

## Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada pembibitan untuk menekan kejadian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit

*Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) at the nursery to suppress the basal stem rot disease incidence in oil palm*

Henny HENDARJANTI <sup>1\*)</sup> & Henik SUKORINI <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> PT. Astra Agro Lestari Tbk., Jl. Pulo Ayang Raya Blok OR/I Pulogadung Industrial Area, Indonesia

<sup>2)</sup> Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang, Jawa Timur 65152, Indonesia

Diterima tgl 17 Mei 2022/ Disetujui tgl 31 Oktober 2022

### Abstract

*Ganoderma boninense is the main pathogen in oil palm plantation areas and can infect new plants, thereby shortening the economic life of the crop cycle. Until now, no effective control measure has been found to minimize the incidence of this basal stem rot (BSR) disease. Preventive control strategy through replanting and applying Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Trichoderma sp. in the nursery can be an approach in controlling BSR disease. This study aims to determine the effect of AMF and Trichoderma sp. as biocontrol agents in the oil palm nursery on the incidence of BSR in the field. The treatments were types (MM, MR, and MT) and dosages (25, 50 and 75 g per seedlings) of AMF products and each treatment was replicated three times. Arbuscular Mycorrhizal Fungi was applied at the main-nursery stage and at the time of planting in the field. Observations were made on AMF and Trichoderma sp. spore density and AMF colonization on the plants at 4, 5, 6, and 7 years-olds, while the incidence of BSR was observed for ten years, from one year before replanting up to 8-year-old. The experimental design carried out was a randomized block design. The results showed that the MM-25 treatment was the best treatment in terms of AMF colonization percentage (98%) and total AMF spores (688 spores per 100 g soil) at seven-year-old plants. However, the population of Trichoderma sp. showed inconsistent numbers during the observation. Before replanting, the oil palm plantation area showed a BSR incidence of 21.37%. However, after replanting with the application of AMF and Trichoderma sp. on the seedlings, the incidence of BSR has become 0% until the plants at eight-year-old. In general, the application of AMF reduced the BSR incidence on oil palm in the field.*

[Keywords: biocontrol agents, basal stem rot, AMF, oil palm, replanting]

### Abstrak

*Ganoderma boninense* merupakan patogen utama di areal perkebunan kelapa sawit dan dapat menginfeksi tanaman baru, sehingga memperpendek umur ekonomis siklus tanaman. Sampai saat ini, belum ditemukan pengendalian yang efektif untuk meminimalkan kejadian penyakit busuk pangkal batang (BPB). Strategi pengendalian preventif melalui peremajaan dan aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan *Trichoderma* sp. di pembibitan dapat menjadi salah satu pendekatan dalam pengendalian penyakit BPB. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi agens biokontrol FMA dan *Trichoderma* sp. di pembibitan kelapa sawit terhadap kejadian BPB di lapangan. Perlakuan yang diuji adalah jenis (MM, MR, dan MT) dan dosis (25, 50, dan 75 g per bibit) produk FMA dan masing-masing perlakuan diulang tiga kali. Fungi Mikoriza Arbuskular diaplikasikan di pembibitan utama dan saat tanam di lapangan. Pengamatan dilakukan terhadap kepadatan spora FMA dan *Trichoderma* sp. serta kolonisasi FMA pada umur tanaman 4, 5, 6, dan 7 tahun sedangkan kejadian BPB diamati selama sepuluh tahun dari satu tahun sebelum peremajaan hingga umur tanaman 8 tahun. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan MM-25 merupakan perlakuan terbaik ditinjau dari persentase kolonisasi FMA sebesar 98% dan total spora FMA sebesar 688 spora per 100 g tanah pada tanaman umur tujuh tahun. Namun, populasi *Trichoderma* sp. menunjukkan angka yang tidak konsisten selama pengamatan. Sebelum peremajaan, areal kelapa sawit menunjukkan kejadian BPB sebesar 21,37%. Namun setelah dilakukan peremajaan dengan aplikasi FMA dan *Trichoderma* sp. pada bibit, kejadian BPB menjadi 0% sampai umur tanaman delapan tahun. Secara umum, aplikasi FMA mengurangi kejadian BPB kelapa sawit di lapangan.

<sup>\*)</sup> Penulis korespondensi: [henny.hendarjanti@gmail.com](mailto:henny.hendarjanti@gmail.com)

[Kata kunci: agens biokontrol, busuk pangkal batang, FMA, kelapa sawit, peremajaan]

## Pendahuluan

Serangan *Ganoderma boninense* penyebab penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) pada tanaman kelapa sawit merupakan salah satu ancaman utama bagi Indonesia sebagai negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia (Arsyad *et al.*, 2020). Serangan *G. boninense* dapat menurunkan produktivitas kelapa sawit sehingga diperlukan program peremajaan kelapa sawit pada tanaman dewasa berusia 20-25 tahun atau kebun yang terserang *Ganoderma* sebagai upaya mempertahankan produktivitas kelapa sawit. Inokulum *G. boninense* di lapangan merupakan salah satu kendala yang dihadapi dalam proses peremajaan kelapa sawit. Inokulum ini muncul karena terdapatnya sisa tanaman terserang BPB pada periode sebelumnya. Serangan penyakit BPB dapat menyebabkan kematian tanaman dan menurunkan produksi sehingga menimbulkan kerugian ekonomi bagi pekebun. Tingkat kejadian infeksi *G. boninense* di areal peremajaan kelapa sawit adalah sebesar 7,68% per tahun sedangkan pada lahan hasil konversi dari rawa, kakao, dan karet masing-masing sebesar 4,67%, 3,81%, dan 1,06% per tahun (Priwiratama *et al.*, 2020). Oleh karena itu, BPB dapat menyebabkan 80% kerugian pada perkebunan kelapa sawit, terutama pada penanaman generasi berikutnya.

