

**KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER KELAPA SAWIT DI PT
BUMITAMA GUNAJAYA AGRO, KALIMANTAN SEBAGAI
ANTAGONIS JAMUR *Ganoderma boninense* Pat. DAN PEMACU
PERTUMBUHAN TANAMAN**

(Skripsi)

Oleh

TARI YATI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER KELAPA SAWIT DI PT BUMITAMA GUNAJAYA AGRO, KALIMANTAN SEBAGAI ANTAGONIS JAMUR *Ganoderma boninense* Pat. DAN PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN

Oleh

Tari Yati

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditi ekspor Indonesia yang cukup penting sebagai penghasil devisa negara sesudah minyak dan gas. Produk utama dari tanaman ini berupa minyak sawit (*crude palm oil*) dan minyak inti sawit (*palm kernel oil*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri rizosfer kelapa sawit sebagai antagonis jamur *Ganoderma boninense*, pelarut fosfat, pereduksi kitin, dan PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*). Pada penelitian ini terdapat 4 sub percobaan, percobaan pertama yaitu uji kemampuan bakteri rizosfer sebagai antagonis jamur *G. boninense*, kemampuan bakteri sebagai antagonis dikelompokkan berdasarkan besarnya nilai penghambatan. Percobaan kedua yaitu uji pelarut fosfat, kemampuan bakteri sebagai pelarut fosfat dikelompokkan berdasarkan besarnya ukuran diameter zona bening. Percobaan ketiga yaitu uji pereduksi kitin, kemampuan bakteri sebagai pereduksi kitin dikelompokkan berdasarkan besarnya ukuran diameter zona bening dan percobaan keempat yaitu uji PGPB (*Plant Growth Promoting*

Bacteria), disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2018–Juni 2019 bertempat di Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Hasil penelitian menyatakan bahwa dari 161 isolat bakteri rizosfer yang diuji, sebanyak 160 isolat bakteri mampu berperan sebagai antagonis jamur *G. boninense*, 123 isolat bakteri mampu melarutkan fosfat dan tidak satupun bakteri yang diuji berperan sebagai pereduksi kitin. Sebanyak 5 isolat terpilih (PB I-12 (3) 2, PR A-29 (1) 2, SM H-11 (2), SM I-18 (2), dan SM J-22 (2) 2) diuji lebih lanjut kemampuannya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Kelima isolat bakteri terpilih merupakan isolat bakteri yang konsisten memberikan hasil yang baik pada uji antagonis (daya hambat >50%), uji kitinolitik (nilai indeks kitinolitik >3 cm), dan uji pelarut fosfat (nilai indeks pelarut fosfat >3 cm). Hasil pengujian menyatakan bahwa kelima isolat bakteri yang diuji tidak berperan sebagai PGPB.

Kata kunci: Antagonis, bakteri rizosfer, kelapa sawit, pelarut fosfat, pereduksi kitin, PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*).

**KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER KELAPA SAWIT DI PT
BUMITAMA GUNAJAYA AGRO, KALIMANTAN SEBAGAI
ANTAGONIS JAMUR *Ganoderma boninense* Pat. DAN PEMACU
PERTUMBUHAN TANAMAN**

Oleh

Tari Yati

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER
KELAPA SAWIT DI PT BUMITAMA
GUNAJAYA AGRO, KALIMANTAN
SEBAGAI ANTAGONIS JAMUR
Ganoderma boninense Pat. DAN
PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN**

Nama Mahasiswa : **Jari Yati**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514121053

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Radix Sunharjo, S.P., M.Agr.
NIP 198106212005011003


Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.
NIP 196603041990122001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

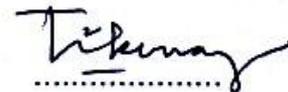
Ketua : **Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.**



Sekretaris : **Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.**



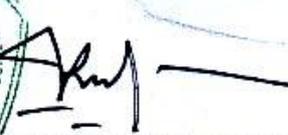
Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **26 September 2019**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER KELAPA SAWIT DI PT BUMITAMA GUNAJAYA AGRO, KALIMANTAN SEBAGAI ANTAGONIS JAMUR *Ganoderma boninense* Pat. DAN PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN**" merupakan hasil karya sendiri, bukan orang lain. Semua yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari skripsi ini terbukti merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Oktober 2019
Penulis



Tari Yati
NPM 1514121053

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Giham Sukamaju, Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung pada tanggal 24 oktober 1996. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Tarwan dan Ibu Sadirah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Giham Sukamaju pada tahun 2009, SMPN 1 Sekincau pada tahun 2012, dan SMAN 1 Sekincau pada tahun 2015. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung Jurusan Agroteknologi melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada tahun 2018 di Desa Marga Jaya Indah, Kecamatan Pagar Dewa, Kabupaten Tulang Bawang Barat, Provinsi Lampung. Pada tahun yang sama penulis melaksanakan Praktik Umum di Balai Karantina Pertanian Kelas 1 Bandar Lampung. Penulis pernah aktif dalam organisasi Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) sebagai anggota Bidang Dana dan Usaha (Danus). Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten mata kuliah Pengendalian Hama Tanaman (2018), Entomologi Pertanian (2018), Karantina Tumbuhan (2019) dan Hama Nir Serangga (2019).

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini sebagai ungkapan terima kasihku untuk:

1. Kedua orang tuaku tercinta, Bapak Tarwan dan Ibu Sadirah, yang senantiasa mendoakan dan mengiringi langkahku dengan segala daya serta tiada henti memberikan nasihat, doa, bimbingan, dan curahan kasih sayang.
2. Kakak dan adikku, Yati Oktavia Puspita Dewi, Maria Ulfa dan Andika Saputra, terimakasih atas doa, perhatian dan dukungannya selama ini, semoga kita bisa menjadi putra-putri yang selalu membanggakan orang tua.

Karya sederhana ini ku bingkiskan untuk:

1. Teman-teman seperjuangan Agroteknologi 2015.
2. Almamaterku Universitas Lampung sebagai tempatku mencari ilmu.

MOTTO

“Dan boleh jadi kamu membenci sesuatu tetapi ia baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu tetapi ia buruk bagimu, dan Allah mengetahui dan kamu tidak mengetahui.”

(Q. S Al Baqarah :216)

"Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil; kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik."

(Evelyn Underhill)

“Jangan menunggu karena tak akan ada waktu yang tepat. Mulailah dari sekarang, dan berusahalah dengan segala yang ada, dan seiring waktu akan ada cara yang lebih baik asalkan tetap berusaha”

(Napoleon Hill)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia yang senantiasa dicurahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Kemampuan Bakteri Rizosfer Kelapa Sawit di PT Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan sebagai Antagonis Jamur *Ganoderma boninense* Pat. dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman**”.

Selama penelitian, penulis telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Prof.Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S., selaku Ketua Bidang Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku pembimbing utama yang telah memberikan ilmu, bimbingan, nasehat, saran, masukan serta mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran selama penulis melakukan penelitian dan penulisan skripsi hingga selesai.
5. Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., selaku pembimbing kedua yang telah

memberikan bimbingan, nasehat, masukan, saran, dan ide selama penulis melakukan penelitian dan penulisan skripsi hingga selesai.

6. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku pembahas yang telah banyak memberikan semangat, masukan, kritik, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik
7. Ir. Solikhin, M.P., selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan saran dan nasihat kepada penulis.
8. Kedua orang tua tercinta Bapak Tarwan dan Ibu Sadirah yang selalu memberikan kasih sayang, cinta, nasehat, motivasi dan doa yang tak henti-hetinya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
9. Kakak dan adik tercinta Yati Oktavia Puspita Dewi, Maria Ulfa dan Andika Saputra yang selalu sabar dalam memberi cinta, semangat, dan doa sampai penulis dapat menyelesaikan skripsi.
10. Nenek tercinta Alm. Gini yang selalu memberikan kasih sayang, cinta, nasehat, motivasi dan doa kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
11. Tim penelitian Ridho Asmara dan Usi Enggar Amalia atas bantuan dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
12. Teman-teman seperjuangan Meuly, Dwi, Anis, Anggi, Ikhwan, Nando, Oded, Mia, Mutiara, Adriyana, Vicli, dan Imam atas persahabatan, bantuan, dan motivasi yang diberikan kepada penulis.
13. Yeyen Ilmia Sari, Rully Yosita, Bihikmi Semenguk, Ika Rachma Pangesti, Eryka Merdiana, Lita Theresia Pasaribu, Diah Ayu Astuti, Mei Sri Haryani,

Lily Agustini Waruwu, atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

14. Sahabat-sahabat tercinta Leni, Pera, Fifi, Puspa, Gangga, Fiya, Resi, Fitri, Ekaf, Hamida, Okvi, Della, Restika, Esi, Risca, Meli, Endang, Martatia atas doa, dukungan, dan kebersamaan yang tak terlupakan.

