

**KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI TERPILIH SEBAGAI AGEN
PENGENDALI HAYATI JAMUR *G. boninense* SECARA
INPLANTA DAN PEMACU PERTUMBUHAN
TANAMAN SAWIT**

(Tesis)

Oleh

KUKUH KURNIAWAN PUTRA



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI TERPILIH SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI JAMUR *Ganoderma boninense* SECARA IN PLANTADAN PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN SAWIT

Oleh

KUKUH KURNIAWAN PUTRA

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan antagonis isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur *G. boninense* terhadap performa tanaman kelapa sawit. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 sampai dengan September 2020 di Laboratorium Lapang Terpadu dan Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan diulang sebanyak 5 kali. Lima perlakuan yang digunakan adalah R0 (Kontrol), R1 (tanpa konsorsium isolat bakteri TKKS dan rimpang nanas + diinokulasikan jamur *G. boninense*), R2 (konsorsium isolat bakteri TKKS+diinokulasikan jamur *G. boninense*), R3 (konsorsium isolat bakteri rimpang nanas+diinokulasikan jamur *G. boninense*), dan R4 (konsorsium isolat bakteri TKKS dan rimpang nanas + diinokulasikan jamur *G. boninense*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS maupun kombinasinya meningkatkan performa tanaman kelapa sawit dibandingkan tanpa konsorsium. Sedangkan pada intensitas serangan tajuk dan akar, perlakuan terbaik didapatkan pada perlakuan R2 (konsorsium isolat bakteri TKKS dan diinokulasikan jamur *G. boninense*), intensitas serangan akar dan tajuk mencapai 73-75%.

Kata Kunci : antagonis, *G. boninense*, isolat bakteri rimpang nanas dan TKKS, konsorsium.

**KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI TERPILIH SEBAGAI AGEN PENGENDALI
HAYATI JAMUR *Ganoderma boninense* SECARA
IN PLANTADAN PEMACU PERTUMBUHAN
TANAMAN SAWIT**

Oleh

KUKUH KURNIAWAN PUTRA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada

Program Studi Magister Agronomi



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Tesis : **KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI TERPILIH
SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI JAMUR
G. boninense SECARA IN PLANTA DAN PEMACU
PERTUMBUHAN TANAMAN SAWIT**

Nama Mahasiswa : **Kukuh Kurniawan Putra**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1724011010**

Program Studi : **Magister Agronomi**

Fakultas : **Pertanian**



Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.
NIP 196308041987032002

Dr. Ir. Suskandini Ratih, M.P.
NIP 196105021987072001

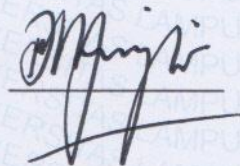
2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 196108031986032002

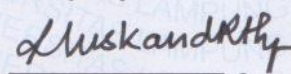
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

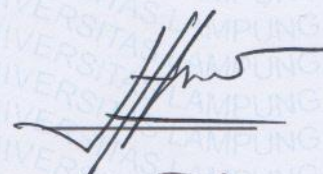
Ketua : Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.



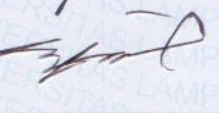
Sekretaris : Dr. Ir. Sukandini Ratih, M.P.



Penguji I
Bukan Pembimbing : Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.



Penguji II
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.

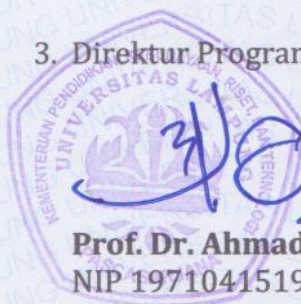


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.
NIP 197104151998031005

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 10 Desember 2021

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

Tesis dengan judul “**Kemampuan Isolat Bakteri Terpilih Sebagai Agen Pengendali Hayati Jamur *G. boninense* Secara In Planta dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Sawit**” merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulisan lain dengan cara yang tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.

1. Pembimbing penulisan tesis berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA BLU Universitas Lampung melalui Hibah Profesor Tahun 2019 atas nama Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., Dr. Ir. Suskandini Ratih, M.P., dan Dr. Mareli Telaumbanua.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa tesis ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Desember 2021
Pembuat pernyataan,



Kukuh Kurniawan Putra

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pringsewu pada tanggal 24 April 1996. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Heri Nurcahyo dan Ibu Dwi Indrawati.

Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Fajar Agung pada tahun 2007, SMPN 1 Pringsewu pada tahun 2007, dan SMAN 1 Pagelaran pada tahun 20013. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Sekolah Tinggi Perkebunan Lampung (STIBUN LAMPUNG). Pada tahun 2017 penulis diterima menjadi mahasiswa Pascasarjana Jurusan Agronomi Universitas Lampung.

MOTTO

Memulai dengan keyakinan

Menjalankan dengan penuh ikhlas

Menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan

“maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

Apabila engkau telah selesai (dari satu urusan),

Tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain),

Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah serta nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul “**Kemampuan Isolat Bakteri Terpilih Sebagai Agen Pengendali Hayati Jamur *G. boninense* Secara In Planta dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Sawit**” yang menjadi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian di Universitas Lampung.

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

1. Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ahmad Saudi Samsosir, S.T., M.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
5. Dr. Ir. Dwi Hapsoro, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas bimbingan, nasehat, saran, serta motivasi selama masa studi di Universitas Lampung;
6. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan ide dan biaya penelitian, meluangkan waktu, tenaga dan fikiran dalam membimbing dan memberikan petunjuk serta mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran selama penulis melakukan penelitian dan penulisan tesis;

7. Dr. Ir. Sukandini Ratih, M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran, serta nasehat selama penelitian dan penulisan tesis hingga selesai;
8. Dr. Radix Suharjo, S.P.,M.Agr., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan masukan, kritik dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik;
9. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Dosen Penguji II atas bimbingan, saran, dan nasehat selama menyelesaikan penulisan tesis;
10. Seluruh dosen mata kuliah Program Studi Magister Agronomi atas semua ilmu, didikan, dan bimbingan yang penulis peroleh selama masa studi di Universitas Lampung;
11. Orang tua tercinta Bapak Heri Nurcahyo, S.P. dan Ibu Dwi Indrawati yang selalu memberikan kasih sayang, cinta, dan doa kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik;
12. Kakakku tercinta Indah Damayanti dan Adikku Gigih Kurniawan Putra yang selalu memberikan semangat dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik;
13. Teman–teman seperjuangan Magister Agronomi 2017, Icha Deska Rani, M.P., Rully Yosita, M.P., Yeyen Ilmiasari, M.P., Rizki Afriliyanti, M.P, Ika Rachma Pangesti, M.P., Michelia Desetyani, M.P., Ardhi Yuda dan yang lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas kebersamaan, motivasi, dan semangat yang diberikan kepada penulis;

Penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan. Amin.

Bandar Lampung, 10 Desember 2021

Penulis

Kukuh Kurniawan Putra

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| DAFTAR ISI | i |
| DAFTAR TABEL | iv |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang dan Masalah | 1 |
| 1.2 Tujuan | 4 |
| 1.3 Kerangka Pemikiran | 4 |
| 1.4 Hipotesis | 8 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| 2.1 Tanaman Kelapa Sawit | 9 |
| 2.2 Jamur <i>G. boninense</i> Sebagai Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang | 10 |
| 2.3 Kemampuan Bakteri Antagonis terhadap Jamur Patogen | 12 |
| 2.4 Kemampuan Bakteri Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman .. | 13 |
| III. BAHAN DAN METODE | 15 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 15 |
| 3.2 Bahan dan Alat | 15 |
| 3.3 Metode Penelitian | 16 |
| 3.4 Pelaksanaan Penelitian | 17 |
| 3.4.1 Peremajaan Jamur <i>G. boninense</i> | 17 |
| 3.4.2 Persiapan Balok Kayu Karet | 18 |
| 3.4.3 Inokulasi Jamur <i>G. boninense</i> Pada Balok Kayu Karet..... | 19 |

| | |
|--|----|
| 3.4.4. Persiapan Media Tanam | 19 |
| 3.4.5. Pembuatan Bibit Kelapa Sawit..... | 19 |
| 3.4.6 Inokulasi Jamur <i>G. boninense</i> Pada Bibit Kelapa Sawit | 20 |
| 3.4.7 Persiapan dan Peremajaan Isolat Bakteri Terpilih | 20 |
| 3.4.8 Pembuatan Larutan Konsorsium | 21 |
| 3.4.9 Inokulasi Konsorsium Bakteri Terpilih Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Rimpang Nanas Pada Tanaman Kelapa Sawit | 21 |
| 3.5 Variabel Pengamatan | 22 |
| 3.5.1. Tinggi Tanaman Sawit | 22 |
| 3.5.2. Jumlah Daun | 22 |
| 3.5.3. Kandungan Klorofil | 22 |
| 3.5.4. Bobot Basah Bibit Sawit | 22 |
| 3.5.5. Bobot Kering Bibit Sawit..... | 23 |
| 3.5.6. Keparahan Intensitas Serangan pada Tajuk | 23 |
| 3.5.7. Keparahan Intensitas Serangan pada Akar | 23 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 25 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 25 |
| 4.1.1 Pengaruh Aplikasi Larutan Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih yang Diinokulasikan Jamur <i>G. boninense</i> terhadap Tinggi Tanaman, Jumlah Daun dan Kehijauan Tanaman Sawit pada 40 MST | 25 |
| 4.1.2 Pengaruh Aplikasi Larutan Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih yang Diinokulasikan Jamur <i>G. boninense</i> terhadap Bobot Basah Akar, Bobot Basah Tajuk, Bobot Kering Akar dan Bobot Kering Tajuk Tanaman Kelapa Sawit pada 40 MST | 29 |
| 4.1.3 Pengaruh Aplikasi Larutan Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih yang Diinokulasikan Jamur <i>G. boninense</i> terhadap Intensitas Serangan Akar dan Tajuk Tanaman Kelapa Sawit | 32 |
| 4.2 Pembahasan | 35 |
| 4.2.1 Pengaruh Aplikasi Larutan Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih yang Diinokulasikan Jamur <i>G. boninense</i> terhadap Performa Tanaman Kelapa Sawit | 35 |