Pelaksanaan program peremajaan kelapa sawit harus memenuhi unsur legalitas, produktivitas, sertifikasi *Indonesian Sustainable Palm Oil* (ISPO), dan prinsip keberlanjutan. Kegiatan-kegiatan yang terkait dengan prinsip-prinsip keberlanjutan antara lain: melindungi kawasan Nilai Konservasi Tinggi (NKT), menggunakan benih bersertifikat, dan menerapkan konsep *zero burning*. Beberapa upaya telah dilakukan untuk menekan kejadian BPB, antara lain secara kuratif dengan praktik budaya (pembukaan lahan, pengikisan & pembumbunan, dan sanitasi) serta aplikasi fungsida (Chong *et al.*, 2017; Maluin *et al.*, 2019; Ibrahim *et al.*, 2020). Beberapa peneliti menyarankan pengendalian BPB melalui pencegahan dengan menggunakan bahan tanam yang tahan terhadap *Ganoderma* (Putri *et al.*, 2017; Afandi *et al.*, 2019, Faizah *et al.*, 2020, Priwiratama & Susanto, 2020) dan dengan memodifikasi teknik peremajaan (Priwiratama *et al.*, 2020). Selain itu, direkomendasikan juga untuk menerapkan agens biokontrol (Kamarudin *et al.*, 2019; Priwiratama & Susanto, 2020; Ibrahim *et al.*, 2020).

*Trichoderma* sp. dilaporkan sebagai agens biokontrol yang dapat menghambat pertumbuhan *Ganoderma* (Musa *et al.*, 2018; Supriyanto *et al.*,

2020). *Trichoderma* sp. menghambat *G. boninense* melalui beberapa mekanisme seperti antibiosis, *myco-parasitism*, dan daya saing yang kuat (Nusaibah & Musa, 2019; Virdiana *et al.*, 2019). Selain itu, sebagian besar tanaman terestrial berasosiasi dengan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) yang menginfeksi akar tanaman dan membentuk hifa eksternal di daerah perakaran dan arbuskula di korteks sel akar tanaman yang dapat menguntungkan bagi tanaman (Auliana & Kaonongbua, 2018). Fungi Mikoriza Arbuskular merupakan cendawan yang bersimbiosis dengan tanaman dan berpotensi sebagai agens biokontrol untuk mengurangi keparahan penyakit terutama yang disebabkan oleh patogen tular tanah (Bagyaraj, 2018; Singh *et al.*, 2019). Kolonisasi FMA secara impresif memengaruhi tingkat perlindungan tanaman terhadap patogen tular tanah (Kumar *et al.*, 2016). Saallah *et al.* (2021) menyatakan bahwa kolonisasi FMA di persemaian bermanfaat dalam melindungi akar kelapa sawit dari infeksi patogen tular tanah *G. boninense*. Fungi Mikoriza Arbuskular memiliki dampak positif bagi ekosistem karena dapat meningkatkan kualitas agregasi tanah, mempromosikan struktur komunitas tanaman dan bakteri, serta meningkatkan stabilitas ekosistem (Diagne *et al.*, 2020). Infeksi patogen *Ganoderma* sp. dapat ditekan selama peremajaan tanaman melalui modifikasi teknik peremajaan (Priwiratama & Susanto, 2020). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi agens biokontrol FMA pada bibit kelapa sawit yang digunakan untuk peremajaan terhadap kejadian BPB setelah dilakukan peremajaan.

## Bahan dan Metode

### Kondisi areal sebelum peremajaan

Penelitian ini dilakukan di areal kelapa sawit generasi ke-2 perkebunan kelapa sawit PT Pasangkayu, Sulawesi Barat yang diremajakan pada tahun 2012, dengan populasi pokok per hektar adalah 138. Kejadian penyakit BPB yang disebabkan oleh *G. boninense* di areal yang sama pada tahun 2011 sebelum dilakukan peremajaan adalah sebesar 21,37%.

### Persiapan lahan peremajaan

Persiapan lahan peremajaan dimulai dengan melakukan deteksi dini dan identifikasi tanaman kelapa sawit terinfeksi *Ganoderma* dengan metode sensus setiap 6 bulan sekali. Selanjutnya dilakukan eradikasi pohon terserang BPB dengan penumbangan dan pemotongan menggunakan gergaji mesin *chainsaw*, kemudian dilakukan pengangkutan ke tepi areal menggunakan ekskavator. Pada tahap selanjutnya, sumber inokulum seperti tunggul, batang, dan akar kelapa

sawit dibakar di dalam insinerator yang terkontrol. Eradikasi tanaman kelapa sawit terserang BPB pada areal peremajaan dilakukan lebih awal sebelum penumbangan tanaman sehat. Penumbangan dan pemotongan batang (*chipping*) tanaman sehat dilakukan dengan ekskavator. Penanganan pohon kelapa sawit tua yang terinfeksi *G. boninense* dan eradikasi inokulum *Ganoderma* merupakan upaya dalam mencegah sumber infeksi *Ganoderma*. Pada kegiatan selanjutnya dilakukan sanitasi eks pokok terinfeksi dengan pembuatan lubang tanam berukuran 2 x 2 x 1 m (p x l x t) pada titik tanam baru (Gambar 1).

*Persiapan bibit dan penanaman di lapang*

Kegiatan dalam menyiapkan bibit dan penanaman bibit di lapang dimuat pada Gambar 2. Bibit yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis regular dan moderat toleran *Ganoderma* (MT Gano). Bibit yang digunakan untuk peremajaan merupakan bibit yang telah diinokulasi agens biokontrol FMA dan *Trichoderma* sp. dengan karakteristik produk agens biokontrol komersial disajikan pada Tabel 1.