15. Andri Safrizal atas semangat, doa, motivasi, dukungan, bantuan, dan kebersamaan yang tak terlupakan.

16. Keluarga Agroteknologi 2015 yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, Agustus 2019

Penulis

Tari Yati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kelapa Sawit	6
2.2 Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang (<i>Ganoderma boninense</i>)	7
2.3 Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang	7
2.4 Rizosfer dan Bakteri Rizosfer	8
2.5 <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR).....	9
2.6 Bakteri Pelarut Fosfat.....	10
2.7 Bakteri Antagonis.....	10
2.8 Bakteri Pereduksi Kitin	11
III. BAHAN DAN METODE	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metode Penelitian.....	15
3.4 Tata Laksana Penelitian	16

3.4.1 Peremajaan Isolat Bakteri	16
3.4.2 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Antagonis.....	16
3.4.2.1 Penyiapan Isolat <i>Ganoderma boninense</i>	16
3.4.2.2 Pengujian Antagonis	16
3.4.3 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Pelarut Fosfat.....	18
3.4.4 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Pereduksi Kitin	20
3.4.4.1 Pembuatan Koloidal Kitin	20
3.4.4.2 Pembuatan Kitin Agar	20
3.4.5 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman atau <i>Plant Growth Promoting Bacteria</i> (PGPB) ...	21
3.4.5.1 Persiapan Media Tanam dan Suspensi Bakteri.....	22
3.4.5.2 Penyemaian Benih	22
3.4.5.3 Pindah Tanam dan Pemeliharaan.....	23
3.4.5.4 Pengamatan	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Penelitian	26
4.1.1 Kemampuan Antagonis Bakteri Rizosfer terhadap <i>Ganoderma boninense</i>	26
4.1.2 Kemampuan Bakteri Rizosfer sebagai Pelarut Fosfat.....	29
4.1.3 Kemampuan Bakteri Rizosfer sebagai Pereduksi Kitin	33
4.1.4 Uji Kemampuan Isolat Bakteri Rizosfer sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman.....	33
4.2 Pembahasan	35
4.2.1 Kemampuan Antagonis Bakteri Rizosfer terhadap <i>Ganoderma boninense</i>	35
4.2.2 Bakteri Rizosfer sebagai Pelarut Fosfat.....	37
4.2.3 Bakteri Rizosfer sebagai Pereduksi Kitin	38
4.2.4 Uji Kemampuan Isolat Bakteri sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman	39
V. SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan.....	41
5.2 Saran	41

DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	46
Tabel 6-22	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kode isolat bakteri rizosfer kelapa sawit PT Bumitama Gunajaya Agro Kalimantan.....	14
2. Daya antagonisme bakteri rizosfer kelapa sawit terhadap jamur <i>Ganoderma Boninense</i> dengan nilai penghambatan >50%	27
3. Nilai <i>Solubilization Indeks</i> (SI) isolat-isolat bakteri rizosfer kelapa sawit yang ditumbuhkan pada media <i>pikovskaya</i> padat.....	30
4. Isolat terpilih yang diuji kemampuannya sebagai bakteri PGPB.....	34
5. Data hasil pengamatan pada semua peubah yang diamati	35
6. Nama isolat bakteri rizosfer kelapa sawit PT Bumitama Gunajaya Agro Kalimantan.....	47
7. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap tinggi tanaman mentimun setelah 20 hst.....	49
8. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap Tinggi tanaman mentimun setelah 20 hst	49
9. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap jumlah daun Mentimun setelah 20 hst	49
10. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer jumlah daun tanaman mentimun setelah 20 hst	50
11. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap panjang akar Mentimun setelah 21 hst	50
12. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap Panjang akar tanaman mentimun setelah 21 hst	50
13. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap kehijauan daun mentimun setelah 21 hst.....	51

14. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap Kehijauan daun tanaman mentimun setelah 21 hst.....	51
15. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap bobot basah tajuk Tanaman mentimun setelah 21 hst.....	51
16. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap Bobot basah tajuk tanaman mentimun setelah 21 hst	52
17. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap bobot kering tajuk mentimun setelah 21 hst.....	52
18. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap bobot Kering tajuk tanaman mentimun setelah 21 hst.....	52
19. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap bobot basah akar Tanaman mentimun setelah 21 hst.....	53
20. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap bobot Basah akar tanaman mentimun setelah 21 hst	53
21. Pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap bobot kering akar Tanaman mentimun setelah 21 hst.....	53
22. Analisis ragam pengujian PGPB isolat bakteri rizosfer terhadap Bobot kering akar tanaman mentimun setelah 21 hst	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema uji antagonis isolat bakteri rizosfer kelapa sawit (A) dan isolat jamur <i>Ganoderma boninense</i> (B)	18
2. Skema uji pelarut fosfat isolat bakteri rizosfer kelapa sawit.....	20
3. Skema uji pereduksi kitin bakteri rizosfer kelapa sawit.....	22
4. Persentase penghambatan uji antagonis >50% (a), persentase penghambatan uji antagonis <50% (b), persentase penghambatan 0% (c), dan Kontrol (d).	29
5. Hasil uji pelarut fosfat positif (a), negatif (b).....	32
6. Kemampuan bakteri pelarut fosfat	32
7. Hasil uji pereduksi kitin negatif.	33
8. Pertumbuhan tanaman mentimun pada uji PGPB. PB I-12 (3) 2 (a), PR A-29 (1) 2 (b), SM H-11 (1) (c), SM I-18 (2) (d), SM J-22 (2) 2 (e) dan Kontrol (f).....	34

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditi ekspor Indonesia yang cukup penting sebagai penghasil devisa negara sesudah minyak dan gas. Produk utama dari tanaman ini berupa minyak sawit (*crude palm oil*) dan minyak inti sawit (*palm kernel oil*). Minyak kelapa sawit merupakan komoditas yang mempunyai nilai strategis sebagai bahan baku utama pembuatan minyak makan. Sementara minyak makan merupakan salah satu dari 9 kebutuhan pokok bangsa Indonesia. Permintaan akan minyak makan di dalam dan luar negeri yang kuat merupakan indikasi pentingnya peranan komoditas kelapa sawit dalam perekonomian bangsa (Pahan, 2007).

Kelapa sawit di Indonesia terus berkembang dari tahun ke tahun, baik dari segi pertambahan luas areal maupun peningkatan produksi tanaman. Pada tahun 2016, menurut data sementara Badan Pusat Statistik (BPS) areal perkebunan kelapa sawit tercatat seluas 11,20 juta ha, meningkat sebesar 25,27 % menjadi 14,03 juta ha pada tahun 2017. Peningkatan luas areal perkebunan kelapa sawit berbanding lurus dengan peningkatan produksi tanaman kelapa sawit. Pada tahun 2016 tercatat produksi kelapa sawit sebesar 31,73 juta ton meningkat sebesar 19,16 % menjadi 37,81 juta ton pada tahun 2017 (Badan Pusat Statistik, 2018).

Peningkatan produksi merupakan tolak ukur yang riil dalam keberhasilan pengelolaan tanaman kelapa sawit yang merupakan output terpenting secara ekonomis. Saat ini, produksi kelapa sawit di Indonesia sebenarnya masih bisa ditingkatkan. Namun begitu, terdapat banyak faktor yang menghambat peningkatan produksi kelapa sawit di Indonesia salah satunya berasal dari serangan patogen tanaman. Patogen utama yang menyerang kelapa sawit di Indonesia adalah jamur *Ganoderma boninense* yang menyebabkan penyakit busuk pangkal batang (BPB) (Prawiratama *et al.*, 2014). *G. boninense* merupakan patogen yang paling destruktif. Patogen ini tidak hanya menyerang tanaman tua, tetapi juga yang masih muda. Kerugian yang ditimbulkan oleh serangan *G. boninense* dapat mencapai 50% (Prasetyo *et al.*, 2008), dengan penurunan produksi hingga mencapai 80% (Susanto, 2002).