| | |
|--|----|
| 4.2.2 Pengaruh Aplikasi Larutan Konsorsium Isolat Bakteri Terpilih yang Diinokulasikan Jamur <i>G. boninense</i> terhadap Intensitas Serangan Akar dan Tajuk Tanaman Kelapa Sawit | 38 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 42 |
| 5.1 Kesimpulan | 42 |
| 5.2 Saran | 42 |
| DAFTAR PUSTAKA | 43 |
| LAMPIRAN | 53 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|---------|
| 1. Ringkasan data dan analisis ragam pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan tkks yang diinokulasikan jamur <i>G. boninense</i> terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan kehijauan daun kelapa sawit | 25 |
| 2. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap tinggi tanaman, jumlah daun dan kehijauan daun kelapa sawit..... | 26 |
| 3. Ringkasan data dan analisis ragam pengaruh konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan isolat jamur <i>G. boninense</i> terhadap bobot basah akar, bobot basah tajuk, bobot kering akar dan bobot kering tajuk tanaman kelapa sawit | 29 |
| 4. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot basah akar, bobot basah tajuk, bobot kering akar dan bobot kering tajuk tanaman kelapa sawit | 30 |
| 5. Persentase pengaruh perlakuan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>G. boninense</i> relatif terhadap kontrol..... | 31 |
| 6. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat terpilih asal rimpang nanas dan tkks yang diinokulasikan isolat jamur <i>G. boninense</i> terhadap intensitas serangan akar dan intensitas serangan tajuk | 32 |
| 7. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot basah akar tanaman sawit pada 40 MST. . | 54 |

| | |
|---|----|
| 8. Transformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot basah akar tanaman sawit pada 40 MST | 54 |
| 9. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot basah akar tanaman sawit pada 40 MST | 54 |
| 10. Analisis ragam bobot basah akar kelapa sawit | 55 |
| 11. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot basah tajuk tanaman sawit pada 40 MST | 55 |
| 12. Transformasi data Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot basah tajuk tanaman sawit pada 40 MST..... | 55 |
| 13. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot basah tajuk tanaman sawit pada 40 MST | 56 |
| 14. Analisis ragam bobot basah tajuk kelapa sawit..... | 56 |
| 15. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot kering akar tanaman sawit pada 40 MST | 56 |
| 16. Transformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot kering akar tanaman sawit pada 40 MST | 57 |
| 17. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot kering akar tanaman sawit pada 40 MST | 57 |
| 18. Analisis ragam bobot kering akar tanaman sawit pada 40 MST..... | 57 |
| 19. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot kering tajuk tanaman sawit pada 40 MST..... | 58 |

| | |
|---|----|
| 20. Tranformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot kering tajuk tanaman sawit pada 40 MST | 58 |
| 21. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap bobot kering akar tanaman sawit pada 40 MST | 58 |
| 22. Analisis ragam bobot kering tajuk tanaman sawit pada 40 MST..... | 59 |
| 23. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap kehijauan daun tanaman sawit..... | 59 |
| 24. Tranformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap kehijauan daun tanaman sawit | 59 |
| 25. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap kehijauan daun tanaman sawit | 60 |
| 26. Analisis ragam kehijauan daun tanaman sawit | 60 |
| 27. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap jumlah daun tanaman sawit | 61 |
| 28. Tranformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap jumlah daun tanaman sawit | 61 |
| 29. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap jumlah daun tanaman sawit..... | 61 |
| 30. Analisis ragam jumlah daun tanaman sawit | 62 |
| 31. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap tinggi tanaman sawit pada 40 MST | 62 |
| 32. Tranformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap tinggi tanaman sawit pada 40 MST | 62 |

| | |
|---|----|
| 33. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap tinggi tanaman sawit pada 40 MST..... | 63 |
| 34. Analisis ragam tinggi tanaman sawit pada 40 MST | 63 |
| 35. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan akar | 63 |
| 36. Tranformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan akar | 64 |
| 37. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan akar | 64 |
| 38. Analisis ragam pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan akar | 64 |
| 39. Pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan tajuk | 65 |
| 40. Tranformasi data pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan tajuk | 65 |
| 41. Uji homogenitas pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan tajuk | 66 |
| 42. Analisis ragam pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan tajuk | 66 |
| 43. Data grafik pengaruh aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan jamur <i>Ganoderma boninense</i> terhadap intensitas serangan tajuk Intensitas Serangan Tajuk | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Penyusunan kerangka berfikir untuk merumuskan hipotesis | 7 |
| 2. Tata letak percobaan | 17 |
| 3. Pengaruh aplikasi konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan isolat jamur <i>G. boninense</i> terhadap tinggi tanaman kelapa sawit | 27 |
| 4. Pengaruh aplikasi konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan isolat jamur <i>G. boninense</i> terhadap jumlah daun tanaman kelapa sawit..... | 28 |
| 5. Pengaruh aplikasi konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS yang diinokulasikan isolat jamur <i>G. boninense</i> terhadap intensitas serangan tajuk tanaman kelapa sawit | 33 |
| 6. Gejala serangan akar oleh jamur <i>G. boninense</i> (A) dan gejala Serangan tajuk oleh jamur <i>G. boninense</i> (B), munculnya badan buah jamur <i>G. boninense</i> (C); Perbandingan pertumbuhan tanaman kelapa sawit (D), Perbandingan Pertumbuhan akar pada perlakuan R0 (Kontrol), R1 (Tanpa konsorsium dan diinokulasi <i>G. boninense</i>), R2 (TKKS dan diinokulasi <i>G. boninense</i>), R3 (Rimpang nanas dan diinokulasi <i>G. boninense</i>) dan R4 (Konsorsium gabungan dan diinokulasi <i>G. boninense</i>) | 34 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman perkebunan skala industri yang sangat penting dan dominan untuk dibudidayakan (Wilcove dan Koh, 2010). Di Indonesia, tanaman kelapa sawit memiliki kontribusi yang besar terhadap perekonomian negara khususnya melalui ekspor minyak sawit (Shahputra dan Zen, 2008). Kelapa sawit menghasilkan produk berupa minyak sawit mentah (CPO) sebesar 20–22% dan minyak inti sawit (PKO) sebesar 5% dari tandan buah segar (Watts dan Irawan, 2018). Menurut Mba *et al.* (2015), minyak sawit memiliki banyak nilai guna baik untuk input industri, barang konsumsi, kosmetik, maupun biofuel atau biodiesel.

Menurut Direktorat Jendral Perkebunan (2019), luas area perkebunan kelapa sawit pada tahun 2018 sebesar 14,33 juta ha, dengan produksi kelapa sawit mencapai 42,88 juta ton. Luas area perkebunan diperkirakan akan meningkat menjadi 14,6 juta ha pada tahun 2019. Meskipun luas area pertanaman terus meningkat setiap tahunnya, namun produksi kelapa sawit selalu menunjukkan hasil yang berfluktuasi. Produksi yang berfluktuasi dapat disebabkan karena pengaruh faktor biotik yang kurang mendukung. Salah satu faktor biotik tersebut yaitu jamur *Ganoderma boninense* (Kondan *et al.*, 2010).

Menurut Rees *et al.* (2012), jamur *G. boninense* merupakan jamur patogen tular tanah penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit. Penyakit tersebut dikenal sebagai penyakit mematikan dan menyebabkan penurunan populasi

kelapa sawit per hektar secara signifikan (Wiratmoko *et al.*, 2018). Sementara itu, menurut Peterson (2019), penyakit busuk pangkal batang mampu menyebabkan kerugian 50–80% per ha di areal perkebunan, dan menyebabkan tanaman kelapa sawit lebih sedikit menghasilkan atau bahkan tidak menghasilkan buah sama sekali. Penyebaran ataupun perkembangan penyakit busuk pangkal batang oleh *G. boninense* dapat dilakukan menggunakan agen biokontrol, yang merupakan alternatif pengendalian efektif untuk menekan kerugian dan mengurangi dampak serangan patogen tanaman (Kohl *et al.*, 2019).

Menurut Puspita *et al.* (2017), mikroorganisme yang berpotensi sebagai agen biokontrol yaitu bakteri *indigenous* yang berasal dari tanaman kelapa sawit itu sendiri, dimana bakteri tersebut memiliki pertumbuhan yang lebih cepat, kompetitif, dan mudah beradaptasi pada kondisi lingkungan yang terbatas atau kurang menguntungkan (Irma *et al.*, 2018). Selain itu, bakteri *indigenous* memiliki kemampuan sebagai antagonis terhadap patogen karena mampu menghambat pertumbuhan patogen melalui mekanisme persaingan ruang tumbuh dan kebutuhan nutrisi (Pal *et al.*, 2012).

Beberapa hasil penelitian mengemukakan bahwa bakteri antagonis mampu menekan pertumbuhan patogen tanaman. Soesanto *et al.* (2013), melaporkan bahwa bakteri antagonis yang diisolasi dari lahan kentang mempunyai kemampuan dalam mengendalikan penyakit pada kentang, dengan menekan intensitas penyakit sebesar 51,75%, menurunkan populasi patogen akhir sebesar 99,74%, dan mampu meningkatkan kandungan saponin maupun tanin sebagai upaya menginduksi ketahanan tanaman kentang. Karim *et al.* (2018) juga melaporkan bahwa bakteri hasil isolasi dari rizosfer tanaman pisang, memiliki kemampuan menekan patogen *Fusarium oxysporum* yang merupakan penyebab penyakit utama tanaman pisang. Persentase penghambatan oleh bakteri antagonis tersebut mencapai 80,64% dengan mekanisme penghambatan ruang tumbuh dan kompetisi nutrisi, serta teridentifikasi ke dalam genus *Bacillus*.

Bakteri dengan genus *Bacillus* dan *Streptotrophomonas* efektif digunakan sebagai agen biokontrol untuk menekan patogen *Colletotrichum gloeosporioides* penyebab penyakit antraknosa pada mangga, persentase penghambatan bakteri antagonis tersebut mencapai 97% (Montiel *et al.*, 2017). Hasil penelitian Sari (2020) menunjukkan bahwa bakteri hasil isolasi suspensi ekstrak rimpang nanas memiliki kemampuan sebagai antagonis dengan persentase penghambatan terhadap jamur *Phytophthora* sp. mencapai 90%.

Selain bakteri antagonis, perlindungan tanaman dari patogen dan penyakit serta peningkatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat memanfaatkan bakteri yang memiliki kemampuan sebagai PGPB (*plant growth promoting bacteria*). Menurut Grobelak *et al.* (2014), bakteri PGPB memberikan pengaruh terhadap perkembangan jamur fitopatogenik dan pertumbuhan tanaman pada kondisi yang kurang menguntungkan, dengan mekanisme anti jamur dari bakteri PGPB mampu menghambat perkembangan patogen tanaman. Bakteri hasil isolasi suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit dengan spesies *Bacillus*, selain bersifat antagonis karena memiliki persentase penghambatan terhadap jamur *G. boninense* mencapai 90% juga memiliki potensi sebagai bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PGPB) yang ditandai dengan peningkatan signifikan pada variabel panjang akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar (Yosita, 2020). Esitken *et al.* (2010) juga melaporkan bahwa inokulasi bakteri PGPB pada akar dan penyemprotan daun serta bunga, dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman stroberi, hal tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya jumlah buah per tanaman mencapai 81,58 lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol yang hanya 68,66, meningkat sebesar 12,91%

Penelitian ini menggunakan bakteri dari hasil penelitian sebelumnya (Dermiyati *et al.*, 2020 dan Sari, 2020). Bakteri tersebut adalah bakteri *indigenous* yang memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen dan pemacu pertumbuhan tanaman secara *in vitro*. Bakteri ini merupakan hasil dari isolasi limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) maupun rimpang nanas dalam bentuk suspensi ekstrak mikroorganisme lokal (MOL).

