* hyphae to experience abnormalities, namely shrinking, coiling, curving, and twisting.

Keywords: biocontrol agents, biofertilizers, degrading enzymes, biological control

@Hak cipta milik IPB University

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.



Judul Tesis : Eksplorasi *Bacillus* spp. sebagai Agens Hayati *Ganoderma boninense* dan Kompatibilitasnya terhadap *Trichoderma* spp. pada Kelapa Sawit

Nama : Ummi Muntamah
NIM : A3502211011

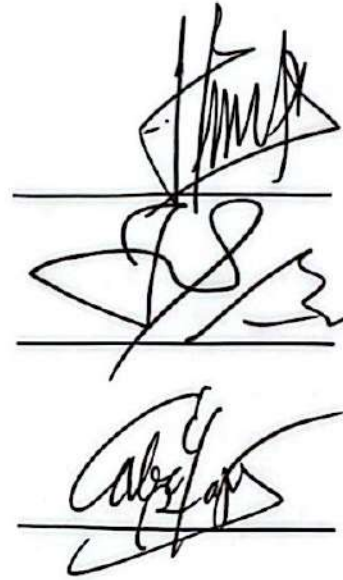
@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M. Agr.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M. Si.



Diketahui oleh

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

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



Tanggal Ujian: 17 Januari 2025

Tanggal Lulus: 30 JAN 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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tesis yang berjudul “Eksplorasi *Bacillus* spp. sebagai Agens Hayati *Ganoderma boninense* dan Kompatibilitasnya terhadap *Trichoderma* spp. pada Kelapa Sawit” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister di Program Studi Fitopatologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dr. Ir Giyanto., M.Si, Prof. Dr. Ir. Tri Asmira Damayanti, M.Agr. dan Prof. Dr. Ir. Abdjad Asih Nawangsih, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi arahan dan saran tentang akademik dan juga kehidupan untuk menjadi pribadi yang lebih lagi. Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada Prof. Dr. Ir. Ikeu Tanziha, MS selaku dosen moderator pada seminar hasil, Dr. Hagia Sophia Khairani, SP., M.Si selaku penguji luar komisi pada sidang ujian tesis dan Dr. Efi Toding Tondok, S.P., M.Sc. Agr. selaku penguji luar komisi pada kolokium dan dosen perwakilan prodi pada sidang ujian tesis yang telah memberikan saran dan masukan untuk perbaikan penulisan tesis yang lebih baik lagi.

Ungkapan terima kasih juga penulis berikan kepada staf pengajar program studi Fitopatologi yang telah memberikan ilmu kepada penulis, pegawai Departemen Proteksi Tanaman dan Fakultas Pertanian yang selalu sabar dan membantu penulis. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada teman-teman di Laboratorium Bakteriologi Tumbuhan dan teman-teman angkatan program studi Fitopatologi 2021 yang sudah kebersamai dalam perjalanan studi ini. Ucapan terima kasih terpenting diucapkan kepada orang tua dan keluarga besar yang telah memberikan do'a dan kasih sayangnya sebagai bentuk dukungan dalam perjalanan dan penyelesaian studi magister di IPB.

Penulis menyadari bahwa tesis ini terdapat kekurangan, oleh karena penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan tesis menjadi lebih baik lagi. Semoga penelitian tesis ini dapat membantu dalam memberikan solusi atas masalah yang dihadapi dan dapat bermanfaat bagi pembaca sehingga menjadi salah satu amal kebaikan bagi penulis dan seluruh pihak yang berkaitan dalam membantu penyelesaian studi magister ini.