Susanti (2014) melaporkan bahwa serangan jamur *Ganoderma* pada kelapa sawit menjadi dominan karena terjadi ketidakseimbangan agroekosistem di perkebunan kelapa sawit dan sedikitnya mikroorganisme kompetitor dalam tanah. Beberapa laporan menyebutkan bahwa di sekitar rizosfer tanaman terdapat berbagai mikroba yang mempunyai berbagai peranan. Beberapa mikroba yang ditemukan di sekitar rizosfer tanaman dilaporkan mampu berperan sebagai antagonis (Sumacipta, 2013), pelarut fosfat dan memacu pertumbuhan tanaman dengan mensintesis hormon IAA (Susanti, 2014), pereduksi kitin (Mahagiani, 2008), namun ada juga yang berperan sebagai patogen tanaman (Sumacipta, 2013).

Di laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung terdapat 161 isolat bakteri yang berhasil diisolasi dari rizosfer tanaman kelapa

sawit di PT Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan. Namun begitu, hingga saat ini peranan masing-masing isolat tersebut belum diketahui secara pasti, khususnya peranannya sebagai antagonis, pelarut fosfat, pereduksi kitin, pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) dan sebagai patogen.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan isolat bakteri rizosfer kelapa sawit sebagai antagonis jamur *G. boninense*.
2. Mengetahui kemampuan isolat bakteri rizosfer kelapa sawit sebagai pelarut fosfat.
3. Mengetahui kemampuan isolat bakteri rizosfer kelapa sawit sebagai pereduksi kitin.
4. Mengetahui kemampuan isolat bakteri rizosfer kelapa sawit sebagai pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB).

1.3 Kerangka Pemikiran

Potensi *G. boninense* sebagai patogen tular tanah sangat berkaitan dengan keragaman dan kelimpahan mikroba terutama pada rizosfer. Rizosfer merupakan daerah yang ideal bagi tumbuh dan berkembangnya mikroba tanah, termasuk di dalamnya agen pengendali hayati. Nutrisi yang disekresikan tanaman ke dalam rizosfer akan mempengaruhi kelimpahan dan keragaman mikroba di daerah tersebut. Pada kepadatan volume akar tertentu dan dengan semakin kaya

kandungan bahan organik pada rizosfer, maka akan semakin beragam dan berlimpah mikroba tanah yang menguntungkan (Kuswinanti *et al.*, 2014).

Bakteri yang diisolasi dari perakaran tanaman kelapa sawit mampu menghasilkan enzim kitinase yang dapat menghambat pertumbuhan jamur *G. boninense*.

Aktivitas penghambatan jamur *G. boninense* dilakukan dengan cara mendegradasi kitin yang merupakan komponen utama dinding sel jamur (Wibowo *et al.*, 2017).

Hasil penelitian Susanti (2014) menunjukkan bahwa ditemukan sebanyak 8 jenis bakteri hasil isolasi dari perakaran tanaman kelapa sawit yang bersifat antagonis terhadap jamur *G. boninense*. Selain itu, bakteri yang diisolasi dari rizosfer tanaman kentang bersifat antagonis terhadap patogen *R. solanacearum* dan *F. Oxysporum* (Kuswinanti *et al.*, 2014). Mekanisme antagonisme yang dihasilkan oleh bakteri dapat berupa antibiosis dan kompetisi nutrisi. Mekanisme antibiosis bakteri berkaitan erat dengan kemampuan isolat bakteri dalam menghasilkan enzim seperti kitinase, protease, selulase maupun senyawa sekunder lainnya yang berperan dalam menginduksi ketahanan tanaman (Sumacipta, 2013).

Rizobakteri dari kelompok *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas* spp. mampu melarutkan fosfat (Sutariati *et al.*, 2006). Selain itu, bakteri yang diisolasi dari tanah perakaran berbagai jenis tanaman (melinjo, gamal, semangka, ubi jalar, lamtoro, kelapa sawit, dll.) mampu melarutkan fosfat. Isolat bakteri yang mampu melarutkan fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri yang ditumbuhkan pada media *pikovskaya* padat. Zona bening di sekitar koloni bakteri merupakan tanda adanya aktivitas bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan P terikat (Purwaningsih, 2012).

Bakteri *Pseudomonas* spp. and *Bacillus* spp. mampu berperan sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan penginduksi ketahanan sistemik. Bakteri mampu memacu pertumbuhan tanaman dengan mekanisme menghasilkan fitohormon, nitrogen, siderofor, pelarut fosfat, dan mensintesis hormon tumbuh *Indole-3-Acetic-Acid* (IAA) (Botelho, 2006). Isolat bakteri yang berhasil diisolasi dari rizosfer tanaman suren dan tanaman belimbing juga dilaporkan mampu menghasilkan senyawa IAA dengan konsentrasi cukup tinggi yang dapat meningkatkan produksi rambut akar sehingga penyerapan nutrisi oleh tanaman menjadi lebih optimal (Firdausi, 2018).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bakteri rizosfer kelapa sawit ada yang mampu berperan sebagai antagonis jamur *G. boninense*.
2. Bakteri rizosfer kelapa sawit ada yang mampu berperan sebagai pelarut fosfat.
3. Bakteri rizosfer kelapa sawit ada yang mampu berperan sebagai pereduksi kitin.
4. Bakteri rizosfer kelapa sawit ada yang mampu berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*oil palm*) dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Ordo : Palmales
Famili : Palmae
Sub-famili : Cocoidae
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis guineensis*

Sebagai tanaman jenis palma, kelapa sawit tidak memiliki akar tunggang dan akar cabang. Batang kelapa sawit tumbuh tegak lurus ke atas. Batang berbentuk silindris dan berdiameter 40-60 cm, tetapi pada pangkalnya membesar (Setyamidjaja, 2006).

Kelapa sawit tumbuh dengan baik pada dataran rendah di daerah tropis yang beriklim basah, yaitu sepanjang garis khatulistiwa antara 23,5° lintang utara sampai 23,5° lintang selatan. Tanaman kelapa sawit membutuhkan intensitas cahaya matahari yang cukup tinggi untuk melakukan fotosintesis, kecuali pada kondisi *juvenile* di *pre-nursery*. Tanaman kelapa sawit di perkebunan komersial dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 24-28 °C, suhu maksimal berkisar 38 °C dan suhu minimal berkisar 8 °C (Pahan, 2007).

2.2 Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Ganoderma boninense*)

Busuk pangkal batang pada kelapa sawit disebabkan oleh *G. boninense* (Semangun, 1999). *Ganoderma boninense* merupakan jamur tular tanah yang mampu menyebabkan kematian kelapa sawit hingga 80% di beberapa perkebunan sawit di Indonesia. Dalam dunia botani, semua tumbuhan diklasifikasikan untuk memudahkan dalam identifikasi secara ilmiah. Metode pemberian nama ilmiah (Latin) ini dikembangkan oleh Carolus Linnaeus. Klasifikasi *G. boninense* adalah sebagai berikut:

Divisi	: Eumycophyta
Klas	: Basidiomycetes
Ordo	: Polypolaceae
Genus	: Ganoderma
Spesies	: <i>Ganoderma boninense</i>

Pada umumnya famili polypolaceae memiliki tubuh buah berbentuk seperti kipas dan keras. Tubuh buah jamur ini dapat berumur sampai beberapa tahun. Tubuh buah *Ganoderma* dapat ditemukan di bagian pangkal batang kelapa sawit (Susanto, 2008).

2.3 Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang

Pengendalian penyakit busuk pangkal batang harus dilakukan melalui pendekatan ekologis. Hal ini terbukti dari perbaikan kesehatan tanah melalui teknik budidaya kelapa sawit dengan menggunakan pupuk organik dan kimia secara berimbang sehingga memperpanjang produktivitas kelapa sawit dan mencegah melemahnya kekuatan fisik kelapa sawit. Bahkan perbaikan tanah disekitar tanaman yang sakit dapat memulihkan kembali tanaman tersebut dan dapat kembali memberikan hasil yang diharapkan. Perawatan yang intensif dapat memperpanjang usia ekonomis

kelapa sawit yang tadinya terinfeksi. Aplikasi agens biokontrol seperti *Trichoderma*, *Gliocladium*, dan cendawan endofit lainnya juga dapat membantu menghambat perkembangan penyakit tersebut (Priyatno, 2012).