Bakteri hasil isolasi dari limbah TKKS berasal dari genus *Bacillus* dengan spesies *Bacillus tequilensis*, *B. paramycoides*, dan *B. velezensis*, sementara untuk bakteri hasil isolasi rimpang nanas yaitu *Stenotrophomonas maltophilia*. Bakteri tersebut diisolasi dengan tujuan selain untuk memperoleh bakteri yang dapat menguraikan limbah yang semakin meningkat karena sulit terurai, serta kemampuan bakteri secara *in vitro*, tetapi juga dapat dikembalikan lagi pada tanaman kelapa sawit untuk mengetahui kemampuan bakteri secara *in planta*. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian pengujian kemampuan bakteri sebagai antagonis dan pemacu pertumbuhan tanaman secara *in planta* pada tanaman kelapa sawit.

1.2 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mempelajari kemampuan antagonis isolat bakteri terpilih asal TKKS dan rimpang nanas terhadap jamur *G. boninense*.
2. Mempelajari kemampuan isolat bakteri terpilih asal TKKS dan rimpang nanas terhadap performa tanaman kelapa sawit.

1.3 Kerangka Pemikiran

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman perkebunan yang sangat penting karena ekspor minyak sawit menjadi tumpuan utama untuk menopang perekonomian negara. Akan tetapi, meskipun setiap tahunnya luas areal pertanaman terus meningkat, namun produksi kelapa sawit menunjukkan hasil yang berfluktuasi. Produksi yang berfluktuasi tersebut disebabkan oleh jamur *G. boninense*. Jamur *G. boninense* merupakan patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang dan menjadi penyakit utama yang menyerang tanaman kelapa sawit di areal perkebunan. Areal perkebunan yang terserang umumnya mengalami kerugian mencapai 50%, hal tersebut karena sulitnya jamur untuk dideteksi pada tahap awal, sementara gejala terlihat apabila sudah mencapai 50% dengan jaringan tanaman yang sudah membusuk (Kondan *et al.*, 2010). Salah satu upaya yang dilakukan untuk menekan pertumbuhan jamur patogen

tersebut yaitu dengan menggunakan alternatif pengendalian efektif berupa pengembangan agen biokontrol.

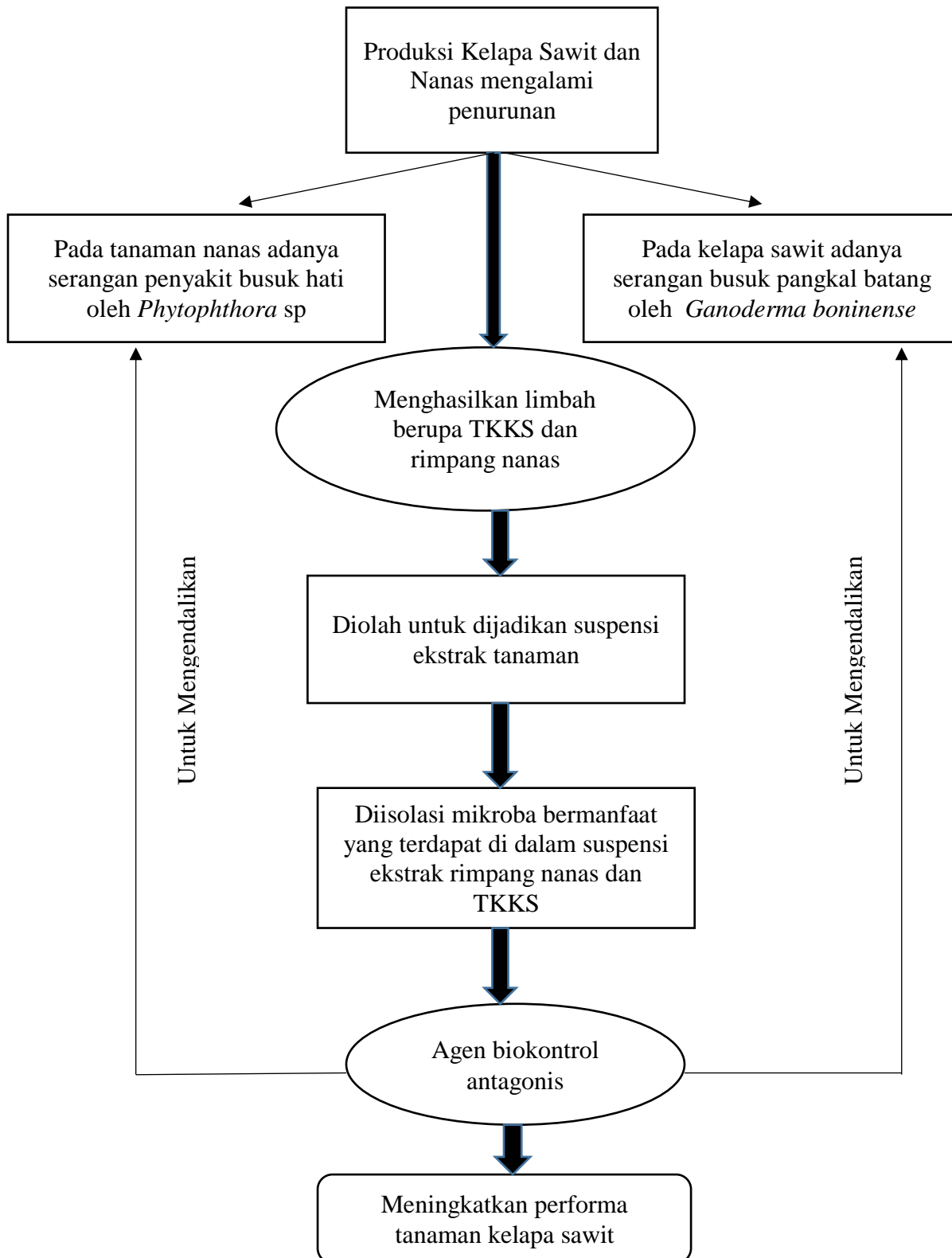
Pengembangan strain bakteri *indigenous* asli sebagai agen biokontrol yang sesuai dengan lingkungan lokal dapat membantu meningkatkan daya saing dengan mikroorganisme *in situ* dan efektif dalam menekan patogen tanaman sehingga dapat mengurangi keterjadian penyakit suatu tanaman (Wang *et al.*, 2019). Menurut Arwiyanto (2014), agen biokontrol dapat mengurangi kejadian penyakit dengan persaingan (nutrisi, ruang tumbuh, dan oksigen), antibiotik, maupun resistensi yang terinduksi. Karthika *et al.* (2020) melaporkan bahwa penerapan agen biokontrol pada tanaman tomat salah satunya bakteri antagonis dapat mengurangi persentase keparahan penyakit sebesar 13% dan kejadian penyakit sebesar 84,3% dibandingkan dengan kontrol melalui mekanisme peningkatan induksi ketahanan sistemik tanaman.

Bakteri hasil dari isolasi tanaman kelapa sawit merupakan bakteri antagonis. Kemampuannya sebagai antagonis ditunjukkan oleh bakteri dengan memproduksi senyawa bioaktif yang dapat menekan pertumbuhan patogen berupa jamur *G. boninense* sehingga tidak ada kontak langsung antara sel bakteri dengan sel jamur (Ramli *et al.*, 2016). Rosyidah *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa penerapan bakteri antagonis yaitu *Pseudomonas fluorescens* efektif menekan patogen penyakit pada tanaman kentang. Hal tersebut ditunjukkan oleh pengurangan kejadian penyakit sebesar $44,85 \pm 50,09\%$, penurunan intensitas penyakit hingga $61,23 \pm 72,77\%$, dan mengurangi populasi *Ralstonia solanacearum* hingga $7,28 \pm 97,88\%$.

Menurut Qi *et al.* (2017), selain mampu menekan aktivitas patogen tanaman, bakteri juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Utami *et al.* (2020) melaporkan bahwa bakteri dari rizofe tanaman nanas memiliki kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, melalui mekanisme senyawa antimikroba, enzim pengurai dinding sel, fiksasi nitrogen, serta memproduksi fitohormon seperti IAA. Fitohormon IAA yang dihasilkan oleh bakteri dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga lebih

tahan terhadap serangan patogen. Selain sebagai fitohormon, IAA juga berperan sebagai senyawa antimikroba yang mampu menekan pertumbuhan patogen (Ahmad dan Kibret, 2014). Penggunaan bakteri *Bacillus* sp. yang berpotensi sebagai PGPB dapat meningkatkan pertumbuhan kacang polong (*Pisum sativum* var Palamp Priya) dan jagung (*Zea mays* var Parbbat) secara signifikan di rumah kaca yang ditunjukkan oleh panjang akar, panjang batang, dan bobot kering tanaman. Pada tanaman kacang polong, masing-masing yaitu 14,8 cm, 24,5 cm, dan 0,26 g, sementara pada tanaman jagung yaitu 21,5 cm, 41,0 cm, dan 0,28 g, dimana hasil dari perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Kaur *et al.*, 2018). Sementara itu, terjadi korelasi positif yang signifikan antara produksi siderofor yang dihasilkan oleh bakteri dari hasil isolasi bintil akar tanaman kedelai (*Glycine max* L.) dengan rasio penghambatan patogen *Phytophthora sojae* maupun peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai (Zhao *et al.*, 2018).

Penelitian ini menggunakan bakteri terpilih dari hasil penelitian sebelumnya yaitu hasil isolasi dari suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit dengan spesies *Bacillus* dan rimpang nanas dengan spesies *Stenotrophomonas*. Bakteri tersebut memiliki potensi sebagai antagonis terhadap patogen tanaman dan pemacu pertumbuhan tanaman secara *in vitro*, sehingga perlu diuji secara *in planta* untuk mengetahui potensi bakteri tersebut secara langsung pada tanaman kelapa sawit. Secara ringkas, kerangka berfikir pada penelitian ini dapat dilihat pada skema berikut :



Gambar 1. Proses penyusunan kerangka berfikir untuk merumuskan hipotesis.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka dirumuskan hipotesis sebagai berikut:

1. Isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS memiliki kemampuan antagonis terhadap serangan jamur *G. boninense* pada tanaman kelapa sawit.
2. Isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS secara *in planta* mampu meningkatkan performa tanaman kelapa sawit.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit memiliki dua spesies utama yaitu *Eleis guineensis* yang berasal dari Afrika Barat dan *Elaeis oleifera* berasal dari Amerika Selatan. Kelapa sawit spesies *Eleis guineensis* menjadi spesies yang banyak digunakan untuk budidaya secara komersil karena memiliki hasil yang lebih tinggi. Pada awal abad ke-20, kelapa sawit pertama kali diperkenalkan di Sumatera dan Semenanjung Malaysia serta ditanam dengan skala yang luas sebagai tanaman perkebunan (Murphy, 2014).