Gambar 1. Langkah-langkah yang dilakukan untuk persiapan lahan peremajaan. (a) deteksi dini dan identifikasi tanaman kelapa sawit terinfeksi *Ganoderma* dengan metode sensus setiap 6 bulan, (b) eradikasi pohon terserang BPB dengan penumbangan dan pemotongan menggunakan gergaji mesin *chainsaw*, (c) pengangkutan inokulum *Ganoderma*: tunggul, batang dan akar ke pinggir areal, (d) pembakaran inokulum *Ganoderma* dalam insinerator yang terkontrol, (e) penumbangan dan pemotongan batang (*chipping*) kelapa sawit tua dengan ekskavator, dan (f) lubang sanitasi eks pokok terinfeksi *Ganoderma* 2 x 2 x 1 m (panjang x lebar x tinggi)

Figure 1. Steps carried out for preparation the replanting area. (a) early detection and identification of oil palms infected with *Ganoderma* with the census method every six months, (b) eradication of Basal Stem Rot (BSR)-attacked palms by clearing and cutting using a chainsaw, (c) transportation of *Ganoderma* inoculum: stumps, stems and roots to the border of the area, (d) burn of *Ganoderma* inoculum in a guarded incinerator (e) clearing and chipping of old palm trunks with an excavator, and (f) sanitary pits ex palm infected with *Ganoderma* 2 x 2 x 1 m (length x width x height)

Tabel 1. Karakteristik agens biokontrol komersial yang digunakan dalam penelitian

Table 1. Characteristics of commercial biocontrol agents used in research

Agens biokontrol <i>Biocontrol agents</i>	Kode <i>Code</i>	Bahan aktif <i>Active ingredients</i>	Media pembawa <i>Carrier</i>	Populasi spora <i>Spore population</i>
Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	MM	Spora FMA (4 genus): <i>Acaulospora</i> , <i>Gigaspora</i> , <i>Glomus</i> , dan <i>Scutellospora</i>	Campuran pasir yang disterilkan dan <i>vermiculite</i>	200 spora per 10 g media pembawa
Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	MR	12 jenis spora FMA	Campuran silika dan karbon	250-300 spora per 10 g media pembawa
Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	MT	Spora FMA (3 genus): <i>Gigaspora</i> , <i>Glomus</i> dan <i>Acaulospora</i> . Bakteri rhizosfer	zeolit	200-300 spora per 10 g media pembawa
<i>Trichoderma</i> sp.	<i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma pseudokoningii</i>	-	1 x 10 <sup>6</sup> cfu g <sup>-1</sup> produk
		<i>Trichoderma harzianum</i>	-	1 x 10 <sup>6</sup> cfu g <sup>-1</sup> produk

*Trichoderma* sp. diaplikasikan di *pre nursery* dengan dosis 30 g per bibit dan saat tanam dengan dosis 400 g per lubang tanam sesuai standar prosedur operasional (SOP) perusahaan. Dalam aplikasinya, *Trichoderma* sp. dicampur dengan campuran limbah padat *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dan tanah dengan perbandingan 1:10 (g/g), yaitu sejumlah 30 g *Trichoderma* sp.: 300 g POME (di *pre nursery*) dan 400 g *Trichoderma* sp.: 4 kg POME (di lubang tanam). Sementara itu, aplikasi FMA menjadi perlakuan yang diuji dalam penelitian ini. Fungi Mikoriza Arbuskular diaplikasikan di *main nursery* dan pada saat tanam di lapang saat bibit berusia 1 tahun.

*Rancangan percobaan*

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis FMA yang terdiri dari 3 produk komersial yaitu MM, MR, dan MT sedangkan faktor kedua adalah dosis FMA yang terdiri dari 3 taraf yaitu 25, 50, dan 75 g per bibit. Jumlah perlakuan yang diuji adalah 9 perlakuan yang merupakan kombinasi dari 3 jenis dan 3 dosis produk FMA dan diulang 3 kali. Selain itu, terdapat kontrol positif dan negatif serta bibit tahan *Ganoderma* sehingga total perlakuan yang diuji adalah 12 seperti diuraikan pada Tabel 2. Terdapat total 48 petak percobaan dengan jumlah bibit per petak percobaan sejumlah 14 bibit (Gambar 3).



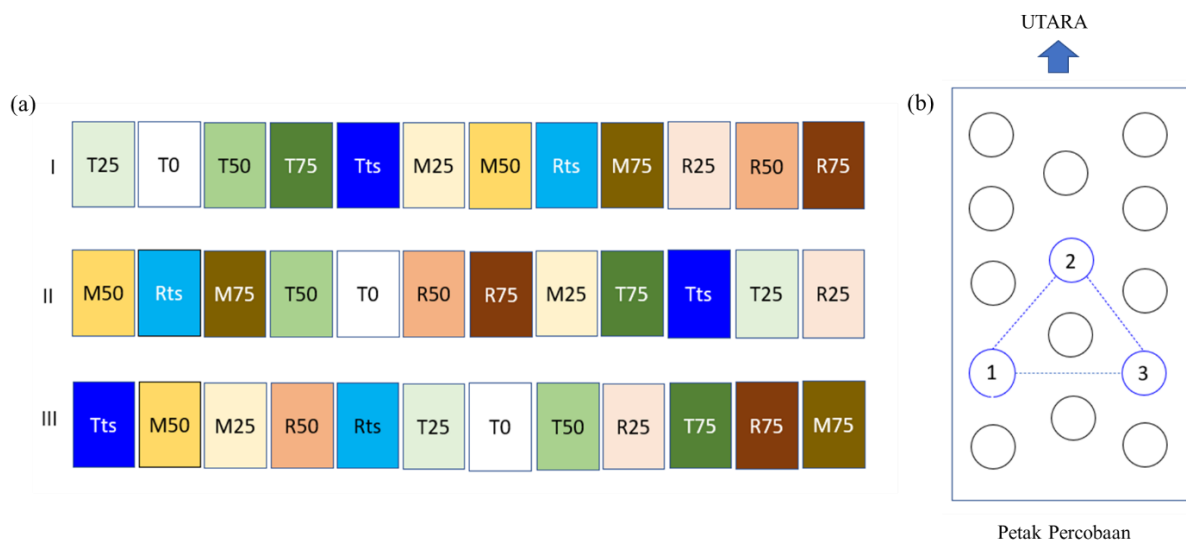
Gambar 2. Langkah-langkah dalam menyiapkan bibit kelapa sawit dan penanaman ke lubang tanam. (a) bahan tanam bersertifikat regular dan moderat toleran *Ganoderma* (MT Gano) ditanam di pembibitan, (b) penanaman benih di *pre nursery*, (c) inokulasi FMA di *main nursery*, (d) lubang tanam 0,5 x 0,4 x 0,4 m (panjang x lebar x tinggi) dan aplikasi *Trichoderma* sp. di lubang tanam sebelum tanam kelapa sawit, (e) aplikasi FMA pada bibit umur 12 bulan saat ditanam di lapang, dan (f) bibit kelapa sawit ditanam di lubang tanam