2.4 Rizosfer dan Bakteri Rizosfer

Rizosfer merupakan daerah di sekitar perakaran tanaman yang mendukung perkembangan dan aktivitas diversitas komunitas mikroba termasuk kemampuan dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Rizosfer juga merupakan daerah perakaran dan tersedia di dalamnya gula sederhana dan asam amino untuk kelangsungan hidup mikroorganisme. Komponen-komponen yang terdapat pada rizosfer secara ekologi berkontribusi terhadap berbagai macam sifat dan interaksi di dalamnya. Secara ekologi, komponen-komponen rizosfer meliputi tanaman, tanah, mikroorganisme, nematoda dan protozoa. Bakteri merupakan mikroorganisme yang paling melimpah di rizosfer. Bakteri bertindak sebagai perantara siklus biogeokimia, mendukung perolehan nutrisi, dan perlindungan terhadap tanaman inang (Nasution dan Aditiawati, 2016).

Area akar tanaman merupakan tempat berkembangbiak yang baik bagi pertumbuhan mikroba terutama bagi rhizobakteri. Hubungan antara bakteri dan akar tanaman akan meningkatkan ketersediaan kebutuhan nutrisi bagi keduanya. Rhizosfer merupakan habitat yang sangat baik bagi pertumbuhan bakteri oleh karena itu, akar tanaman menyediakan berbagai bahan organik yang umumnya menjadi tempat pertumbuhan mikroba. Semakin kaya kandungan bahan organik pada rizosfer, maka akan semakin beragam dan berlimpah mikroba tanah yang didapatkan. Mikroba rizosfer dapat memberi keuntungan bagi tanaman.

Mikroba dapat melarutkan dan menyediakan mineral seperti N,P, Fe dan unsur lain, disamping itu mikroba dapat menghasilkan auxin dan giberelin yang dapat menstimulir pertumbuhan tanaman. Mikroba menguntungkan akan menghambat pertumbuhan bakteri atau jamur lain yang patogenik dengan menghasilkan antibiotik. Contoh spesies mikroba golongan bakteri yang telah banyak diteliti dapat merangsang pertumbuhan tanaman adalah *Pseudomonas fluorescens* (Sumarsih, 2003).

2.5 Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

Plant Growth Promoting Rhizobacteria merupakan mikroba tanah yang terdapat pada akar tanaman yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan perlindungan terhadap patogen tertentu. Mikroba PGPR mampu menghasilkan zat pengatur tumbuh (ZPT) seperti auxin, giberellin dan sitokinin, serta mampu berperan sebagai pelarut fosfat dan fiksasi nitrogen. ZPT merupakan senyawa yang sangat vital guna mengawali, menginisiasi terjadinya pertumbuhan tanaman, berperan penting dari pertumbuhan perakaran sampai pembentukan buah. ZPT yang dihasilkan oleh mikroba perakaran manfaatnya jauh lebih baik dibanding ZPT yang disintesis melalui reaksi kimia biasa (Dewi *et al.*, 2015).

Tanaman umumnya akan tumbuh lebih baik ketika terkolonisasi oleh bakteri yang bersifat sebagai PGPR. Hal ini terjadi karena bakteri PGPR mampu menghasilkan hormon pengatur tumbuh seperti *Indole-3-Acetic-Acid* (IAA) yang merupakan salah satu produk metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri. IAA merupakan hormon tumbuh yang memegang peranan penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Dewi *et al.*, 2015).

2.6 Bakteri Pelarut Fosfat

Bakteri yang diketahui dapat melarutkan fosfat adalah bermacam-macam spesies dari genera *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Streptomyces*, dan *Flavobacterium*. Spesies-spesies bakteri yang mempunyai daya tinggi untuk melarutkan fosfat adalah *Pseudomonas striata*, *P. rathonis*, *Bacillus polymyxa*, dan *Bacillus megaterium*. Semua bakteri tersebut mempunyai kemampuan yang stabil dalam melarutkan P tidak tersedia dalam tanah dan batu fosfat. Selain bakteri, berbagai jamur yang diketahui dapat melarutkan fosfat adalah bermacam-macam spesies dari genera *Aspergillus*, *Penicillium* dan *khamir*. *Aspergillus niger* merupakan salah satu jamur yang mempunyai daya tinggi untuk melarutkan fosfat (Sumarsih, 2003).

2.7 Bakteri Antagonis

Bakteri antagonis merupakan bakteri yang mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen. Bakteri yang mempunyai potensi sebagai agen antagonis antara lain *Pseudomonas* spp. dan *Bacillus* spp. melalui mekanisme antibiosis dengan menghasilkan senyawa penghambat (senyawa anti-mikrobia) diantaranya antibiotik, enzim litik, alkaloid, siderofor, atau zat toksik lainnya (Haggag dan Mohamed, 2007). Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi bakteri sebagai agensia antagonis adalah dengan melihat karakter fisiologisnya. Beberapa karakter fisiologis yang dapat digunakan di antaranya kemampuan bakteri menghasilkan enzim ekstraseluler (kitinase, protease, dan selulase), hidrogen sianida (HCN), pelarut fosfat, dan aktivitas fluoresensi. Bakteri rizosfer yang efektif sebagai bakteri antagonis apabila

memiliki kemampuan daya hambat >50% (Dewi, 2015)

2.8 Bakteri Pereduksi Kitin

Mikroba adalah sumber enzim yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan tanaman dan hewan. Sebagai sumber enzim, mikroba lebih menguntungkan karena pertumbuhannya cepat, dapat tumbuh pada substrat yang murah dan lebih mudah ditingkatkan hasilnya melalui pengaturan kondisi pertumbuhan. Mikroba kitinolitik merupakan jenis mikroba yang menarik untuk diisolasi dan dimanfaatkan sebagai penghasil kitinase karena mampu menghidrolisis kitin jamur penyebab penyakit tanaman. Kitinase merupakan enzim yang menghidrolisis polimer kitin menjadi oligomer kitin atau monomer N-asetilglukosamin (Suryadi *et al.*, 2013).

Pemanfaatan mikroba kitinolitik merupakan salah satu cara pengendalian hayati OPT yang efektif untuk jamur patogen tanaman, karena mekanisme pengendaliannya tidak tergantung pada ras patogen dan tidak merangsang timbulnya resistensi. Pengendalian hayati jamur dengan menggunakan mikroba kitinolitik didasarkan pada kemampuannya dalam menghasilkan kitinase dan β -1,3-glukanase yang dapat melisis sel jamur. Kitinase yang diproduksi mikroba dapat menghidrolisis struktur kitin, senyawa utama penyusun dinding sel tabung kecambah konidia dan miselia, sehingga jamur tidak mampu menginfeksi tanaman. Mikroba kitinolitik memiliki kemampuan memproduksi kitinase dan memanfaatkan kitinase untuk asimilasi kitin sebagai sumber Karbon dan Nitrogen (Wu *et al.*, 2001).

Mikroba prokariot pendegradasi kitin lainnya yang telah diketahui adalah *Photobacterium*, *Actinomycetes*, *Streptomyces* dan *Clostridium* (Thompson *et al.*, 2001). Beberapa spesies bakteri yang telah dipelajari antara lain *Bacillus cereus*, *B. lichenformis*, *Clostridium paraputrificum*, *Enterobacter* sp., *Alteromonas* sp., *Micrococcus colpogenes*, *Serratia marcescens*, *Vibrio harveyi* dan *Pyrococcus* (Gao *et al.*, 2003).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian dan Rumah Kaca, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2018-Juni 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, tabung erlenmeyer, gelas ukur, pembakar bunsen, jarum ose, bor gabus, *rotamixer*, *micropipet*, *microwave*, timbangan elektrik, *magnetic stirrer*, pinset, nampan plastik, penggaris, *aluminium foil*, plastik tahan panas, gunting, plastik wrap, *laminar air flow* (LAF), *autoclave*, gelas beaker, karet gelang, pisau dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat jamur *Ganoderma boninense* koleksi laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, 161 isolat bakteri rizosfer kelapa sawit PT Bumitama Guanjaya Agro Kalimantan (rincian identitas isolat dapat dilihat pada Tabel 1), media *potato dextrose agar* (PDA), media *yeast peptone agar* (YPA), media *plate count agar* (PCA; OXOID[®], Inggris) + (*pepton*; OXOID[®], Inggris), media *water agar* (WA),

Tabel 1. Kode isolat bakteri rizosfer kelapa sawit PT Bumitama Gunajaya Agro Kalimantan