Menurut USDA (2020), Klasifikasi dari tanaman kelapa sawit sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Subclass : Aecidae
Ordo : Arecales
Family : Arecaceae / Palmae
Genus : *Elaeis*
Species : *Elaeis guineensis* Jacq.

Tanaman kelapa sawit memiliki batang tunggal dengan tinggi mencapai ± 20 m (66 kaki). Setiap pohon memiliki bunga kecil dalam jumlah yang banyak dan berbentuk sebuah tandan, bunga tersebut dapat berkembang menjadi kelompok buah besar berbentuk oval dengan panjang 4 cm (1,6 inci). Buah kelapa sawit memiliki biji tunggal, buah yang matang berwarna hitam dengan dasar buah berwarna merah. Kelapa sawit memiliki akar serabut dengan dapat tumbuh hanya sampai kedalaman 1 m apabila tanaman memperoleh air dan unsur hara yang cukup. Akar kelapa sawit

terdiri dari 4 macam yaitu primer, sekunder, tersier, dan kuarter (Safitri *et al.*, 2018). Sementara itu, daun kelapa sawit memiliki panjang 3–5 m dengan bentuk daun menyirip dan tulang daun sejajar (Dalwai, 2015).

Kelapa sawit dapat tumbuh optimal di daerah dengan suhu maksimum rata–rata 29–33°C dan suhu minimum rata–rata 22–24°C. Curah hujan rata–rata per tahun untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit yaitu berkisar 1500–2000 mm dengan pH optimal 5,0–6,0 (Kamil and omar, 2016).

2.2 Jamur *G. boninense* sebagai Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang

Penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit disebabkan oleh jamur patogen *G. boninense* (Cooper *et al.*, 2011). Menurut Assis *et al.* (2015), *G. boninense* merupakan patogen tular tanah yang menyerang tanaman kelapa sawit, dengan penyebaran yang cepat mulai dari sistem perakaran menuju ke jaringan tanaman pada batang maupun organ tanaman lainnya.

Klasifikasi *G. boninense* adalah sebagai berikut:

| | |
|---------|------------------------------|
| Kingdom | : Fungi |
| Divisi | : Eumycophyta |
| Class | : Basidiomycetes |
| Ordo | : Polypolaceae |
| Genus | : <i>Ganoderma</i> |
| Species | : <i>Ganoderma boninense</i> |

G. boninense dapat diidentifikasi melalui pengamatan karakteristik secara makroskopis basidioma dan koloni aktif. Secara makroskopis pada awalnya tubuh buah jamur ini muncul dengan bentuk seperti bohlam kecil berwarna putih, dan berkembang menjadi seperti kipas dengan bentuk yang tebal dan keras, warna permukaan basidioma bervariasi mulai dari berwarna coklat muda hingga coklat tua dengan tepi berwarna putih, dan biasanya saat masih muda terlihat berkilau (Hamzah *et al.*, 2021).

Menurut Kondan *et al.* (2010), penyakit busuk pangkal batang oleh jamur *G. boninense* sulit untuk dideteksi pada tahap awal, gejala penyakit yang tampak mulai terlihat ketika serangan sudah mencapai 50%, namun pada persentase serangan tersebut jaringan tanaman sudah membusuk.

Gejala luar yang tampak pada tanaman kelapa sawit akibat serangan *G. boninense* adalah penuaan daun awal yang ditandai dengan daun berwarna hijau pucat seperti kekurangan unsur hara pada tanaman tua dan kuning (klorotik) pada tanaman muda. Daun kuncup yang belum terbuka ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan daun normal dan mengalami nekrotik pada bagian ujungnya. Gejala pada daun tersebut lama-kelamaan akan mengering diseluruh pelepah, ukuran buah atau tandan buah lebih kecil, dan pohon akan tumbang apabila serangan telah parah. Sementara itu, gejala lainnya yaitu jaringan batang membusuk sehingga menyebabkan gangguan tanaman dalam proses penyerapan nutrisi dan air (Mih dan Kinge, 2015). Menurut Chong *et al.* (2017) secara mikroskopis gejala internal pada akar yaitu terdapat hifa berwarna putih di bagian jaringan korteks, endodermis, xylem, dan floem sehingga penyerapan unsur hara, nutrisi serta air menjadi terganggu, pada serangan lanjut akar menjadi rapuh dan mudah hancur.

Menurut Susanto *et al.* (2013), penyebaran *G. boninense* yang merupakan patogen tular tanah ditularkan melalui tiga cara yaitu kontak akar dengan patogen sumber inokulum, melalui udara dengan basidiospora, dan melalui inokulum sekunder sebagai inang alternatif berupa tunggul kelapa sawit. Selain itu, penyebaran patogen dapat dilakukan secara horizontal di dalam tanah hingga sekitar 2 meter dari sumber yang terinfeksi hingga akar tanaman yang sehat.

Jamur *G. boninense* tumbuh optimal pada pH 3,7–8 dengan tingkat kelembapan yang tinggi dan suhu yang rendah, mudah beradaptasi dengan lingkungan yang terbatas dan beragam, sementara pada lahan dengan pH rendah sangat rentan terhadap serangan jamur patogen tersebut. Hal ini dikarenakan lahan pada pH rendah terjadi penyerapan mikronutrien yang terbatas sehingga tanaman menjadi kekurangan Cu

dan Zn, tanaman yang kekurangan mikronutrien tersebut menciptakan lingkungan yang cocok untuk jamur patogen (Supriyanto *et al.*, 2020).

2.3 Kemampuan Bakteri Antagonis terhadap Jamur Patogen

Bakteri antagonis merupakan salah satu agen biokontrol yang mampu menghambat pertumbuhan patogen melalui beberapa cara yaitu bersaing untuk memperebutkan ruang tumbuh dan nutrisi, memproduksi berbagai senyawa seperti bakteriosin, enzim litik, antibiotik, dan siderofor. Senyawa yang diproduksi oleh bakteri antagonis tersebut mampu menghancurkan sel patogen, sementara siderofor merupakan senyawa pengkkelat besi di area perakaran sehingga tidak tersedia bagi mikroba patogen (Tariq *et al.*, 2017).

Menurut Irma *et al.* (2018), zona hambat merupakan salah satu bentuk perlawanan yang dilakukan oleh bakteri, sehingga tidak ada kontak langsung antara sel bakteri dengan sel jamur patogen. Zona yang terbentuk dari penghambatan bakteri antagonis tersebut dipengaruhi oleh persaingan antar ruang dan nutrisi serta faktor lingkungan (Nawangsih *et al.*, 2010). Hasil penelitian Ramli *et al.* (2016) melaporkan bahwa terjadi penurunan kejadian penyakit busuk pangkal batang (BSR/*basal stem rot*) setelah 6 bulan aplikasi bakteri antagonis dan jamur *G. boninense* pada bibit kelapa sawit. Penurunan kejadian penyakit BSR dengan perlakuan sebesar 33,33–60%, sementara pada kontrol dan aplikasi *G. boninense* kejadian penyakit lebih besar yaitu mencapai 86,7%.

Bibit kelapa sawit berumur 4 bulan yang diinokulasikan jamur patogen *G. boninense* dan bakteri antagonis baik secara tunggal maupun campuran dapat menekan penyebaran patogen lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Pada 8 bulan setelah aplikasi, dapat mengurangi kejadian BSR sebesar 76% dari inokulasi bakteri tersebut dan mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit (Sapak *et al.*, 2008). Toppo dan Naik (2015), melaporkan bahwa isolat bakteri dengan spesies *Bacillus* dan *Pseudomonas* berpotensi menekan pertumbuhan patogen *Fusarium spp.* secara signifikan. Efisiensi penghambatan tersebut dipengaruhi oleh adanya

kompetisi antara bakteri patogen maupun mekanisme antagonis dari bakteri tersebut terhadap patogen target.

Menurut Marin-Cevada *et al.* (2012) perlakuan secara *in planta* bakteri yang memiliki kemampuan antagonis dapat menekan patogen *Tatumella ptysoes* penyebab penyakit busuk hati pada tanaman nanas, sehingga keterjadian penyakit lebih rendah dibandingkan dengan kontrol.

2.4 Kemampuan Bakteri sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman

Bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Bacteria/* PGPB) adalah bakteri yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan melindungi tanaman dari penyakit dan cekaman abiotik melalui mekanisme tertentu (Souza *et al.*, 2015). Menurut Singh (2018) berdasarkan interaksinya, bakteri PGPB dibagi menjadi dua jenis yaitu simbiosis dan hidup bebas. Bakteri yang berinteraksi dengan simbiosis biasanya berada diruang antar sel pada tanaman selain itu berinteraksi secara mutualistik sebagai cara untuk menembus ke dalam sel tanaman. Bakteri PGPB yang hidup bebas berinteraksi dengan cara hidup di dalam bagian tanaman maupu diluar dan bersumber dari pertukaran metabolit.

Menurut Olanrewaju *et al.* (2017), mekanisme bakteri PGPB dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Mekanisme langsung yaitu bakteri secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti memproduksi zat pengatur tumbuh (auksin, sitokinin, dan giberelin), memfiksasi nitrogen, pelarutan fosfat. Sementara itu, mekanisme secara tidak langsung yaitu bakteri bekerja dengan cara menghambat pertumbuhan patogen yang dapat mengganggu tanaman seperti produksi deaminase ACC, antibiotik, enzim pengurai dinding sel, *quorum quenching*, dan siderofor. Siderofor merupakan senyawa pengkelat besi (Fe^{+3}) yang disekresikan oleh mikroorganisme seperti *Pseudomonas fluorescence* dan *Bacillus subtilis* serta tanaman kelompok rumput-rumputan (*Graminae*) sebagai tanggapan terhadap kekurangan besi (Crowley, 2007).

Anggita *et al.* (2020) melaporkan bahwa bakteri hasil isolasi akar tanaman sawit berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Hal tersebut ditunjukkan ketika bakteri mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit padi dipersemaian berupa penambahan panjang akar sebesar 30,77% dan tinggi tanaman sebesar 39,75%, sementara hasil sekuensing bakteri tersebut termasuk ke dalam spesies *Bacillus*. Bakteri hasil isolasi beberapa varietas padi juga memiliki kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman padi yang ditandai dengan panjang akar lebih tinggi dan berbeda nyata dengan kontrol (Munif *et al.*, 2012).

Hasil inokulasi konsorsium bakteri PGPB secara signifikan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Tinggi tanaman meningkat menjadi 189 cm, panjang malai 66,7 cm, biomassa kering pucuk 9,89 g, biomassa kering akar 2,90 g, hasil gabah per tanaman sebesar 4,55 g serta meningkatkan hasil jerami maupun serapan unsur N, P, dan K (Tsegaye *et al.*, 2021). Peningkatan pertumbuhan tanaman dan menekan aktivitas patogen tanaman salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan bakteri PGPB. Hasil penelitian Qi *et al.* (2017) menunjukkan bahwa semua isolat bakteri yang diperoleh dari hasil isolasi secara anaerob mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman gandum (*Triticum sativum*) secara signifikan. Panjang batang semai meningkat dari 28,5% menjadi 38,6%, bobot batang semai meningkat dari 113,3% menjadi 214,2%, dan bobot akar juga meningkat dari 108,6% menjadi 207,2% jika dibandingkan dengan kontrol.