Figure 2. Steps carried out in preparing oil palm seedlings and transplanting to planting holes. (a) regular and moderately tolerant *Ganoderma* (MT Gano) certified planting material is grown in nurseries, (b) planting seeds in *pre nursery*, (c) inoculation of AMF in *main-nursery*, (d) planting hole 0.5 x 0.4 x 0.4 m (length x width x height) and the application of *Trichoderma* sp. in the planting hole before planting oil palm, (e) AMF application on 12-month-old seedlings to be planted in the field, and (f) oil palm seedling planted in the planting hole

Tabel 2. Perlakuan yang diuji dalam penelitian ini

Table 2. The treatment tested in this study

No	Kode Code	Varietas bibit Seed varieties	<i>Trichoderma</i> sp. (g bibit <sup>-1</sup> )		FMA (g bibit <sup>-1</sup> )		Keterangan Description
			<i>Pre Nursery</i>	Lubang tanam Planting hole	<i>Main Nursery</i>	Lubang tanam Planting hole	
1.	MM25	Regular	30	400	25	250	Perlakuan
2.	MM50	Regular	30	400	50	250	Perlakuan
3.	MM75	Regular	30	400	75	250	Perlakuan
4.	MR25	Regular	30	400	25	250	Perlakuan
5.	MR50	Regular	30	400	50	250	Perlakuan
6.	MR75	Regular	30	400	75	250	Perlakuan
7.	MT25	Regular	30	400	25	250	Perlakuan
8.	MT50	Regular	30	400	50	250	Perlakuan
9.	MT75	Regular	30	400	75	250	Perlakuan
10.	T0	MT Gano	-	-	-	-	Kontrol
11.	Rts	Regular	30	400	-	-	Kontrol
12.	Tts	MT Gano	30	400	-	-	Kontrol



Gambar 3. *Layout* penelitian dengan rancangan acak kelompok. (a) tata letak petak percobaan, dan (b) gambaran penanaman bibit dalam petak percobaan dan tiga pokok terpilih untuk pengambilan sampel tanah dan akar

Figure 3. *Research layout with randomized block design. (a) the layout of the experimental plots, and (b) the layout of seedlings in the experimental plots and three selected plants for soil and root sampling*

#### Pengamatan populasi dan kolonisasi FMA

Pengamatan populasi spora FMA dan kolonisasinya pada akar diamati sejak TM-1 hingga TM-4. Pengamatan spora FMA dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah setiap perlakuan dengan ulangan sebanyak 3 kali. Pengambilan sampel tanah di rhizosfer akar dilakukan pada 3 pohon sampel terpilih. Pokok terpilih sebagai sampel ditetapkan berdasarkan segitiga di bagian tengah unit percobaan (Gambar 3b). Pada masing-masing pohon diambil 4 titik (Utara, Selatan, Timur, dan Barat) tepat di bawah kanopi pohon untuk diambil sampel tanah dan akar. Sampel tanah diambil pada kedalaman 15-20 cm, pada bagian tanah yang masih lembab, kemudian sampel tanah per pokok dikomposit sebanyak  $\pm 250$  g. Pengamatan populasi spora FMA dilakukan dengan mengekstraksi spora FMA dalam sampel terlebih dahulu. Ekstraksi spora FMA berfungsi memisahkan spora FMA dengan sampel tanah sehingga dapat dilakukan identifikasi untuk mengetahui jumlah dan tipe spora FMA. Isolasi spora dilakukan dengan metode pengayakan basah dan sentrifugasi (Brundrett *et al.*, 1996). Sampel untuk pengamatan kolonisasi FMA adalah berupa akar kelapa sawit yang diambil pada setiap perlakuan dengan replikasi 3 kali. Pengambilan sampel akar kelapa sawit dilakukan secara triplo kemudian dikomposit sebanyak  $\pm 100$  g. Kemudian sampel diambil dengan cara mengambil 100 potong akar sekunder tanaman sawit berukuran  $\pm 1$  cm (diameter  $\pm 1$  mm) yang sebelumnya sudah dibersihkan terlebih dahulu dengan air mengalir.

Pengamatan kolonisasi FMA didahului dengan pewarnaan akar mengikuti metode yang dikemukakan Clapp *et al.* (1996). Akar yang telah diwarnai diambil secara acak dengan potongan  $\pm 1$  cm disusun pada satu obyek preparasi. Setiap obyek preparasi berisi sepuluh potongan akar, dan setiap lima akar ditutup dengan menggunakan penutup. Perhitungan kolonisasi FMA pada akar berdasarkan pada banyaknya organ FMA (hifa, arbuskular, vesikula, dan spora) yang diamati.

Persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman dihitung menggunakan rumus Giovanenetti dan Moose (1980) sebagai berikut:

$$\text{Kolonisasi FMA di akar (\%)} = \frac{\text{Total akar tanaman terkolonisasi FMA}}{\text{Total akar tanaman sampel}} \times 100\%$$

Persentase kolonisasi FMA pada akar dikategorikan menurut kriteria Rajapakse dan Miller (1992). Berdasarkan kriteria tersebut persentase kolonisasi akar kurang dari 5% termasuk dalam kategori “kurang”, 6 – 25% “rendah”, 26 – 50 % “sedang”, 51 – 75% “tinggi”, dan di atas 75% termasuk dalam kategori “sangat tinggi” (Nusantara *et al.*, 2012).