No.	Kode Isolat	No.	Kode Isolat	No.	Kode Isolat	No.	Kode Isolat	No.	Kode Isolat	No.	Kode Isolat
1	PB E-18 (1) 1	28	PB I-7 (3) 2	55	PS H-39 Ga(3) 2	82	PR A-24 (3) 5	109	PR C-30 Ga (1) 1	136	SM H-11 (2)
2	PB E-18 (1) 2	29	PB I-7 (3) 3	56	PS H-41 (1)	83	PR A-29 (1) 1	110	PR C-30 Ga (1) 2	137	SM H-11 (3) 1
3	PB E-18 (2)	30	PB J-14 (1) 1	57	PS H-41 (2) (1)	84	PR A-29 (1) 2	111	PR C-30 Ga (2)	138	SM H-11 (3) 2
4	PB E-18 (3) 1	31	PB J-14 (1) 2	58	PS H-41 (2) 2	85	PR A-32 (1) 1	112	PR C-30 Ga (3)	139	SM H-29 (1)
5	PB E-18 (3) 2	32	PB J-14 (1) 3	59	PS H-41 (2) 3	86	PR A-32 (1) 2	113	PG A-11 (1)	140	SM H-29 (3) 1
6	PB I-12 (1) 1	33	PB J-14 (1) 4	60	PS H-41 (3) 1	87	PR A-32 (2) 1	114	PG A-11 (3)	141	SM H-29 (3) 2
7	PB I-12 (1) 2	34	PB J-14 (1) 5	61	PS H-41 (3) 2	88	PR A-32 (2) 2	115	PG B-2 (1)	142	SM I-18 (1)
8	PB I-12 (1) 3	35	PB J-14 (2) 1	62	PS H-43 (1) 1	89	PR A-32 (3) 1	116	PG B-2 (3) 1	143	SM I-18 (2)
9	PB I-12 (2) 1	36	PB J-14 (2) 2	63	PS H-43 (1) 2	90	PR A-32 (3) 2	117	PG B-2 (3) 2	144	SM I-18 (3)
10	PB I-12 (2) 2	37	PB J-14 (2) 3	64	PS H-43 (1) 3	91	PR A-32 (3) 3	118	PG B-7 (1) 1	145	SM I-27 (1) 1
11	PB I-12 (2) 3	38	PB J-14 (2) 4	65	PS H-43 (2)	92	PR A-32 (3) 4	119	PG B-7 (1) 2	146	SM I-27 (1) 2
12	PB I-12 (2) 4	39	PB J-14 (3) 1	66	PS H-43 (3) 1	93	PR B-30 (1)	120	PG B-7 (1) 3	147	SM I-27 (1) 3
13	PB I-12 (3) 1	40	PB J-14 (3) 2	67	PS H-43 (3) 2	94	PR B-30 (2) 1	122	PG B-7 (1) 4	148	SM I-27 (1) 4
14	PB I-12 (3) 2	41	PB J-14 (3) 3	68	PS H-45 (1)	95	PR B-30 (2) 2	122	PG B-7 (2) 1	149	SM I-27 (2) 1
15	PB I-12 (3) 3	42	PB J-14 (3) 4	69	PS H-45 (2)	96	PR B-30 (2) 3	123	PG B-7 (2) 2	150	SM I-27 (2) 2
16	PB I-12 (3) 4	43	PB J-14 (3) 5	70	PS H-45 (3)	97	PR B-30 (2) 4	124	PG B-7 (3) 1	151	SM I-27 (3) 1
17	PBI-12 Ga(1) 1	44	PB J-5 (1) 1	71	PS H-46 (1)	98	PR C-30 (1) 1	125	PG B-7 (3) 2	152	SM I-27 (3) 2
18	PB I-12 Ga (1) 2	45	PB J-5 (1) 2	72	PS H-46 (2)	99	PR C-30 (1) 2	126	PG B-7 (3) 3	153	SM J-22 (1) 1
19	PB I-12 Ga(2) 1	46	PB J-5 (2)	73	PR A-24 (1) 1	100	PR C-30 (1) 3	127	PG C-12 (2)	154	SM J-22 (1) 2
20	PB I-12 Ga(2) 2	47	PB J-5 (3) 1	74	PR A-24 (1) 2	101	PR C-30 (2) 1	128	PG C-4 (1)	155	SM J-22 (1) 3
21	PB I-12 Ga(2) 3	48	PB J-5 (3) 2	75	PR A-24 (2) 1	102	PR C-30 (2) 2	129	PG C-4 (2)	156	SM J-22 (1) 4
22	PB I-12 Ga(2) 4	49	PS H-39 (1)	76	PR A-24 (2) 2	103	PR C-30 (2) 3	130	PG C-4 (3) 1	157	SM J-22 (2) 1
23	PB I-12 Ga(2) 5	50	PS H-39 (2)	77	PR A-24 (2) 3	104	PR C-30 (2) 4	131	PG C-4 (3) 2	158	SM J-22 (2) 2
24	PB I-12 Ga(3)	51	PS H-39 (3) 1	78	PR A-24 (3) 1	105	PR C-30 (2) 5	132	PG C-4 (3) 3	159	SM J-22 (3) 1
25	PB I-7 (1) 1	52	PS H-39 (3) 2	79	PR A-24 (3) 2	106	PR C-30 (3) 1	133	PG C-4 Ga (1)	160	SM J-22 (3) 2
26	PB I-7 (1) 2	53	PS H-39 Ga(2)	80	PR A-24 (3) 3	107	PR C-30 (3) 2	134	PG C-4 Ga (2)	161	SM J-22 (3) 3
27	PB I-7 (3) 1	54	PS H-39 Ga (3) 1	81	PR A-24 (3) 4	108	PR C-30 (3) 3	135	SM H-11 (1)		

Keterangan : PB (Pundu Nabatindo Estate), PS (Pantai Mas Estate), PR (Panaga Raya Estate), PG (Plantaran Agro Estate), SM (Sungai Cempaga Estate).

media *pikovsvkaya* (HIMEDIA[®], India), media *potato peptone glucose agar* (PPGA), koloidal kitin, media kitinolitik, media *skim milk*, agar, kentang, tisu, alkohol 70 %, air steril, polibag, tanah steril, dan benih mentimun.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri atas empat percobaan. Percobaan pertama adalah uji antagonis bakteri rizosfer kelapa sawit terhadap jamur *G. boninense* dengan 161 perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Kemampuan antagonis bakteri yang diuji dikelompokkan berdasarkan besarnya nilai penghambatan. Percobaan kedua adalah uji pelarut fosfat secara *in vitro* dengan 161 perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Kemampuan bakteri sebagai pelarut fosfat dikelompokkan berdasarkan besarnya ukuran diameter zona bening. Percobaan ketiga adalah uji pereduksi kitin menggunakan media kitin agar dengan 161 perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Kemampuan bakteri sebagai pereduksi kitin dikelompokkan berdasarkan besarnya ukuran diameter zona bening.

Percobaan keempat adalah uji *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Lima isolat bakteri terpilih diuji kemampuannya sebagai *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Kelima isolat bakteri terpilih merupakan isolat bakteri yang konsisten memberikan hasil yang baik pada uji antagonis (daya hambat >50 %), uji kitinolitik (nilai indeks kitinolitik >3 cm) dan uji pelarut fosfat (nilai indeks pelarut fosfat >3 cm). Perlakuan terdiri dari lima isolat bakteri terpilih disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 ulangan. Analisis data yang digunakan adalah (1) Uji Bartlett untuk melihat homogenitas ragam antar perlakuan, (2) Uji Tukey untuk melihat additivitas data, dan (3) Analisis

ragam untuk melihat pengaruh perlakuan. Apabila terdapat perbedaan yang nyata antar nilai tengah akan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

3.4 Tata Laksana Penelitian

Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji kemampuan antagonis bakteri rizosfer terhadap jamur *G. boninense*, uji pelarut fosfat, uji pereduksi kitin, dan uji PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*). Penjabaran dari setiap uji tersebut sebagai berikut:

3.4.1 Peremajaan Isolat Bakteri

Isolat bakteri yang digunakan diperoleh dari hasil isolasi pada tanah rizosfer kelapa sawit PT Bumitama Gunajaya Agro, Kalimantan. Isolat bakteri diremajakan menggunakan media *potato peptone glucose agar* (PPGA) dalam tabung reaksi yang dimiringkan dengan metode penggoresan. Isolat bakteri yang telah digoreskan pada media agar miring diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam (bakteri harus berumur 24 jam sebelum dilakukan pengujian).

3.4.2 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Antagonis

3.4.2.1 Penyiapan Isolat *Ganoderma boninense*

Isolat *G. boninense* yang digunakan diambil dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Isolat *G. boninense* diisolasi pada media *potato dextrose agar-asam laktat* (PDA-AL) dalam cawan petri dengan menggunakan bor gabus kemudian diletakkan di tengah cawan.