Bogor, Januari 2025

Umami Muntamah



@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 | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian | 3 |
| II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Kelapa sawit | 5 |
| 2.2 Arti Penting Tanaman Kelapa Sawit | 5 |
| 2.3 Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) Kelapa Sawit | 6 |
| 2.4 Agens Hayati <i>Trichoderma</i> spp. | 8 |
| 2.5 Agens Hayati <i>Bacillus</i> spp. | 8 |
| 2.6 Kompatibilitas <i>Bacillus</i> spp. dan <i>Trichoderma</i> spp. | 9 |
| III METODE PENELITIAN | 10 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 10 |
| 3.2 Bahan dan Alat Penelitian | 10 |
| 3.3 Metode Penelitian | 10 |
| 3.3.1 Peremajaan <i>Trichoderma</i> spp. dan <i>Ganoderma boninense</i> | 10 |
| 3.3.2 Isolasi <i>Bacillus</i> spp. | 11 |
| 3.3.3 Pengujian Hemolisis dan Hipersensitivitas Isolat <i>Bacillus</i> spp. | 11 |
| 3.3.4 Pengujian Gram Isolat <i>Bacillus</i> spp. | 11 |
| 3.3.5 Pengamatan Morfologi isolat <i>Bacillus</i> spp. | 11 |
| 3.3.6 Pengujian Kompatibilitas Isolat <i>Bacillus</i> spp. dan <i>Trichoderma</i> spp. | 12 |
| 3.3.7 Identifikasi Molekuler Isolat <i>Bacillus</i> spp. potensial | 13 |
| 3.3.8 Karakterisasi Isolat <i>Bacillus</i> spp. Potensial sebagai Agens Hayati | 14 |
| 3.3.9 Karakterisasi Isolat <i>Bacillus</i> spp. Potensial sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman | 14 |
| 3.3.10 Pengujian <i>in vitro</i> Penekanan Pertumbuhan <i>Ganoderma boninense</i> oleh <i>Bacillus</i> spp. Potensial | 15 |
| 3.4 Analisis Data | 17 |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 18 |
| 4.1 Isolat <i>Trichoderma</i> spp. dan <i>Ganoderma boninense</i> | 18 |
| 4.2 Isolat Bakteri | 19 |
| 4.3 Reaksi Hemolisis dan Hipersensitif isolat <i>Bacillus</i> spp. | 19 |
| 4.4 Sifat Gram isolat <i>Bacillus</i> spp. | 20 |
| 4.5 Morfologi Isolat <i>Bacillus</i> spp. | 21 |





| | |
|---|----|
| 4.6 Kompatibilitas Isolat <i>Bacillus</i> spp. dengan <i>Trichoderma asperellum</i> dan <i>Trichoderma yunnanense</i> | 22 |
| 4.7 Morfologi Koloni Isolat <i>Bacillus</i> spp. Potensial | 28 |
| 4.8 Identifikasi Molekuler Isolat <i>Bacillus</i> spp. Potensial | 28 |
| 4.9 Karakteristik Isolat <i>Bacillus</i> spp. Potensial sebagai Agens Hayati | 30 |
| 4.10 Karakteristik Isolat <i>Bacillus</i> spp. Potensial sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman | 32 |
| 4.11 Potensi Isolat <i>Bacillus</i> spp. Potensial dalam menekan Pertumbuhan <i>Ganoderma boninense</i> | 35 |
| V PEMBAHASAN UMUM | 41 |
| VI SIMPULAN DAN SARAN | 43 |
| 6.1 Simpulan | 43 |
| 6.2 Saran | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | 66 |
| LAMPIRAN | 75 |
| RIWAYAT HIDUP | 60 |

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 TABEL

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Isolat bakteri Gram positif yang lulus skrining keamanan hayati | 21 |
| 2 | Tingkat kompatibilitas <i>Trichoderma asperellum</i> dan <i>Trichoderma yunnanense</i> dengan berbagai isolat <i>Bacillus</i> spp. | 26 |
| 3 | Homologi runutan nukleotida 16S rRNA isolat <i>Bacillus</i> spp. potensial dan <i>Bacillus</i> spp. di <i>GeneBank</i> | 30 |
| 4 | Indeks kitinolitik dan glukanolitik isolat <i>Bacillus</i> spp. potensial | 31 |
| 5 | Karakteristik isolat <i>Bacillus</i> spp. potensial sebagai agens hayati dan pemacu pertumbuhan tanaman | 35 |
| 6 | Hasil uji <i>in vitro</i> <i>Bacillus</i> spp. potensial menekan pertumbuhan <i>Ganoderma boninense</i> berdasarkan uji antibiosis dan VOC <i>Bacillus</i> spp. | 37 |
| 7 | Hasil uji <i>in vitro</i> <i>Bacillus</i> spp. potensial menekan pertumbuhan <i>Ganoderma boninense</i> berdasarkan uji senyawa bioaktif <i>Bacillus</i> spp. | 39 |