#### Pengamatan populasi spora *Trichoderma*

Pengamatan populasi spora *Trichoderma* sp. dilakukan dengan mengambil sampel pada 3 pohon terpilih dalam setiap perlakuan (Gambar 3b). Masing-masing pohon diambil 4 titik (Utara, Selatan, Timur dan Barat) tepat di bawah kanopi pohon untuk diambil sampel tanahnya. Sampel

tanah diambil pada kedalaman 15-20 cm, pada bagian tanah yang masih lembab. Sampel tanah yang diambil dikompositkan sebanyak 250 g. Selanjutnya dilakukan pengamatan populasi spora *Trichoderma* sp. terhadap sampel yang dilakukan dengan metode yang dikemukakan Sutari (2020). Selama masa inkubasi, dilakukan pengamatan untuk menandai dan mengumpulkan isolat yang menunjukkan ciri-ciri *Trichoderma* sp.. Isolat diinokulasi ulang pada media yang sama (PDA) untuk mendapatkan isolat murni. Karakter morfologi dan karakter cendawan diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Identifikasi makroskopis meliputi warna koloni dan laju pertumbuhan koloni sedangkan identifikasi mikroskopis meliputi hifa *Trichoderma* sp..

#### Kejadian penyakit BPB kelapa sawit

Kejadian penyakit BPB diamati dan dihitung setiap tahun dari tahun 2011 (satu tahun sebelum dilakukan peremajaan) hingga tahun 2020 (TM 5). Kriteria pohon terserang penyakit BPB mengacu pada Rakib *et al.* (2014), dengan kriteria yang disajikan pada Tabel 3. Pengamatan dilakukan terhadap total pohon yang diperlakukan yaitu 9 perlakuan, dan masing-masing pohon kontrol (T0, Rts dan Tts). Persentase kejadian penyakit BPB di areal kelapa sawit dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kejadian Penyakit BPB (\%)} = \frac{\text{Total pohon kelapa sawit terserang penyakit BPB}}{\text{Total tanam pohon kelapa sawit}} \times 100\%$$

#### Produktivitas kelapa sawit

Produksi tandan buah segar (TBS) didasarkan pada laporan produksi perkebunan kelapa sawit PT

Pasangkayu. Data produksi merupakan total produksi pohon yang diperlakukan dan pohon kontrol pada tahun 2013 (TBM-3) - 2020 (TM-5).

#### Pengolahan data

Semua data dalam percobaan ini merupakan nilai rata-rata dari tiga ulangan. Data jumlah spora dan kolonisasi FMA serta jumlah spora *Trichoderma* dianalisis menggunakan analisis ragam dua arah (*two-way* ANOVA) ( $p < 0,05$ ) setelah data di transformasi menggunakan  $\log(x+1)$  untuk penstabilan ragam. (Box *et al.*, 1978; Fernandez, 1992). Selanjutnya nilai perbedaan antara perlakuan diuji dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf  $p < 0,05$ .

### Hasil dan Pembahasan

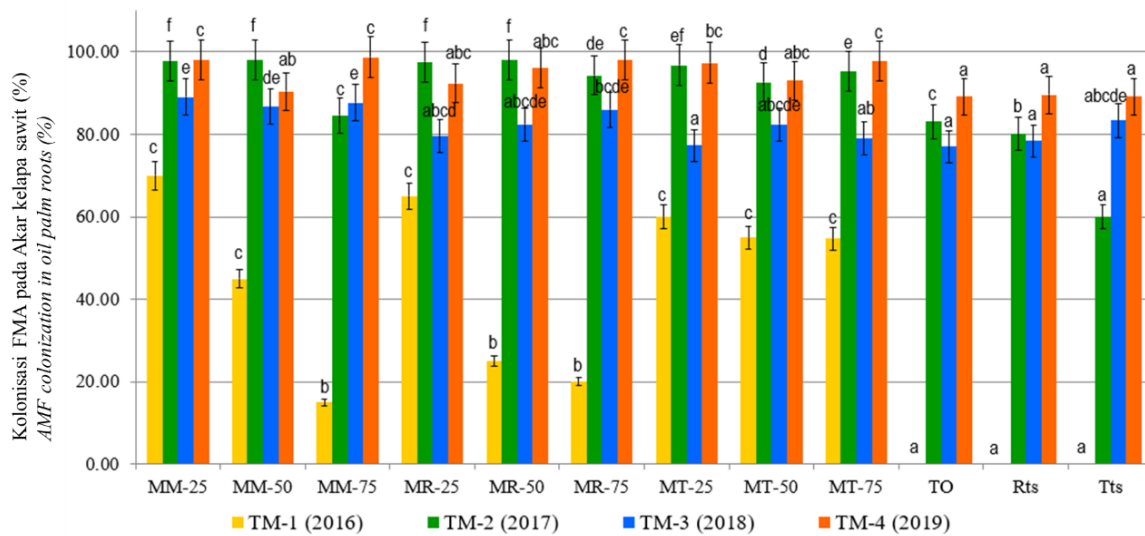
#### Kolonisasi dan kepadatan spora FMA pada akar tanaman kelapa sawit

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa FMA yang diaplikasikan telah mengkolonisasi korteks akar kelapa sawit. Rata-rata kolonisasi FMA di akar tanaman umur 4 tahun (TM-1) sampai 7 tahun (TM-4) adalah 15% - 89,67 %. Kolonisasi FMA di akar pada pembibitan kelapa sawit umur 3, 6, dan 12 bulan serta pada tanaman lapang umur 1 sampai 2 tahun termasuk dalam kategori “sangat rendah” (0-5%) hingga kategori “sangat tinggi” (76 - 100%) (Hendarjanti & Sukorini, 2020). Pada tanaman umur 5 tahun, kolonisasi akar 60 % (Tts) – 97,80 % (MM-25) termasuk dalam kategori “tinggi” – “sangat tinggi”. Parlindungan *et al.* (2018) melaporkan bahwa kolonisasi FMA pada akar kelapa sawit umur 5 tahun hanya berkisar 4,83 - 7,50 % pada perlakuan produk FMA dengan media pembawa *biochar*, pasir, dan zeolit.