Isolat *G. boninense* diinkubasi pada suhu ruang selama 5x24 jam (Isolat jamur *G. boninense* yang diuji adalah biakan yang berumur 5x24 jam).

3.4.2.2 Pengujian Antagonis

Uji antagonis bakteri dengan jamur *G. boninense* dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghambat patogen. Pengujian antagonis bakteri rizosfer terhadap jamur *G. boninense* dilakukan dengan cara menggoreskan isolat bakteri pada dua sisi medium dengan jarak 2,5 cm dari tepi cawan. Selanjutnya isolat jamur *G. boninense* yang sudah berumur 5 hari dengan diameter 0,5 cm diletakkan pada bagian tengah cawan (Gambar 1), lalu diinkubasi pada suhu kamar. Sedangkan pada kontrol, jamur *G. boninense* diletakkan pada bagian tengah cawan yang berisi media PDA tanpa diinokulasikan bakteri pada dua sisi medium. Pertumbuhan koloni jamur *G. boninense* diukur pada 7 hari setelah inokulasi (hsi).

Parameter pengukuran penghambatan bakteri diukur dengan mencatat diameter koloni jamur *G. boninense* pada cawan kontrol dan perlakuan. Persentase penghambatan bakteri terhadap jamur *G. boninense* dikelompokkan berdasarkan dua kategori yaitu tinggi (>50%) dan rendah (<50%) (Dewi, 2015).

Persentase penghambatan dihitung dengan rumus menurut Dwiastuti *et al.* (2015) sebagai berikut:

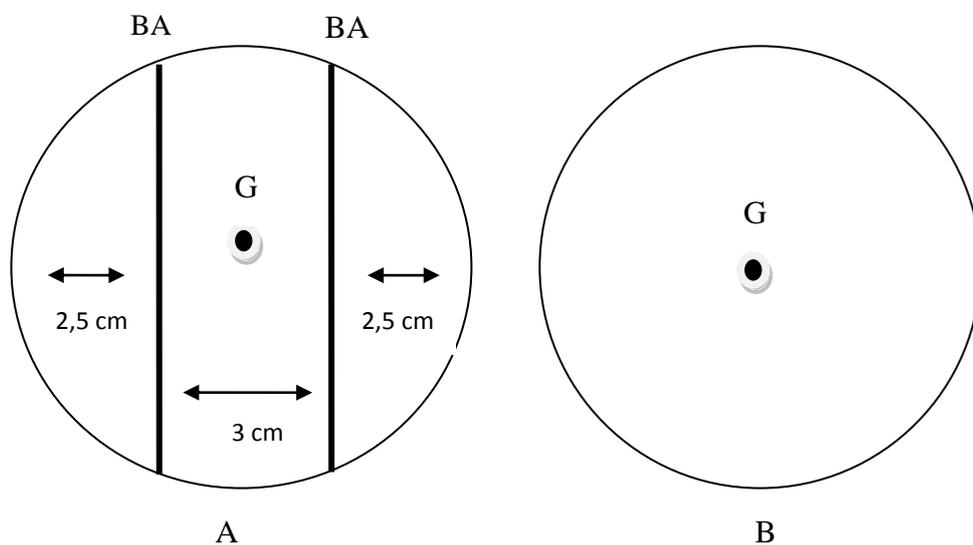
$$H: \frac{D1-D2}{D1} \times 100\%$$

Keterangan :

H = persentase penghambatan bakteri sebagai agens antagonis (%)

D1 = diameter pertumbuhan *G. boninense* pada kontrol (cm).

D2 = diameter pertumbuhan *G. boninense* pada tiap perlakuan (cm).



Gambar 1. Skema uji antagonis isolat bakteri rizosfer kelapa sawit. Cawan perlakuan (A), cawan kontrol (B), bakteri antagonis (BA), jamur *Ganoderma boninense* (G).

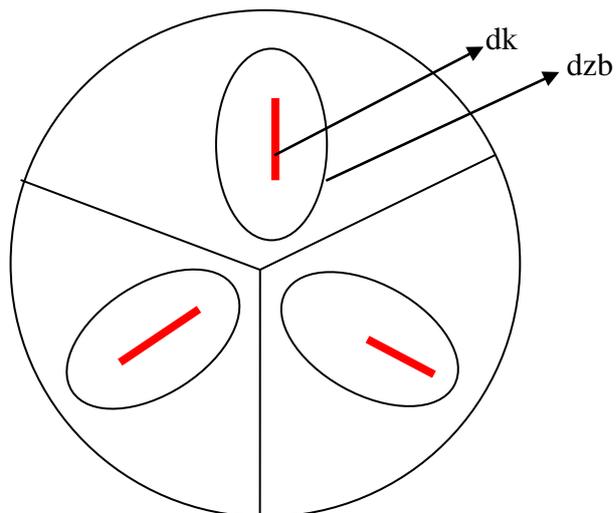
3.4.3 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Pelarut Fosfat

Uji pelarut fosfat dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam melarutkan P terikat. Pengujian bakteri rizosfer kelapa sawit sebagai pelarut fosfat menggunakan media *pikovskaya* (HIMEDIA[®], India) yang dibuat dengan cara mencampurkan 31,3 g media *pikovskaya* (HIMEDIA[®], India), 1000 ml

akuades, dan 2 g agar batang ke dalam erlenmeyer. Media *pikovskaya* dalam erlenmeyer dihomogenkan dan selanjutnya disterilisasi menggunakan *autoclave* selama 15 menit dengan tekanan 1 atm dan suhu 121^oC. Setelah media steril dan dalam keadaan hangat, media dituang ke dalam cawan petri. Setelah media *pikovskaya* dalam cawan petri memadat, bagian bawah cawan petri diberi garis menjadi 3 bagian (Gambar 2). Setiap bagian diinokulasikan isolat bakteri menggunakan jarum ose dengan cara digoreskan. Bagian pinggir cawan petri ditutup menggunakan plastik *wrap* untuk menghindari kontaminasi dari luar. Pengamatan pertumbuhan zona bening dilakukan setiap hari selama 7 hari. Pengamatan dilakukan menggunakan plastik transparan kemudian menggambar zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri rizosfer dengan spidol dan dihitung luas zona bening menggunakan kertas *milimeterblock*. Besarnya kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat dapat diketahui dengan cara menghitung nilai indeks pelarut fosfat. Nilai indeks pelarut fosfat diklasifikasikan menjadi 4 kategori yaitu tinggi (>3), sedang (>2-3), rendah (>1-2), dan sangat rendah (>0-1) (Matos *et al.*, 2017). Nilai indeks pelarut fosfat dihitung dengan rumus menurut Widawati (2015) sebagai berikut:

$$\text{Indeks Pelarutan Fosfat} = \frac{dk + dzb}{dk}$$

Keterangan: dk = Diameter koloni bakteri
dzb = Diameter zona bening



Gambar 2. Skema uji pelarut fosfat isolat bakteri rizosfer kelapa sawit. Diameter koloni (dk), diameter zona bening (dzb).

3.4.4 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Produksi Kitin

3.4.4.1 Pembuatan Koloidal Kitin

Koloidal kitin dibuat dengan menambahkan 6 g bubuk kitin (cangkang kepiting) ke dalam erlenmeyer yang berisi HCl 60 ml dan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Larutan kemudian disaring menggunakan *glass wool* dan ditambahkan dengan ethanol 200 ml. Selanjutnya, larutan disaring menggunakan *filter paper* dan dibilas dengan akuades hingga pH 7,0 (netral).

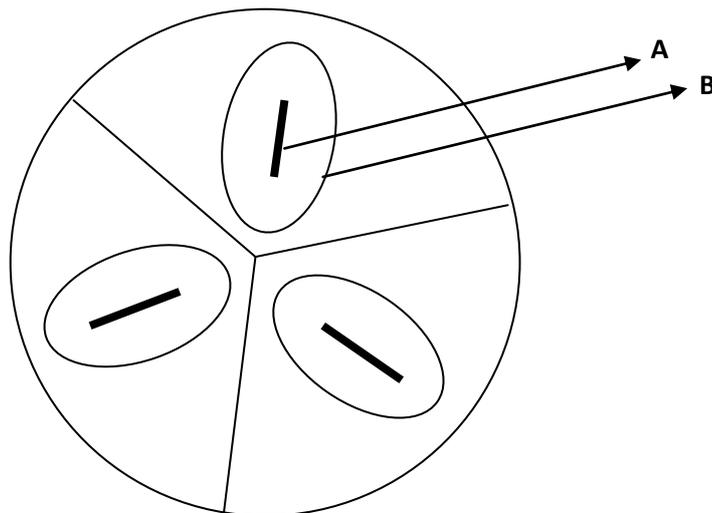
Koloidal kitin yang menempel pada filter paper dimasukkan dalam cawan petri dan disimpan pada ruang gelap dengan suhu 4°C.