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

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Skema diagram alur penelitian | 4 |
| 2 | Morfologi <i>Ganoderma boninense</i> | 6 |
| 3 | Gejala dan tanda penyakit BPB kelapa sawit | 7 |
| 4 | Morfologi <i>Trichoderma</i> pada media PDA umur 14 HSI | 18 |
| 5 | Morfologi <i>Ganoderma boninense</i> pada media PDA umur 14 HSI | 18 |
| 6 | Reaksi hemolisis berbagai isolat bakteri <i>Bacillus</i> spp. pada pengamatan 48 jam setelah inokulasi pada media agar darah | 19 |
| 7 | Reaksi uji reaksi hipersensitivitas <i>Bacillus</i> spp. pada daun tembakau pada 48 jam pengamatan setelah inokulasi | 20 |
| 8 | Reaksi bakteri berdasarkan uji Gram menggunakan KOH 3% | 21 |
| 9 | Morfologi Isolat <i>Bacillus</i> spp | 22 |
| 10 | Berbagai tingkat kompatibilitas antara <i>Bacillus</i> spp. terhadap <i>Trichoderma asperellum</i> dan <i>Trichoderma yunnanense</i> berbasis uji antibiosis dengan teknik <i>dual culture</i> | 23 |
| 11 | Berbagai tingkat kompatibilitas antara <i>Bacillus</i> spp. dengan <i>Trichoderma</i> spp. berbasis produksi VOC oleh <i>Bacillus</i> spp. | 26 |
| 12 | Kompatibilitas <i>Trichoderma</i> spp. dengan <i>Bacillus</i> spp. berbasis uji senyawa bioaktif dalam filtrat <i>Trichoderma</i> spp. terhadap pertumbuhan <i>Bacillus</i> spp | 25 |
| 13 | Kompatibilitas <i>Trichoderma</i> spp. dan isolat <i>Bacillus</i> spp. potensial | 28 |
| 14 | Morfologi koloni isolat <i>Bacillus</i> spp. potensial umur enam hari pada media TSA di suhu ruang | 29 |
| 15 | Visualisasi fragmen DNA <i>Bacillus</i> spp. potensial hasil amplifikasi menggunakan primer universal 16S rRNA pada gel agarose 1 %. | 30 |
| 16 | Aktivitas enzim hidrolitik (kitinase dan glukonase) isolat <i>Bacillus</i> spp. | 31 |
| 17 | Aktivitas penambatan nitrogen isolat <i>Bacillus</i> spp. | 32 |
| 18 | Aktivitas pelarutan fosfat isolat <i>Bacillus</i> spp. | 33 |
| 19 | Produksi IAA isolat <i>Bacillus</i> spp. | 33 |
| 20 | Aktivitas enzim selulase isolat <i>Bacillus</i> spp. | 34 |
| 21 | Aktivitas pelarutan kalium isolat <i>Bacillus</i> spp. | 34 |
| 22 | Aktivitas antibiosis isolat <i>Bacillus</i> spp. (kanan) terhadap <i>Ganoderma boninense</i> (kiri) | 35 |
| 23 | Aktivitas antibiosis <i>Bacillus</i> spp. terhadap <i>Ganoderma boninense</i> pada peracunan media | 36 |
| 24 | Pengaruh VOC yang diproduksi <i>Bacillus</i> spp. terhadap pertumbuhan <i>Ganoderma boninense</i> | 37 |
| 25 | Pengaruh senyawa bioaktif <i>Bacillus</i> spp. konsentrasi 10% terhadap pertumbuhan koloni <i>Ganoderma boninense</i> | 38 |
| 26 | Pengaruh senyawa bioaktif <i>Bacillus</i> spp. konsentrasi 20% terhadap pertumbuhan koloni <i>Ganoderma boninense</i> | 39 |
| 27 | Hifa <i>Ganoderma boninense</i> normal pada pengamatan mikroskop binokuler | 39 |
| 28 | Hifa <i>Ganoderms boninense</i> mengecil akibat pengaruh <i>Bacillus thuringiensis</i> pada pengamatan mikroskop binokuler pada uji <i>dual culture</i> . | 40 |

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.



29 Hifa *Ganoderma boninense* (A) Melingkar, (B) Melilit akibat pengaruh *Bacillus cereus* pada pengamatan mikroskop binokuler pada uji VOC 40

@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 LAMPIRAN

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Kategori kompatibilitas hasil uji <i>dual culture Bacillus spp.</i> dan <i>Trichoderma asperellum</i> | 54 |
| 2 | Kategori kompatibilitas hasil uji <i>dual culture Bacillus spp.</i> dan <i>Trichoderma yunnanense</i> | 54 |
| 3 | Kategori kompatibilitas hasil uji VOC <i>Bacillus spp.</i> dan <i>Trichoderma asperellum</i> | 55 |
| 4 | Kategori kompatibilitas hasil uji VOC <i>Bacillus spp.</i> dan <i>Trichoderma yunnanense</i> | 56 |
| 5 | Kompatibilitas hasil uji senyawa bioaktif <i>Trichoderma asperellum</i> dan <i>Bacillus spp.</i> | 56 |
| 6 | Kompatibilitas hasil uji senyawa bioaktif <i>Trichoderma yunnanense</i> dan <i>Bacillus spp.</i> | 56 |
| 7 | Susunan basa nukleotida isolat <i>Bacillus spp.</i> potensial | 56 |

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.