Esitken *et al.* (2010) melaporkan bahwa inokulasi bakteri tunggal maupun kombinasi antara *Bacillus* dan *Pseudomonas* secara signifikan mampu meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan kandungan nutrisi tanaman stroberi yang ditanam secara organik. Inokulasi pada akar serta penyemprotan pada daun maupun bunga dengan perlakuan konsorsium bakteri maupun tunggal dapat meningkatkan jumlah buah per tanaman mencapai 81,58 sementara untuk kontrol hanya 68,66, selain itu meningkatkan hasil kumulatif sebesar 10,5%–33,2% dan meningkatkan kandungan unsur P serta Zn.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sedangkan pengujian isolat bakteri terpilih terhadap tanaman kelapa sawit dilakukan di Laboratorium Lapangan Terpadu, Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan pada Oktober 2019 sampai dengan September 2020.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *erlenmeyer*, tabung reaksi, *shaker*, cawan petri steril, gelas ukur, oven, *microwave*, *laminar air flow*, autoklaf, oven, bunsen, jarum ose, rak tabung reaksi, mikropipet, bor gabus, tip, korek, pisau, gunting, nampan, timbangan, cangkul, karung, golok, jerigen ukuran 30 liter, meteran, alat dokumentasi (kamera), gelas plastik transparan 400 ml, klorofil meter, dan alat tulis.

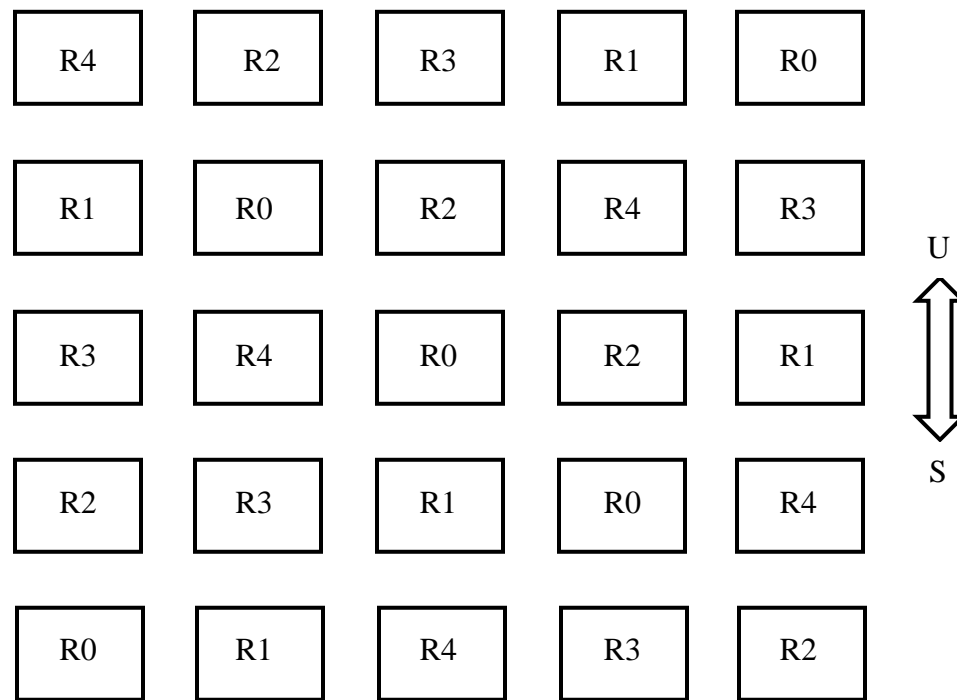
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri terpilih asal tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yaitu *Bacillus tequilensis*, *B. paramycoides*, dan *B. velezensis*, sementara itu isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas yaitu *Stenotrophomonas maltophilia*. Bahan lainnya yang digunakan seperti isolat jamur *G. boninense* dari Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian (LBFPF) Universitas Lampung, bibit kelapa sawit, alkohol 70%, klorok, gula, agar batang, akuades, media *Potato Dextrose Agar* (PDA) (HIMEDIA®; India), media *Malt Extract Agar* (MEA), media *Yeast Peptone Agar* (YPA), media *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA) (OXOID®; Inggris), media *Potato Dextrose Broth* (PDB),

balok kayu karet, bibit kelapa sawit varietas Tenera, asam laktat, tanah, pasir, *polybag* ukuran 40x50 cm, plastik *wrap*, *aluminium foil*, plastik tahan panas, dan air.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang disusun secara tunggal sebanyak 5 ulangan. Setiap ulangan terdiri dari 5 perlakuan, sehingga diperoleh 25 satuan percobaan. Pada masing–masing satuan percobaan terdapat 5 tanaman sehingga diperoleh 125 tanaman sampel. Lima perlakuan yang digunakan adalah R0 (Kontrol), R1 (Tanpa konsorsium isolat bakteri TKKS dan rimpang nanas + diinokulasikan jamur *G. boninense*), R2 (Konsorsium isolat bakteri TKKS + diinokulasikan jamur *G. boninense*), R3 (Konsorsium isolat bakteri rimpang nanas + diinokulasikan jamur *G. boninense*), dan R4 (Konsorsium isolat bakteri TKKS dan rimpang nanas + diinokulasikan jamur *G. boninense*).

Data yang diperoleh, diuji homogenitasnya dengan Uji Barlett, dan additivitas data diuji dengan Uji Tukey menggunakan program *SPSS* versi 16.0. Jika asumsi terpenuhi, maka data dianalisis dengan sidik ragam dan perbedaan nilai tengah perlakuan diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.



Gambar 2. Tata Letak Percobaan.

Keterangan :

- R0 : Kontrol (tanpa konsorsium isolat bakteri terpilih dari TKKS dan rimpang nanas dan tanpa inokulasi jamur *G. boninense*)
- R1 : Tanpa konsorsium isolat bakteri terpilih TKKS maupun rimpang nanas dan diinokulasikan jamur *G. boninense*
- R2 : Konsorsium isolat bakteri terpilih TKKS dan diinokulasikan jamur *G. boninense*
- R3 : Konsorsium isolat bakteri terpilih rimpang nanas dan diinokulasikan jamur *G. boninense*
- R4 : Konsorsium gabungan dari isolat bakteri terpilih TKKS dan rimpang nanas serta diinokulasikan jamur *G. boninense*

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Peremajaan Jamur *G. boninense*

Peremajaan jamur *G. boninense* dilakukan agar memperoleh biakan jamur yang baru dan lebih cepat tumbuh. Media yang digunakan untuk peremajaan jamur *G. boninense* yaitu media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Pembuatan media PDA

dilakukan dengan mencampurkan *Dextrose* sebanyak 20 g, kentang 200 g, agar batang 20 g, dan akuades 1000 ml ke dalam *erlenmeyer*. Kemudian *erlenmeyer* ditutup dengan *aluminium foil* dan di rebus menggunakan *microwave*. Media yang telah direbus kemudian dibungkus plastik tahan panas dan disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Setelah steril, media tersebut ditambahkan dengan asam laktat sebanyak 1,4 ml, kemudian dalam kondisi hangat media dituang ke cawan petri dan dibiarkan hingga dingin dan memadat.

Jamur *G. boninense* yang tumbuh dari media sebelumnya dipindahkan ke media baru dengan cara memotong sebagian biakan dari media lama dan diletakkan dibagian tengah cawan petri yang telah berisi media PDA. Biakan jamur *G. boninense* yang digunakan berumur 5 hari.

3.4.2 Persiapan Balok Kayu Karet

Balok kayu karet yang digunakan berasal dari pohon dengan pertumbuhan baik dan tidak terserang hama maupun penyakit. Prosedur sterilisasi balok kayu karet dan inokulasi jamur *G. boninense* pada balok kayu karet tersebut dilakukan berdasarkan metode Rakib *et al.* (2014). Ukuran balok kayu karet tersebut yaitu 6 x 6 x 6 cm. Setelah itu, balok kayu disterilisasi agar terhindar dari kontaminasi oleh mikroorganisme lainnya. Sterilisasi dilakukan dengan cara balok kayu direndam menggunakan campuran larutan klorok dan aquades dengan perbandingan 1:2 selama 2 x 24 jam, kemudian balok kayu ditiriskan dan dikering anginkan selama 1 x 24 jam. Selanjutnya, balok kayu direndam kembali menggunakan alkohol selama 2 x 24 jam dan dikering anginkan selama 4 hari agar kadar air dalam balok berkurang. Balok kayu tersebut dioven selama 5 hari dengan suhu 80°C. Setiap balok kayu dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan diikat dengan menggunakan karet untuk disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm.

3.4.3 Inokulasi Jamur *G. boninense* pada Balok Kayu Karet

Inokulasi Jamur *G. Boninense* dilakukan pada tempat yang steril untuk menekan terjadinya kontaminasi yang merugikan. media yang digunakan adalah *Malt Extract Agar* (MEA) yang dituangkan sebanyak 40 ml ke balok kayu yang terdapat di dalam plastik tahan panas. Media MEA terdiri dari campuran bubuk MEA 50 g, agar batang 2 g, dan 1000 ml akuades yang kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Balok kayu karet yang telah dituang media MEA kemudian disterilisasi kembali menggunakan autoklaf dengan waktu, suhu, maupun tekanan yang sama. setelah proses sterilisasi yang kedua selesai tunggu balok kayu dingin dan siap untuk diinokulasikan jamur *G. boninense*.

Inokulasi jamur *G. boninense* pada balok kayu karet dilakukan di dalam *laminar air flow* dengan cara biakan jamur *G. boninense* yang berumur 5 hari dari hasil peremajaan dipotong dengan bor gabus dan diambil menggunakan jarum ose kemudian diletakkan di balok tersebut. Balok kayu karet yang telah diinokulasi jamur *G. boninense* didiamkan selama 8 minggu hingga jamur tersebut tumbuh dan menyelimuti balok kayu, serta siap untuk diaplikasikan.

3.4.4 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan yaitu campuran pasir dan tanah dengan perbandingan 1:1 atau sebanyak 12 kg. Media tersebut sebelumnya telah dibersihkan dari kotoran seperti kerikil, sisa bagian tanaman (akar, daun, dan ranting), maupun benda lainnya. Setelah itu, media dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 40 x 50 cm dan disusun sesuai dengan tata letak penelitian kemudian diberi label.

3.4.5 Persiapan Bibit Kelapa Sawit

Bibit kelapa sawit yang digunakan yaitu Varietas Tenera Simalungun yang diperoleh dari tempat pembibitan kelapa sawit di Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung. Dengan umur bibit 3 bulan.