3.4.4.2 Pembuatan Kitin Agar

Media kitinolitik atau kitin agar dibuat dengan cara mencampurkan 1 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0,2 g KH_2PO_4 ; 1,6 g K_2HPO_4 ; 0,2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,1 g NaCl; 0,01 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,02 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ditambahkan dengan 2% agar (20 g) dan

dilarutkan dengan 1000 ml akuades, serta ditambahkan 12 g koloidal kitin. Selanjutnya, media disterilisasi menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Media yang telah disterilisasi dituang ke dalam cawan petri ± 20 ml dan ditunggu hingga media memadat. Kemudian, bagian bawah cawan petri digaris menjadi 3 bagian (Gambar 3). Setiap bagian diinokulasikan isolat bakteri menggunakan jarum ose dengan cara digoreskan. Bagian pinggir cawan petri ditutup menggunakan plastik *wrap* untuk menghindari kontaminasi dari luar.

Pengamatan pertumbuhan zona bening dilakukan setiap hari selama 7 hari. Pengamatan dilakukan menggunakan plastik transparan kemudian menggambar zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri rizosfer dengan spidol dan dihitung luas zona bening menggunakan kertas *milimeterblock*. Besarnya kemampuan bakteri dalam mereduksi kitin dilihat dari besarnya luas zona bening yang terbentuk di sekitar koloni bakteri dan tingginya nilai indeks kitinolitik (IK). Indeks kitinolitik (IK) dihitung dengan membandingkan diameter zona bening yang terbentuk (B) dengan diameter isolat bakteri (A) setelah tujuh hari inkubasi (Faramarzi *et al.*, 2009).



Gambar 3. Skema uji pereduksi kitin bakteri rizosfer kelapa sawit. Diameter koloni bakteri(A), diameter zona bening (A).

3.4.5 Uji Kemampuan Bakteri sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman atau *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB)

Pengujian PGPB dilakukan di rumah kaca, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Uji kemampuan isolat bakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dilakukan dengan menggunakan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator. Pelaksanaan pengujian diawali dengan meremajakan isolat bakteri pada media PPGA dalam tabung reaksi dan diinkubasikan selama 3 hari untuk digunakan dalam uji PGPB.

3.4.5.1 Persiapan Media Tanam dan Suspensi Bakteri

Media tanam yang digunakan untuk pengujian PGPB merupakan campuran pasir dan kompos dengan perbandingan 1:1 (v:v) sebanyak 500 gram. Media tanam kemudian disterilisasi menggunakan *autoclave* tanah selama 3 jam.

Setelah disterilisasi, media yang sudah dalam keadaan dingin dimasukkan ke dalam polibag ukuran 0,5 kg. Isolat bakteri yang sudah diperbanyak pada

media *potato peptone glucose agar* (PPGA) dipanen dengan menambahkan 10 ml akuades kemudian dihomogenkan dalam tabung reaksi dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 290 ml aquades kemudian dihomogenkan sebagai suspensi bakteri (bakteri harus berumur satu hari sebelum dipanen). Selanjutnya, suspensi bakteri tersebut diambil sebanyak 20 ml untuk disiram di permukaan tanah dan diinkubasi selama 2 hari sebelum ditanam kecambah mentimun.

3.4.5.2 Penyemaian Benih

Benih mentimun direndam dengan air hangat ($\pm 45^{\circ}\text{C}$) selama 30 menit.

Perendaman tersebut bertujuan untuk mempercepat proses perkecambahan benih.

Setelah itu, benih mentimun didesinfeksi dengan cara direndam dengan alkohol

70% selama 1 menit, kemudian direndam kembali dalam larutan *sodium*

hypochlorite 2% selama 30 detik, untuk mencegah terjadinya kontaminasi.

Kemudian, benih dicuci dengan air steril sebanyak tiga kali untuk membersihkan

sisa larutan desinfektan, lalu benih disemai dalam nampan yang telah dilapisi

kertas merang lembab dan diinkubasi selama 2 hari hingga berkecambah.

3.4.5.3 Pindah Tanam dan Pemeliharaan

Benih mentimun yang sudah berkecambah kemudian ditanam dalam satu polibag

sebanyak dua kecambah. Setelah berumur 5 hari setelah tanam (hst) dipilih salah

satu tanaman yang lebih baik, kemudian satu tanaman lainnya dicabut sehingga

dalam satu polibag hanya ada satu tanaman mentimun. Pemeliharaan dilakukan

dengan melakukan penyiraman tanaman mentimun selama 1 hingga 21 hst.

Penyiraman tanaman mentimun dilakukan pada sore hari.

3.4.5.4 Pengamatan

Pengamatan dilakukan selama 21 hari dengan parameter pengamatan meliputi (Worosuryani *et al.*, 2006):

1. Tinggi tanaman

Tinggi tanaman diukur setiap 2 hari sekali selama 21 hari. Tanaman diukur menggunakan meteran dengan cara mengukur dari pangkal tanaman sampai pada daun yang paling tinggi (monokotil).

2. Jumlah daun

Jumlah daun dihitung setiap 2 hari sekali selama 21 hari. Daun yang dihitung meliputi daun yang sudah membuka dan lengkap bagian-bagiannya

3. Kehijauan daun

Kehijauan daun diukur menggunakan *chlorophyl meter* pada hari terakhir pengamatan. Pengukuran kehijauan daun dilakukan pada bagian daun bawah, tengah, dan atas. Pengukuran kehijauan daun dilakukan dengan cara meletakkan daun pada sensor dan dijepit. Nilai kehijauan daun yang diperoleh selanjutnya dirata-ratakan untuk setiap tanaman sampel.

4. Panjang akar

Pengukuran panjang akar dilakukan pada saat tanaman telah dipanen yaitu pada pada hari ke-21. Pengukuran dilakukan setelah akar tanaman dibersihkan dan dipisahkan dengan batang tanaman. Panjang akar diukur dengan menggunakan meteran. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur akar dari pangkal hingga ujung akar.

5. Bobot basah tajuk

Bobot basah tajuk dihitung dengan cara menimbang seluruh bagian tanaman

setelah tanaman baru dipanen dan dipisahkan dari akarnya. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik. Bobot basah tajuk dinyatakan dalam satuan gram (g).

6. Bobot basah akar

Bobot basah akar ditimbang setelah akar dipisahkan dari tanaman dan dicuci bersih. Selanjutnya, penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitik. Bobot basah akar dinyatakan dalam satuan gram (g).