Tabel 3. Kriteria penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) pada kelapa sawit (Rakib *et al.*, 2014)

Table 3. Criteria of the Basal Stem Rot (BSR) disease in oil palm (Rakib *et al.*, 2014)

Gejala <i>Symptoms</i>	Kriteria <i>Criteria</i>
Kelapa sawit tanpa gejala penyakit BPB	Sehat
Memiliki salah satu dari gejala penyakit BPB sebagai berikut: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muncul tiga daun muda (tombak) yang belum membuka</li> <li>- Daun menguning (nekrosis)</li> <li>- Daun tua patah (rebah)</li> <li>- Muncul tubuh buah cendawan <i>G. boninense</i></li> <li>- Bagian pangkal batang membusuk</li> </ul>	Sedang
Memiliki lebih dari salah satu gejala penyakit BPB, tidak memproduksi tandan buah segar (TBS) yang baru	Berat
Pohon kelapa sawit mati, atau semua daun layu/ menguning dan disertai munculnya tubuh buah cendawan <i>G. boninense</i>	Mati



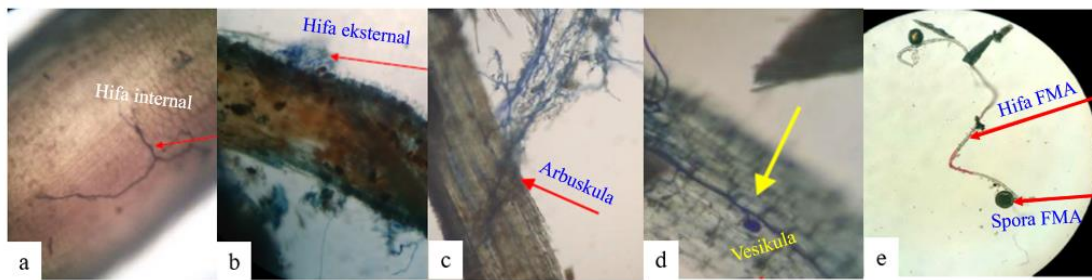
Gambar 4. Kolonisasi FMA pada akar kelapa sawit (%). Grafik batang mewakili nilai rata-rata; huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada  $p < 0,05$  berdasarkan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Kesalahan baku untuk setiap perlakuan ditunjukkan dengan error bars

Figure 4. The AMF colonization in oil palm roots (%). Bars represent the mean values; different letters showed significant differences at  $p < 0.05$  by LSD (Least Significance Different). Standard errors for each treatment are indicated by error bars

Kolonisasi FMA tertinggi terdapat pada tanaman umur 7 tahun yaitu 98,67 % (MM-75), dengan kategori “sangat tinggi”. Persentase kolonisasi akar oleh FMA ditunjukkan dengan ditemukannya spora, arbuskular pada korteks akar, dan hifa eksternal. Pada umur 7 tahun, kolonisasi FMA jenis “MM” dengan dosis 75 g per tanaman berbeda nyata dengan FMA jenis “MM” dengan dosis 50 g per bibit dan perlakuan T0, Tts, dan Rts. Penerapan aplikasi FMA dengan dosis yang tepat dan didukung lingkungan tumbuh yang baik dapat meningkatkan persentase kolonisasi FMA di akar tanaman. Variasi tingkat kolonisasi FMA pada akar disebabkan oleh pengaruh dosis FMA. Kebutuhan jumlah karbon yang disediakan oleh akar tanaman cukup sebagai makanan untuk FMA (Suherman *et al.*, 2014). Akar tanaman kelapa sawit yang tidak diinokulasi FMA di awal, yaitu pada perlakuan T0, Rts, dan Tts telah terkolonisasi oleh FMA. Kolonisasi FMA pada perlakuan tersebut terjadi pada tanaman berumur lima tahun (TM-2), enam tahun (TM-3), dan tujuh tahun (TM-4). Tanaman yang telah diinokulasi FMA pada saat di *main nursery*, dan tanam di lapang, menunjukkan kolonisasi FMA telah menyebar ke akar tanaman sekitarnya yang tidak diinokulasi. Sejalan dengan penelitian Janouskova *et al.* (2017) yang menunjukkan bahwa inokulasi FMA telah menyebar ke tanaman yang tidak diinokulasi langsung dengan inokulum FMA. Penelitian-penelitian sebelumnya menyatakan bahwa FMA yang diinokulasikan ke akar tanaman berhasil

bersaing dengan FMA asli, dimana persaingan terjadi pada infeksi primer, penyebaran intraradikal dan pembentukan unit infeksi sekunder (Farmer *et al.*, 2007; Mummey *et al.*, 2009; Pellegrino *et al.*, 2012). Studi penggunaan FMA yang tersedia secara komersial menunjukkan efisiensi lebih tinggi dari FMA asli (Verbruggen *et al.*, 2013; Berruti *et al.*, 2016).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sel korteks akar kelapa sawit memiliki hifa, spora, arbuskular, dan vesikel. Struktur FMA ditunjukkan pada Gambar 5 yang terdiri dari hifa internal (Gambar 5a), hifa eksternal (Gambar 5b), arbuskular (Gambar 5c), vesikula (Gambar 5d), dan spora FMA terbentuk dari ujung hifa yang menggelembung (Gambar 5e). Kelompok FMA merupakan cendawan yang selalu membentuk vesikula dan arbuskula pada sel korteks (Kehri *et al.*, 2018). Arbuskular adalah struktur bercabang yang terbentuk dalam sel dan berfungsi sebagai tempat untuk pertukaran metabolisme utama yang terjadi antara tanaman dan cendawan. Sedangkan vesikel merupakan struktur seperti kantung yang muncul dari hifa dan berfungsi sebagai organ penyimpan lipid (Singh *et al.*, 2019). Ada persaingan ruang antara FMA dan patogen tular tanah untuk mengkolonisasi akar atau menyebabkan infeksi pada suatu waktu. Kehadiran FMA pada akar tanaman telah teramati pada bibit berumur tiga bulan setelah tanam (Utami *et al.*, 2018).