3.4.6 Inokulasi Jamur *G. boninense* pada bibit kelapa sawit

Inokulasi jamur *G. boninense* pada bibit kelapa sawit dilakukan dengan cara membersihkan tanah yang menempel pada akar bibit kelapa sawit, lalu akar bibit kelapa sawit ditempelkan atau diletakkan pada balok kayu karet yang telah ditumbuhi jamur *G. boninense* kemudian bibit sawit beserta balok kayu karet ditanamkan ke dalam media tanam baru pada *polybag*. Untuk pemeliharaan tanaman kelapa sawit yang dilakukan yaitu penyiraman setiap hari sekali pada sore hari dan pengendalian gulma secara manual dengan mencabut menggunakan tangan.

3.4.7 Persiapan dan Peremajaan Isolat Bakteri Terpilih

Isolat bakteri terpilih yang digunakan adalah hasil isolasi dari suspensi ekstrak TKKS yaitu *Bacillus tequilensis*, *B. paramycoides*, dan *B. velezensis* yang merupakan hasil penelitian sebelumnya oleh Dermiyati *et al.* (2020). Sementara itu, isolat rimpang nanas adalah *Stenotrophomonas maltophilia* merupakan hasil penelitian Ilmiasari (2020).

Persiapan isolat bakteri dilakukan dengan mengambil isolat bakteri dari media penyimpanan berupa media *skim milk*. Selanjutnya menggunakan jarum ose steril dicelupkan pada media *skim milk* dan digoreskan pada cawan petri yang berisi media *Yeast Peptone Agar* (YPA) secara zigzag. Media YPA terdiri dari 10 g *peptone* (OXOID®; Inggris), 5 g *Yeast Extract Agar* (HIMEDIA®; India), 20 g agar batang yang dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* dan ditambahkan 1000 ml akuades.

Campuran media tersebut dihomogenkan pada *microwave*, lalu dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan disterilisasi. Proses sterilisasi dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

Peremajaan dilakukan dengan cara isolat murni yang tumbuh dari media YPA kemudian digoreskan pada media *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA) atau agar miring sebanyak 19 tabung reaksi untuk tiap isolat bakteri terpilih baik dari TKKS maupun rimpang nanas. Media PPGA dibuat dengan mencampurkan *peptone* 5 g,

$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ sebanyak 3 g, NaCl 3 g, KH_2PO_4 0,5 g, *glucose* 5 g, dan agar batang 20 g yang dimasukkan ke dalam *erlenmeyer*, lalu ditambahkan sebanyak 1000 ml air rebusan kentang 200 g. Agar bahan media homogen maka dipanaskan menggunakan *microwave*. Media yang telah homogen dimasukkan ke tabung reaksi sebanyak 4 ml tiap tabungnya menggunakan mikropipet. Sterilisasi dilakukan dengan autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm, setelah diautoklaf tabung reaksi berisi media dimiringkan di dalam *laminar air flow* hingga media dingin dan padat. Peremajaan isolat bakteri terpilih dilakukan sehari sebelum aplikasi konsorsium.

3.4.8 Pembuatan Larutan Konsorsium

Larutan Konsorsium dibuat dengan menggunakan media *Potato Dextrose Broth* (PDB). Media PDB terdiri dari kentang yang telah dipotong dadu sebanyak 200 g dan direbus pada air 1000 ml, kemudian air rebusan kentang tersebut dimasukkan ke tabung *erlenmeyer* dan ditambahkan dengan glukosa 5 g kemudian media PDB disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.4.9 Inokulasi Konsorsium Bakteri terpilih Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Rimpang Nanas pada Tanaman Kelapa Sawit

Inokulasi Konsorsium Bakteri dilakukan dengan mencampurkan biakan isolat bakteri terpilih pada media PDB sebanyak 10.000 ml (10 liter) yang telah *dishaker* selama 24 jam dengan kecepatan 50 rpm untuk setiap isolat baik TKKS, Rimpang Nanas, maupun gabungan antara TKKS dan Rimpang Nanas. kemudian campuran isolat bakteri terpilih pada larutan konsorsium dimasukkan ke dalam jerigen berukuran 30 liter. Aplikasi pada bibit tanaman sawit dilakukan dengan cara menyiramkan larutan konsorsium isolat bakteri terpilih sebanyak 400 ml disekitar perakaran yang telah diinokulasikan jamur *G. boninense*. Aplikasi larutan konsorsium isolat bakteri terpilih dilakukan setiap 3 bulan sekali yaitu pada umur bibit 3, 6, 9, dan 12 bulan.

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Tinggi Tanaman Sawit

Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur dari bagian pangkal batang bibit tanaman sawit sampai dengan ujung daun tertinggi menggunakan meteran. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap minggu setelah aplikasi larutan konsorsium untuk mengetahui perubahan fisiologi tanaman terhadap aplikasi isolat bakteri terpilih dan jamur *G. boninense*.

3.5.2 Jumlah Daun

Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap minggu setelah aplikasi larutan konsorsium pada bibit tanaman sawit dari umur bibit 3 bulan hingga 12 bulan. Daun yang dihitung merupakan daun yang telah berkembang atau terbuka sempurna.

3.5.3 Kandungan Klorofil

Kandungan klorofil diukur pada akhir penelitian. Pengukuran dilakukan menggunakan alat klorofil meter dengan cara menjepitkan alat pada lembaran daun bibit sawit dan ditunggu hingga muncul angka pada *display* alat tersebut. Daun yang diukur yaitu daun bagian bawah, tengah dan bagian atas. Waktu pengukuran kandungan klorofil yang baik yaitu antara pukul 10.00 sampai 14.00 WIB (Murdock *et al.*, 2004).

3.5.4 Bobot Basah Bibit Sawit

Pengukuran bobot basah bibit sawit dilakukan pada akhir pengamatan yaitu umur bibit 12 bulan dengan menimbang seluruh bagian tanaman bibit sawit. Sebelum ditimbang, akar bibit sawit tersebut dibersihkan dari media tanam yang menempel diakar, kemudian ditimbang menggunakan timbangan.

3.5.5 Bobot Kering Bibit Sawit

Bobot kering bibit sawit dilakukan setelah akhir aplikasi dan pengamatan yaitu pada umur bibit 12 bulan. Pengukuran bobot kering bibit sawit dilakukan dengan memasukkan bibit sawit yang telah ditimbang bobot basahnya ke dalam amplop. Amplop yang berisi bibit sawit tersebut kemudian dioven dengan suhu 80°C selama 3 x 24 jam hingga mencapai titik kering konstan.

3.5.6 Intensitas Serangan pada Tajuk

Pengukuran intensitas serangan tajuk bibit sawit dilakukan setiap 1 minggu sekali dengan cara skoring. Ketentuan pemberian skor tersebut berdasarkan Izzati *et al.* (2008) sebagai berikut:

- 0 : Tidak ada daun yang menunjukkan gejala layu dan kering;
- 1 : 25% daun menunjukkan gejala layu dan kering;
- 2 : 50% daun menunjukkan gejala layu dan kering;
- 3 : 75% daun menunjukkan gejala layu dan kering;
- 4 : 100% daun menunjukkan gejala layu dan kering.

Intensitas Serangan (IS) pada tajuk dihitung menggunakan rumus yaitu :

$$IS = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan :

- n : Jumlah tanaman dengan skor tertentu
- v : Nilai skor tiap kategori serangan
- N : Jumlah tanaman yang diamati
- Z : Skor tertinggi

3.5.7 Intensitas Serangan pada Akar

Pengukuran keparahan intensitas serangan akar bibit sawit dilakukan pada akhir pengamatan yaitu umur bibit 12 bulan. Intensitas serangan ditentukan berdasarkan skoring. Menurut Idris *et al.* (2004) ketentuan dalam skoring antara lain sebagai berikut :

- 0 : Sehat;

- 1 : Miselium mulai menempel di permukaan kulit akar namun belum infeksi;
- 2 : Infeksi dikulit, akar belum membusuk;
- 3 : Akar mulai nekrosis/membusuk, tajuk masih belum tampak gejala;
- 4 : Sebagian besar akar nekrosis/membusuk, tajuk tampak bergejala;
- 5 : Tanaman layu/mati.

Intensitas Serangan (IS) pada akar dihitung menggunakan rumus yaitu :

$$IS = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan :

- n : Jumlah tanaman per akar dengan skor tertentu
- v : Nilai skor tiap kategori serangan
- N : Jumlah tanaman per akar yang diamati
- Z : Skor tertinggi

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemberian konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS maupun kombinasinya meningkatkan performa tanaman kelapa sawit dibandingkan tanpa konsorsium, meskipun tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan.
2. Pemberian konsorsium isolat bakteri asal TKKS dan rimpang nanas maupun kombinasinya yang diinokulasi jamur *G. boninense* mampu menekan atau menghambat intensitas serangan akar oleh *Ganoderma boninense* sebesar 71-75%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian lanjut dalam skala lapang untuk melihat keefektifan konsorsium isolat bakteri terpilih asal rimpang nanas dan TKKS dengan meningkatkan dosis dan interval pengaplikasiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahemad, M. and Kibret, C. 2014. Mechanism and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University*, 26(1) : 1–20.
- Anggita, S. A., Munif, A., Nawangsih, A. A., and Tryono, R. 2020. The endophytic bacteria of oil palm and areca nut are beneficial as antagonist of *Ganoderma boninense* and potential as plant growth promoter. *The 3rd International Conference on Bioscience. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 457(2020)012055. 8 pp.
- Arwiyanto, T. 2014. Biological control of plant diseases caused by bacteria. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 18(1): 1–12.
- Assis, K., Chong, K., Idris, A., and Ho, C. 2015. Distribution of infected oil palms with *Ganoderma boninense* basal stems rot diseases. *JSRAD*, 2(10): 49–55.
- Bais, H.P., Fall, R., Vivanco, J.M., 2004. Biocontrol of *Bacillus subtilis* against infection of *Arabidopsis* roots by *Pseudomonas syringae* is facilitated by biofilm formation and surfactin production. *Plant Physiology*, 134: 307–319.
- Balint-Kurti, P. 2019. The plant hypersensitive response: concepts, control and consequences. *Molecular plant pathology*, 20(8) : 1163-1178.
- Bivi, M.R., Farhan, M.S.N., Khairulmazmi, A and Idris, A. 2010. Control of *Ganoderma boninense*: A causal agent of basal stem rot disease in oil palm with endophyte bacteria *In vitro*. *International Journal of Agriculture. Biology*, 12:833-839.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A., and Passaglia, L. M. P. 2012. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): their potential as antagonis and biological agent. *Genetics and Moleculer Biology*, 35(4): 1044–1051.