7. Bobot kering tajuk dan akar

Tajuk dan akar dimasukkan dalam amplop yang berbeda sesuai dengan perlakuan, kemudian dioven selama 3 hari dengan suhu 80 °C. Setelah itu ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik. Bobot kering tajuk dan akar dinyatakan dalam satuan gram (g).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari 161 isolat bakteri rizosfer yang diuji sebanyak 79 isolat bakteri mampu berperan sebagai antagonis jamur *G. boninense* dengan persentase penghambatan >50%.
2. Dari 161 isolat bakteri rizosfer yang diuji sebanyak 48 isolat bakteri mampu melarutkan fosfat dengan nilai indeks pelarut fosfat >3.
3. Dari 161 isolat bakteri rizosfer yang diuji tidak ada satupun isolat bakteri yang mampu mereduksi kitin.
4. Dari lima isolat bakteri terpilih yang diuji tidak ada satupun yang berperan sebagai PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan (1) dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh peranan bakteri sebagai PGPB pada pengamatan lebih dari 21 HAS, (2) dilakukan uji lapang terhadap bakteri yang mampu menghambat jamur *Ganoderma boninense*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2018. *Produksi Tanaman Perkebunan Menurut Propinsi dan Jenis Tanaman, Indonesia (000 Ton), 2012-2017**. Badan Pusat Statistik. Jakarta. <https://www.bps.go.id/dynamictable/2015/09/04/839/prod-uksi-tanaman-perkebunan-menurut-propinsi-dan-jenis-tanaman-indonesia-000-ton-2012-2017-.html>. Diakses pada 29 Oktober 2018.
- Botelho, G. R. dan Hagler, L. C. M. 2006. *Fluorescent pseudomonas* associated with the rhizosphere of crops-an overview. *Brazilian Journal of Microbiology*. 37: 401-416.
- Dewi, N. 2015. Uji antagonis bakteri rizosfer pisang terhadap cendawan patogen *Rhizoctonia solani*. *Skripsi*. UIN Alauddin Makassar. Makassar.
- Dewi, T. K., Arum, E. S., Imamuddin, H., dan Antonius, S. 2015. Karakterisasi mikroba perakaran (PGPR) agen penting pendukung pupuk organik hayati. *Pros Semnas Masy Biodiv Indon*. 1(2): 289-295.
- Dwiastuti, E., Fajri, M. N., dan Yunimar. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai agens pengendali *Fusarium* spp. penyebab penyakit layu pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *J. Hort*. 25(4): 331-339.
- Faramarzi, M. A., Fazeli, M., Yazdi, M. T., Adrangi, S., Al-Ahmadi, K. J., Tasharrofi, N., and Mohseni, F. A. 2009. Optimization of cultural condition for production chitinase by soil Isolate of *Massilia timonae*. *Journal of Biotechnology*. 8(1): 93-99.
- Firdausi, A. 2018. Isolasi bakteri rhizosfer penghasil IAA (Indole Acetic Acid) dari tegakan hutan rakyat suren. *Skripsi*. Univeristas Hasanuddin. Makassar.
- Gao, J., Bauer, M. W., Shockley, K. R., Pysz, M. A., and Kelly, R. M. 2003. Growth of hiperthermophilic archaeon *Pyrococcus furiosus* on chitin involves two family 18 chitinases. *Journal Applied and Environmental Microbiology*. 69(6): 3119-3128.

- Gofar, N., Munawar, Widjajanti, H., dan Mulya, A. P. 2014. Eksplorasi bakteri antagonis asal jaringan dan rizosfer tanaman karet untuk menekan pertumbuhan bakteri proteolitik pada bahan olahan karet (BOKAR). *Jurnal Tanah Lingkungan*. 16(2):61-66.
- Haggag, W. M. and Mohamed, H. A. A. 2007. Biotechnological aspects of microorganism used in plant biological control. *Journal Sustainable Agriculture*. 1(1): 7-12.
- Khotimah, S. dan Rahmawati. 2009. Isolasi, karakterisasi, dan kepadatan populasi bakteri pelarut fosfat di daerah rhizosfer tanaman nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) pada kawasan tanah gambut daerah Rasau Jaya. *Laporan Penelitian*. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Kuswinanti, T., Baharuddin, dan Sukmawati, S. 2014. Efektivitas isolat bakteri dari rizosfer dan bahan organik terhadap *Ralstonia solanacearum* dan *Fusarium oxysporum* pada tanaman kentang. *Jurnal Fitopatologi*. 2(10): 68-72.
- Mahagiani, I. 2008. Isolasi enzim kitinase dari bakteri perakaran tanaman cabai dan aplikasinya pada kutu kebul. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Matos, A. D. M., Gomes, I. C. P., Nietzsche, S., Xavier, A. A., Gomes, W. S., Neto, J. A. D. S., and Pereira M.C.T. 2017. Phosphate solubilization by endophytic bacteria isolated from banana trees. *Journal Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 89(4): 2945-2954.
- Nasution, R. A. dan Aditiawati, P. 2016. Keanekaragaman bakteri rizosfer pemacu pertumbuhan tanaman (Plant Growth Promoting Rhizobacteria/PGPR) selama pertumbuhan ubi jalar cilembu (*Ipomoea batatas* L var. Rancing). *Prosiding SNIPS*: 899-906. Bandung, 21-22 Juli 2016: Intitut Teknologi Bandung.
- Pahan, I. 2008. *Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pleban, S., Chernin, L., and Cheat, I. 1997. Chitinolytic activity of an endophytic strain of *Bacillus cereus*. *Letters in Application Microbiology*. 25: 284-288.
- Prasetyo, E. A., Susanto, A., dan Utomo, C. 2008. Metode penghindaran penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit (*Ganoderma boninense*) dengan sistem lubang tanam besar. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 16(2): 77-86.
- Prawiratama, H., Prasetyo, A. E., dan Susanto, A. 2014. Pengendalian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit secara kultur teknis. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10(1): 1-7.

- Priyatno, T. P. 2012. *Pendekatan Ekologis Mengatasi Penyakit Busuk Pangkal Batang Ganoderma pada Kelapa Sawit*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Bogor.
- Purwaningsih, S. 2012. Isolasi, populasi dan karakterisasi bakteri pelarut fosfat pada daerah perakaran dan tanah dari bengkulu, Sumatra. *Jurnal Tek. Ling.* 13(1): 101-108.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan Di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Setyamidjaja, D. 2006. *Kelapa Sawit*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sumacipta, F. 2013. Seleksi bakteri endofit untuk pengendalian penyakit rebah kecambah (*Pythium* sp.) pada tanaman mentimun. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sumarsih, S. 2003. *Mikrobiologi Tanah*. Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Upn "Veteran" Yogyakarta. Yogyakarta.
- Suryadi, Y., Priyanto, T. P., Susilowati, D. N., Samudra, I. M., Yudhistira, N., dan Purwakusumah, E.D. 2013. Isolasi dan karakterisasi kitinase asal *Bacillus* 11 UJ. *Jurnal Biologi Indonesia*. 9(1): 51-62.
- Susanna. 2000. Analisis introduksi mikroorganisme antagonis untuk pengendalian hayati penyakit layu (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*) pada pisang (*Musa sapientum* L.). *Tesis*. Program Pascasarjana. Bogor.
- Susanti, Y. 2014. Eksplorasi agen antagonis disekitar perakaran tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di kabupaten rokan hulu. *Jurnal Sungkai*. 2(1): 37-42.
- Susanto, A. 2002. Kajian pengendalian hayati *Ganoderma Boninense* Pat. penyebab penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Susanto, A., Ginting, P. A., Surianto dan Prasetyo, A. E. 2008. Pola penyebaran *Ganoderma boninense* Pat. pada perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di lahan gambut. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 16(3): 135-145.
- Sutariati, G. A. K., Rakian, T. C., Agustina, Sopacua, N., Mudi, L., dan Haq, M. 2014. Kajian potensi rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman yang diisolasi dari rizosfer padi sehat. *Jurnal Agroteknos*. 4(2): 71-77.
- Sutariati, G. A. K., Widodo, Sudarsono, dan Ilyas, S. 2006. Pengaruh perlakuan rizo-bakteri pemacu pertumbuhan tanaman terhadap viabilitas benih serta pertumbuhan bibit tanaman cabai. *Jurnal Bul. Agronomi*. 34(1): 46-54.

- Tasnim, S., Kawuri, R., dan Astiti, N. P. A. 2011. Efektifitas daya hambat bakteri *Streptomyces* sp. terhadap *Erwinia* sp. penyebab penyakit busuk rebah pada tanaman lidah buaya (*Aloe Barbadensis* Mill). *Jurnal Simbiosis*. 1(1):21-27.
- Thompson, S. E., Mark, Smith., Mark, C.W and Keith, P. 2001. Identification and characterization of a chitinase antigen from *Pseudomonas aeruginosa* strain 385. *Journal Applied and Environmental Microbiology*. 67(9): 4001-4008.
- Wibowo, R. H., Mubarik, N. R., Rusmana, I., dan Thenawidjaya, M. 2017. Penapisan dan identifikasi bakteri kitinolitik penghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense* *in vitro*. *J. Fitopatol. Indonesia*. 13(3): 105-111.
- Widawati , S. 2015. Uji bakteri simbiotik dan nonsimbiotik pelarutan Ca vs P dan efek inokulasi bakteri pada anakan Turi (*Sesbania grandiflora* L. Pers.). *Jurnal Biologi Indonesia*. 11(2): 295-307.
- Worosuryani, C., Priyatmojo, A., dan Wibowo, A. 2006. Uji kemampuan jamur yang diisolasi dari lahan pasir sebagai PGPF (*Plant Growth Promoting Fungi*). *Jurnal Agrosains*. 19(1): 179-192.
- Wu, M.L., Yin, C.C., Jen, P.C., Chin, S.C., and Ming, C.C. 2001. Identification and characterization of the three chitin-binding domains within the multidomain chitinase Chi92 from *Aeromonas hydrophila* JP 101. *Journal Applied and Environmental Microbiology*. 67(11): 5100-5106.