Gambar 5. Struktur hifa dari FMA pada sel korteks akar kelapa sawit (pembesaran 100 kali). (a) hifa internal, (b) hifa eksternal, (c) arbuskula, (d) vesikula, dan (e) hifa dan spora FMA

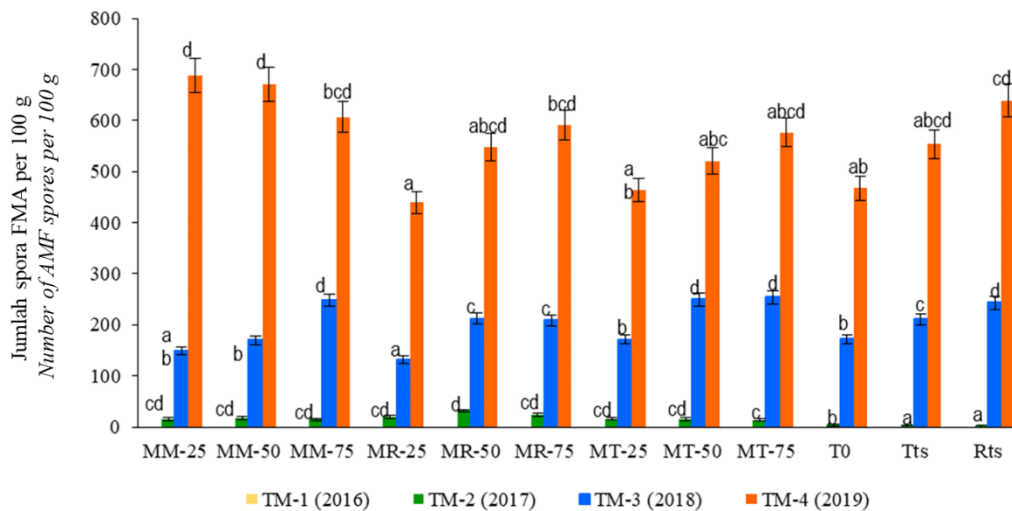
Figure 5. The hyphae structure of AMF in oil palm root cortical (100 times magnification). (a) internal hyphae, (b) external hyphae, (c) arbuscular hyphae, (d) vesicular hyphae, and (e) hyphae and AMF spore

Pengamatan rata-rata kepadatan spora FMA di rhizosfer tanah disajikan pada Gambar 6. Spora FMA terdeteksi di lapangan pada umur 5 tahun (TM-2) yaitu: 1 spora per 100 g tanah (Rts & Tts) sampai dengan 32 spora per 100 g tanah (MR-50). Kepadatan spora FMA pada perlakuan Rts dan Tts menunjukkan bahwa inokulan FMA berhasil mengkolonisasi akar tanaman tanpa perlakuan mikoriza di awal. FMA yang dapat bersimbiosis dengan tanaman memiliki tanda-tanda kolonisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan MM-25 (aplikasi *Trichoderma* sp. 30 g per bibit di *pre nursery* + 400 g per lubang tanam dan FMA 25 g per bibit di *main nursery* + 250 g per lubang tanam) merupakan kombinasi terbaik untuk persentase kolonisasi FMA sebesar 98 % dan jumlah spora FMA sebesar 688 spora per 100 g tanah. Kolonisasi FMA diduga dipengaruhi oleh umur tanaman (Saputra *et al.*, 2020). Persentase kolonisasi membuktikan telah terjadi simbiosis FMA, sedangkan jumlah spora merupakan hasil simbiosis sehingga memungkinkan berbanding lurus (Simamora *et al.*, 2015). Kepadatan spora FMA pada umur 6 tahun adalah 132 spora per 100 g tanah (MR-25) sampai 254 spora per 100 g tanah (MT-75). Peningkatan spora terjadi pada pengamatan kelapa sawit umur 7 tahun (TM-4). Kepadatan spora FMA berkisar antara 439 spora per 100 g tanah (MR-25) hingga 688 spora per 100 g tanah (MM-25). Pada pengamatan mikroskopis, ditemukan kepadatan spora cenderung meningkat seiring bertambahnya umur tanaman, berturut-turut kepadatan spora tertinggi sebesar: 32 spora per 100 g tanah (umur 5 tahun), 254 spora per 100 g tanah (umur 6 tahun) dan 688 spora per 100 g tanah (umur 7 tahun). Menurut hasil penelitian Rahmawati *et al.* (2020) menunjukkan bahwa kepadatan spora FMA cenderung menurun dengan bertambahnya umur tanaman. Rata-rata kepadatan spora tertinggi di lahan gambut kelapa sawit masing-masing sebesar:

320 spora per 100 g tanah (umur < 4 tahun), 276 spora per 100 g tanah (umur 4-10 tahun), dan 211 spora per 100 g tanah (> 10 tahun). Kepadatan spora FMA yang dihasilkan dalam penelitian ini semakin meningkat seiring dengan meningkatnya umur tanaman jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Semakin bertambahnya umur tanaman inang, maka makin banyak jumlah spora yang dihasilkan (Wulandari & Hidayatullah, 2018).