- Beneduzi, A., Moreira, F., Costa, P.B., Vargas, L. K., Lisboa, B. B., Favreto, R., Baldani J. I., Passaglia, L.M.P. 2013. Diversity and plant growth promoting evaluation abilities of bacteria isolated from sugarcane Cultivated in the south of Brazil. *Applied Soil Ecology*, 63:94–104.
- Chong, K. P., Dayou, J., and Alexander, A. 2017. Detection and control of *Ganoderma boninense* in oil palm crop. *Springer International Publishing* pp 1–59.
- Compant, S., Kaplan, H., Sessitsch, A., Nowak, J., Ait Barka, E., and Clément, C. 2008. Endophytic colonization of *Vitis vinifera* L. by Burkholderia phytofirmans strain PsJN: from the rhizosphere to inflorescence tissues. *FEMS microbiology ecology*, 63(1) : 84-93.
- Cooper, R. M., Flood, J., and Ress, R. W. 2011. *Ganoderma boninense* in oil palm plantation: current thinking on epidemiology, resistance, and pathology. *Planters*, 87(1024): 515–526.
- Crowly, D. E. 2006. Microbial siderophores in the plant rhizosphere. In *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms*. Springer, Dordrecht. pp. 169-198.
- Crowley, D. 2007. Function of siderophore in the plant rhizosphere. In: Pinton, R., Varanini, Z., and Nannipieri, P. Editor. *The rizosphere: biochemistry and organic substances at the soil plant interface*. Marcel Dekker, New York. pp 223-261.
- Dalwai, A. 2015. *AESA based IPM package for oil palm*. Department of Agriculture. India. pp 1–47.
- Dermiyati, Suharjo, R., Telaumbanua, M., Yosita, R., Sari A. W., and Andayani A. P. 2020. Abundance and characterization of microorganism isolated from oil palm empty fruit bunches waste under aerobic, anaerobic, and facultative anaerobic conditions. *Biodiversitas*, 22(9): 4213–4220.
- Diarta, I.M., Javandira, C dan Widyana, I.K. 2016. Antagonistik bakteri *Pseudomonas* spp. dan *Bacillus* spp. terhadap jamur *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu tanaman obat. *Jurnal Bakti Saraswati*, 5(1): 71-76.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2019. *Statistik Perkebunan Indonesia 2016–2018: Kelapa Sawit*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta. Hal 1–55.
- Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Shurigin, V. V., Hashem, A., and Abdullah, E. F. 2017. Endophytic bacteria improve plant growth, symbiotic performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and induce suppression of root rot caused by *Fusarium solani* under salt stress. *Frontiers in Microbiology*, 8: 1887.

- Esitken, A., Yildiz, H. E., Ercisli, S., Donmez, M. F., Turan, M., and Gunes, A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth, and nutrient contents of organically grown strawberry. *Scientia Horticulturae*, 124: 62–65.
- Gaiero, J. R., McCall, C. A., Thompson, K. A., Day, N. J., Best, A. S., and Dunfield, K. E. 2013. Inside the root microbiome: bacterial root endophytes and plant growth promotion. *American Journal of Botany*, 100(9): 1738-1750.
- Garcia A. P., Romero D., de Vicente, A. 2011. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Current Opinion in Biotechnology*, 22:187–193.
- Grobelak, A., Napora, A., and Kacprzak, M. 2014. The impact of plant growth promoting bacteria (PGPB) on the development of phytopathogenic fungi. *Folia Biologica et Oecologica*, 10: 107–112.
- 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 dan Lingkungan*. 16(2): 61 – 66.
- Hamzah, A., Saputra, R., Puspita, F., Nasrul, B., Irfandri, and Depari, N. S. 2021. *Ganoderma* diversity from small holder oil palm plantation in peatlands of Kampar District, Indonesia based on mycelia morphology and somatic incompatibility. *Biodiversitas*, 22(1): 16–22.
- Hartmann, A., Schmid, M., Tuinen, D.V., Berg, G., 2008. Plant-driven selection of microbes. *Plant Soil*, 321: 235–257.
- Idris, A. S., Kushairi, A., Ismail, S., and Ariffin, D. 2004. Selection for partial resistance in oil palm progenies to *Ganoderma* basal stem root. *Journal of Oil Palm Research*, 16: 12–18.
- Ilmiasari, Y. 2020. Kemelimpahan, karakterisasi, dan kemampuan mikroorganisme lokal asal rimpang nanas sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan antagonis *Phytophthora* sp. *Tesis*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 113 hlm.
- Irma, A., Meryandini, A., and Rupaedah, B. 2018. Biofungicide producing bacteria: an in vitro inhibitor of *Ganoderma boninense*. *Hayati Journal of Biosciences*, 25(4): 151–159. DOI : 10.4308/hjb.25.4.151.

- Izzati, N. A., Zainudin, M., and Abdullah, F. 2008. Disease suppression in *Ganoderma* infected oil palm seedlings treated with *Trichoderma harzianum*. *Plant Protection Science*, 44(3): 101–107.
- Khabbaz, S.E., Abbasi, P.A. 2014. Isolation, characterization, and formulation of antagonistic bacteria for the management of seedlings damping-off and root rot disease of cucumber. *Canadian Journal of Microbiology*, 60 : 25-33.
- Karthika, S., Varghese, S., and Jisha, M. S. 2020. Exploring the efficacy of antagonistic rhizobacteria as native biocontrol agents against tomato plant diseases. *3 Biotech* 10(320): 1–17. DOI : 10.1007/s13205-020-02306-1.
- Kamil, N. N. and Omar, S. F. 2016. Climate variability and its impact on the palm oil industry. *Oil Palm Industry Economic Journal*, 16(1): 18–30.
- Kandan, A., Bhaskaran, R., and Samiyappan, R. 2010. *Ganoderma* a basal stem rot disease of coconut palm in south Asia and Asia pacific regions. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 43(15) : 1445-1449.
- Karim, H., Hamka, L., Kurnia, N., and Junda, M. 2018. Effectivity of antagonistic bacteria in controlling of fusarium wilt diseases of banana (*Musa paradisiaca*) by in vitro. *2nd International Conference on Statistics, Mathematics, Teaching, and Research. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1028 (2018) 012014*. 6 pp.
- Kaur, A., Devi, S. R., and Vyas, P. 2018. Stress-tolerant antagonistic plant growth-promoting rhizobacteria from *Zea mays*. *Journal of Plant Protection Research*, 58(2): 115–123.
- Khan, M. J., Gerasimidis, K., Edwards, C. A., and Shaikh, M. G. 2016. Role of gut microbiota in the aetiology of obesity: proposed mechanisms and review of the literature. *Journal of Obesity*, 2016:1-26
- Kim, J., Hahn, J.S., Franklin, M.J., Stewart, P.S., Yoon, J., 2009. Tolerance of dormant and active cells in *Pseudomonas aeruginosa* PA01 biofilm to antimicrobial agents. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 63:129–135.
- Kohl, J., Kolnaar, R., and Ravensberg, W. J. 2019. Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 10: 845–879.
- Kolter, R., and Greenberg, E.P., 2006. Microbial sciences: the superficial life of microbes. *Nature*, 441: 300–302.

- Kondan, A., Bhaskara, R., and Samiyappan, R. 2010. *Ganoderma* a basal stem rot disease of coconut palm oil in South Asia and Asia Pasific Region. *Arch Phytopathol Plant Protect*, 43: 1445–1449.
- Kuklinsky- Sobral, J., Araújo, W. L., Mendes, R., Geraldi, I. O., Pizzirani- Kleiner, A. A., and Azevedo, J. L. 2004. Isolation and characterization of soybean-associated bacteria and their potential for plant growth promotion. *Environmental microbiology*, 6(12) : 1244-1251.
- Lambers, H., Mougel, C., Jaillard, B., and Hinsinger, P. 2009. Plant microbe soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. *Plant and Soil*, 321(1), 83-115.
- Lugtenberg, B and Kamilova, F., 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63: 541–556.
- Marin-Cevada, V., Munoz-Rojas, J., Caballero-Mellado, J., Mascaro-Esparzo, M. A., Castaneda-Lucio, M., Carreno-Lopez, R., Estrada-de Los Santos, P., and Fuentes-Ramirez, L. E. 2011. Antagonistic interactions among bacteria inhabiting pineapple. *Applied Soil Ecology*, 61: 230-235.
- May, N.L. 2011. Diversitas bakteri asal spora fungi mikoriza arbuskula *Gigaspora* sp. dan *Glomus* sp. serta potensinya sebagai mycorrhiza helper bacteria. *Tesis*. Program Studi Silviculture Tropika, IPB.
- Mba, O. I., Dumont, M. J., & Ngadi, M. 2015. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry—A review. *Food bioscience*, 10 : 26-41.
- Mih, A. M. and Kinge, T. R. 2015. Ecology of basal stem rot disease of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Cameroon. *American Journal Agriculture and Forestry*, 3(5): 208–215.
- Montiel, L. G. H., Rodriguez, A. Z., Angulo, C., Puente, E. O. R., Aguilar, E. E. Q., and Galicia, R. 2017. Marien yeasts and bacteria as biological control agents against anthracnose on mango. *Journal of Phytopathology*, 1–8. <http://doi.org/10.1111/jph.12623>.
- Mugiastuti, E. dan Rahayuniati. 2011. Penapisan Bakteri Antagonis dan Penggunaannya Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Tanaman Tomat Akibat Sinergi Nematoda *Meloidogyne incoqnita* dan Jamur *Fusarium oxysporum*. *Laporan Penelitian*. Universitas jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Mugiastuti, E., R.F. Rahayuniati, dan P. Sulistyanto. 2012. Pemanfaatan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* untuk Mengendalikan Penyakit Layu Tanaman

Tomat Akibat Sinergi *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* sp. Laporan Penelitian. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

- Munif, A., Wiyono, S., dan Suwarno. 2012. Isolasi bakteri endofit asal padi gogo dan potensinya sebagai agens biokontrol dan pemacu pertumbuhan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 8(3): 57–64.
- Murdock, L., Call, D., dan James, J. 2004. *Comparison Use of Chlorophyll Meters on Wheat (Reflectance vs. Transmittance/Absorbance)*. University of Kentucky: UK Comperative Extension Service, 108: 1-4.
- Murphy, D. J. 2014. The future of oil palm as a major global crop: opportunities and challenges. *Journal of Oil Palm Research*, 26(1): 1–24.
- Nawangsih, A. A., Damayanti, I., Wiyono, S., and Kartika, J. G. 2011. Selection and characterization of endophytic bacteria as biocontrol agens of tomato bacterial wilt disease. *Hayati Journal of Biosciences*, 18 (2): 66–70. DOI : 10.4308/hjb.18.2.66.
- Olanrewaju, D. S., Glick, B. R., and Babalola, O. O. 2017. Mechanism of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal Microbiology Biotechnology*, 33: 197. DOI : 10.1007/s11274-017-2364-9.
- Pal, A., Chattopadhyay, A., and Paul, A. K. 2012. Diversity and antimicrobial spectrum of endophytic bacteria isolated from *Paederia foetida* L. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 4(3): 123–127.
- Peterson, R. R. M. 2019. *Ganoderma boninense* disease of oil palm to significantly reduce production after 2050 in Sumatra if projected climate change occurs. *Microorganisms*, 7(24): 1–8.
- Prihatiningsih, N., Arwiyanto, T., Hadisutrisno, B., dan Widada, J. 2015. Mekanisme antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk pengendalian penyakit layu bakteri kentang. *Jurnal HPT Tropika*, 15(1): 64 – 71.
- Prihatiningsih, N., Djatmiko, H. A., and Lestari, P. 2017. Siderophore activity of *Bacillus subtilis* as plant growth promoters and biological control agent of eggplants pathogens. *Journal HPT Tropika*, 17(2): 170–178.
- Puspita, F., Hadiwiyono, Poromorto, S. H., and Roslim, D. I. 2017. Morphology, physiology, and molecular characteristics of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) endophytic *Bacillus* sp. *International Journal of Biosciences and Biotechnology*, 5(1): 80–91. DOI : 10.24843/IJBB.2017.v05.i01.p07.

- Qi, G., Oan, Z., Adriamanohiarisoamanana, F. J., Yamashira, T., Iwasaki, N., Kawamoto, K., and Umetsu, K. 2017. Isolation and characterization of plant growth promoting bacteria (PGPB) from anaerobic digestate and their effect on common wheat (*Triticum sativum*) seedling growth. *International Journal of Environmental & Agricultural Research*, 3(1): 46–52.
- Raaijmakers, J.M., Paulitz, T.C., Steinberg, C., Alabouvette, C., Moenne-Loccoz, Y., 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant Soil*, 321: 341–361.
- Rakib, M. R. M., Bong, C. F. J., Khairulmazmi, A., and Idris, A. S. 2014. Genetic and morphological diversity of ganoderma species isolated from infected oil palm (*Elaeis guineensis*). *International Journal of Agriculture & Biology*, 16(4): 691–699.
- Ramey, B. E., Koutsoudis, M., von Bodman, S. B., and Fuqua, C. 2004. Biofilm formation in plant–microbe associations. *Current opinion in microbiology*, 7(6): 602–609.
- Ramli, N. R., Mohamed, M. S., Seman, I. A., Zairun, M. A., and Mohamad, W. 2016. Biological control agents for *Ganoderma boninense* disease in oil palm. *Sains Malay*, 45(3): 401–409.
- Rashid, S., Charles, T. C., and Glick, B. R. 2012. Isolation and characterization of new plant growth-promoting bacterial endophytes. *Applied Soil Ecology*, 61: 217–224.
- Rees, R. W., Flood, J., Hasan, Y., Wills, M. A., and Cooper, R. M. 2012. *Ganoderma boninense* basidiospores in oil palm plantations: evaluation of their possible role in stem rots of *Elaeis guineensis*. *Plant Pathology*, 61(3): 567–578.
- Rosyidah, A., Wardiyati, T., Abadi, A. L., and Maghfoer, M. D. 2013. Enhancement in effectiveness of antagonistic microbes by means of microbial combination to control *Ralstonia solanacearum* on potato planted in Middle Latitude. *Agrivita*, 35(2): 174–183.
- Safitri, L., Suryanti, S., Kautsar, V., Kurniawan, A., and Santiabudi, F. 2018. Study of oil palm root architecture with variation of crop stage and soil type vulnerable to drought. *ICB Bogor 2017. IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, 141 (2018) 012031.
- Santoyo, G., Moreno-Hagelsieb, G., Orozco-Mosqueda, M., Glick, B.R. 2016. Plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microbiological Research*, 183: 92–99.

- Sapak, Z., Meon, S., Abidin, Z., and Ahmadi, M. 2008. Effect of endophytic bacteria on growth and suppression of *Ganoderma* infection in oil palm. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10(2): 127–132.
- Sarma, B. K., Yadav, S. K., Singh, S., and Singh, H. B. 2015. Microbial consortium-mediated plant defense against phytopathogens: readdressing for enhancing efficacy. *Soil Biology Biochemistry*, 87 : 25–33.
- Shahputra, M. A. and Zen, Z. 2018. Positive and negative impacts of oil palm expansion in Indonesia and the prospect to achieve sustainable palm oil. *International Conference on Agriculture, Environment, and Food Security. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 122 (2018) 012008. DOI : 10.1088/1755-1315/122/1/012008.
- Singh, I. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and their various mechanisms for plant growth enhancement in stressfull conditions: a review. *European Journal of Biological Research*, 8(4): 191–213.
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., Manan, A., and Wachjadi, M. 2013. Ability test of several antagonist to control potato bacterial wilt in the field. *AGRIVITA* 35(1): 30–35. DOI : 10.17503/Agrivita-2013-35-1-p030-035.
- Souza, R. D., Ambrosini, A., and Passaglia, L. M. P. 2015. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetic and Molecular Biology*, 38(4): 401–409.
- Spaepen, S and Vanderleyden, J. 2011. Auxin and plant-microbe interactions, *Cold Spring Harbor Perspectives in Biolpgy*, 1(3) :1-13.
- Suharjo, R., Aeny, TN., Hasanudin, U., Sumakatri, T., Krisno, R., Khoironi, T., Safitri, D.A. 2018. Potential of endophytic bacteria as plant growth promoter and antagonist against pineapple-fungal plant pathogen in Indonesia. *Proceedings of International Symposium on Inovatif*. Gifu University. Japan.
- Supriyanto, Purwanto, Poromarto, S. H., and Supyani. 2020. The relationship of some characteristic of peat with oil palm basal stem rot (BSR) caused by *Ganoderma* in peatlands. *The 4th Inetrnational Conference on Climate Change 2019 (The 4th ICCC 2019). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 423 (2020) 012064. 8 pp. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/423/1/012064>.
- Susanto, A., Prasetyo, A. E., Priwiratama, H., Wening, S., dan Suriyanto. 2013. *Ganoderma boninense* penyebab penyakit busuk pangkal batang atas kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 9(4): 123–126.

- Tariq, M., Noman, M., Ahmed, T., Hameed, A., Manzoor., N., and Zafar, M. 2017. Antagonistic features displayed by plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A Review. *Journal of Plant Science and Phytopathology* 1: 038–043. DOI : 10.29328/journal.jpssp.1001004.
- Tasnim, S., Retno, K., dan Astiti, N.P.A. 2011. Efektifitas daya hambat bakteri *Streptomyces* sp. terhadap *Erwinia* sp. penyebab penyakit busuk rebah pada lidah buaya (*Aloe Barbadensis* Mill). *Jurnal Simbiosis*, 1(1):21 –27.
- Teixeira, P. J. P., Colaianni, N. R., Fitzpatrick, C. R., and Dangl, J. L. 2019. Beyond pathogens: microbiota interactions with the plant immune system. *Current Opinion in Microbiology*, 49: 7–17.
- Toppo, S. R. and Naik, U. C. 2015. Isolation and characterization of bacterial antagonist to plant pathogenic fungi (*Fusarium* spp.) from agro based area of Bilaspur. *Proc. of The IRSMT-2015. International Journal of Research Studies in Biosciences*. pp 6–14.
- Tsegaye, Z., Bekele, D., Chaniyalew, S., Feleke, A., Alemu, T., and Assefa, F. 2021. The effects of plant growth–promoting bacteria (PGPB) inoculation on teff growth, yield, and grain nutrient uptake of two teff varieties under field conditions. *Preprints*, 1–16. DOI : 10.20944/preprints202103.0046.v1.
- USDA. 2020. Classification for kingdom plantae to species *Alaëis guineensis* Jacq. (*online*). <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=ELAGU>. Diakses pada 21 Februari 2020. Pukul 10:21 WIB.
- Utami, A. D., Wiyono, S., Widyastuti, R., dan Cahyono, P. 2020. Keanekaragaman mikrob fungsional rizosfer nanas dengan berbagai tingkat produktivitas. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 25(4): 584–591. DOI : 10.18343/jipi.25.4.584.
- Wang, X., Li, Q., Sui, J., Zhang, J., Liu, Z., Du, J., Xu, R., Zhou, Y., and Liu, X. 2019. Isolation and characterization of antagonistic bacteria *Paenibacillus jamilae* HS–26 and their effects on plant growth. *BioMed Research International* 2019: 1–13. DOI : 10.1155/2019/3638926.
- Watts, J. D. and Irawan, S. 2018. Oil palm in Indonesia, leveraging. Agriculture Value Chain to Enhance Tropical Tree Cover and Slow Deforestation. Innovation and Action for Forest (PROFOR). 28 pp.
- Webb, J.S., Givskov, M., Kjelleberg, S., 2003. Bacterial biofilms: prokaryotic adventures in multicellularity. *Current Opinion in Microbiology*, 6(6) : 578–585.

- Whipps, J.M. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*, 52 : 487–511.
- Wilcove, D. S. and Koh, L. P. 2010. Addressing the threats to biodiversity from oil palm agriculture. *Biodiversit and Conservation*, 19: 999–1000.
- Wiratmoko, D., Prasetyo, A. E., Jatmiko, R. H., Yusuf, M. A., and Rahutomo, S. 2018. Identification of *Ganoderma boninense* infection levels on oil palm using vegetation index. *International Journal of Oil Palm*, 1(3): 110–120.
- Wenno T. 2015. Pemanfaatan bakteri asal endomikoriza sebagai antagonis cendawan patogen ikutan benih *Pometia pinnata*, *Pterocarpus indicus* dan *Aquilaria filaria*. *Skripsi*. Universitas Papua.
- Weert, S., Vermeiren, H., Mulders, I. H., Kuiper, I., Hendrickx, N., Bloemberg, G. V., and Lugtenberg, B. J. 2002. Flagella-driven chemotaxis towards exudate components is an important trait for tomato root colonization by *Pseudomonas fluorescens*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 15(11): 1173-1180.
- Woeng, T. F., Bloemberg, G. V., Mulders, I. H., Dekkers, L. C., and Lugtenberg, B. J. 2000. Root colonization by phenazine-1-carboxamide-producing bacterium *Pseudomonas chlororaphis* PCL1391 is essential for biocontrol of tomato foot and root rot. *Molecular plant-microbe interactions*, 13(12): 1340-1345.
- Yosita, R. 2020. Kemelimpahan, karakterisasi, dan kemampuan mikroorganisme lokal asal tandan kosong kelapa sawit sebagai antagonis jamur *Ganoderma boninense* dan pemacu pertumbuhan tanaman. *Tesis*. Universitas Lampung. Lampung. 97 hlm.
- Zaiton, S., Sariah, M., and Ahmad, Z.A.M. 2008. Effect of endophytic bacteria on growth and suppression of *Ganoderma boninense* infection in oil palm. *International Journal Agricultural Biology*, 10:127-132.
- Zhao, L., Xu, Y., and Lai, X. 2018. Antagonistic endophytic bacteria associati with nodules of soybean (*Glycine max* L.) and plant growth-promoting properties. *Brazilian Journal of Microbiology*, 49: 269–278.