Aplikasi FMA dalam penelitian ini dilakukan pada saat pembibitan *main nursery*, karena bibit sudah memiliki akar. Sifat FMA yang merupakan cendawan bersifat obligat simbiosis membutuhkan inang dalam siklus hidupnya. Hasil identifikasi spesies spora FMA dari rhizosfer tanah kelapa sawit menunjukkan genus *Glomus* sp. Sebagian besar *Glomus* sp. merupakan genus FMA yang cenderung lebih dominan dibandingkan genus FMA yang lain karena lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan dengan kondisi tanah asam dan netral. Hasil penelitian Ritaqwin *et al.* (2021) juga menunjukkan bahwa FMA yang paling dominan ditemukan di perkebunan kelapa sawit adalah genus *Glomus*. Kolonisasi akar sangat dipengaruhi oleh jumlah spora FMA yang ada di rhizosfer tanah dan tingkat kecocokan terhadap tanaman inang. Permasari *et al.* (2016) menyatakan bahwa kolonisasi FMA dalam akar tanaman dipengaruhi oleh jumlah spora. Semakin tinggi jumlah spora FMA maka tingkat koloni mikoriza pada akar tanaman yang ada di dalam tanah akan semakin banyak pula. Selanjutnya menurut Muryati *et al.* (2016) jenis tanaman inang berpengaruh terhadap persentase kolonisasi FMA, hal ini karena kemampuan infeksi dan efektivitas FMA yang berbeda pada setiap inang. Inang yang disukai oleh FMA akan memberikan tanggapan simbiotik dan kolonisasi yang maksimal. Secara umum kolonisasi FMA sangat dipengaruhi oleh kepekaan inang terhadap kolonisasi (Karepesina & Djumat, 2017). Perakaran tanaman inang juga





Gambar 6. Jumlah spora FMA pada setiap perlakuan. Batang mewakili nilai rata-rata; huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata pada  $p < 0,05$  dengan LSD (Least Significance Different) Kesalahan baku untuk setiap perlakuan ditunjukkan dengan error bars

Figure 6. The number of AMF spores in each treatment. Bars represent the mean values; different letters showed significant differences at  $p < 0.05$  by LSD (Least Significance Different). Standard errors for each treatment are indicated by error bars

memengaruhi kolonisasi FMA (Yurisman *et al.*, 2015). Tanaman kelapa sawit memiliki akar serabut yang sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangan FMA. Selain itu, perakaran tanaman kelapa sawit mengeluarkan eksudat akar yang tinggi yang berfungsi untuk memicu terjadinya simbiosis antara akar dengan FMA. Hal ini didukung oleh Ohiwal *et al.* (2017) eksudat akar kelapa sawit merupakan sumber energi bagi mikroba untuk melakukan aktivitas dalam perombakan bahan organik dan membantu tersedianya unsur hara bagi kelapa sawit. Ketersediaan eksudat akar juga akan memengaruhi populasi total mikroba dan populasi mikroba fungsional tanah.

#### Kepadatan spora *Trichoderma* sp.

Agens biokontrol *Trichoderma* umumnya masih dalam bentuk starter dan kompos, sehingga perlu diformulasi. Formulasi *Trichoderma* sebagai agens biokontrol terdiri dari bahan aktif, kompos, pembawa dan bahan pencampur (Elfina *et al.*, 2016). Kresnawaty *et al.* (2012) menyatakan bahwa formulasi *T. harzianum* DT38 dengan campuran tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan gambut menunjukkan kepadatan populasi spora  $10^7$  cfu  $g^{-1}$  sampai umur 21 hari. Di perkebunan kelapa sawit yang terbatas untuk mendapatkan kompos, maka digunakan POME padat yang banyak tersedia di perkebunan kelapa sawit. POME kaya akan senyawa organik dan karbon. Selain itu, POME mengandung nitrogen, fosfat, kalsium, magnesium, dan kalium dalam jumlah besar untuk digunakan sebagai pupuk organik (Maharani *et al.*, 2017). POME tersedia di

perkebunan kelapa sawit, sehingga dapat menjadi alternatif dalam memformulasi *Trichoderma*. POME padat diketahui mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman sehingga dapat digunakan sebagai pembawa agens biokontrol. Setiap 1 L POME mengandung 457 mg nitrogen, 12 mg fosfat, 375 mg kalium, dan 56 mg magnesium (Sakiah & Wahyuni, 2018). Formulasi *T. harzianum* dengan menggunakan POME pada bibit kelapa sawit menunjukkan kepadatan populasi spora  $8,83 \times 10^7$  hingga  $5,50 \times 10^8$  cfu  $g^{-1}$  sampai 12 bulan (Hendarjanti & Sukorini, 2022)

Peran *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan *Ganoderma* dengan menghasilkan enzim -1,3-glukanase dan kitinase yang dapat menghidrolisis kitin dari dinding hifa cendawan patogen sehingga menyebabkan lisis. Mahmud *et al.* (2020) menyatakan bahwa pemberian *Trichoderma viride* dengan dosis 25 g dapat menurunkan intensitas serangan *G. boninense* menjadi 22,90 % pada bibit kelapa sawit umur 7-9 bulan di *main nursery*. Pada penelitian ini dilakukan pengamatan kepadatan spora *Trichoderma* sp. pada TM-1, TM-2, dan TM-3. Hasil identifikasi cendawan *Trichoderma* yang diisolasi dari sampel tanah di sekitar akar kelapa sawit adalah *Trichoderma harzianum*. Hasil pengamatan kepadatan spora *Trichoderma* sp. (Tabel 4) menunjukkan bahwa kepadatan spora setiap tahun tidak konsisten. Kepadatan spora pada tanaman dewasa umur tiga tahun (TM-3) berkisar antara  $6,70 \times 10^5$  cfu  $g^{-1}$  (MM-75) hingga  $2,33 \times 10^7$  cfu  $g^{-1}$  (MT-50). Penelitian Eris *et al.* (2020) menyatakan bahwa kelimpahan spora *Trichoderma* sp. pada sampel tanah yang diambil

Tabel 4. Kepadatan spora *Trichoderma* sp. pada TM-1 hingga TM-3 pada setiap perlakuan

Table 4. The spore density of *Trichoderma* sp. at TM-1 to TM-3 on each treatment

Perlakuan/ Treatment	Kepadatan spora <i>Trichoderma</i> (cfu)/ Density of <i>Trichoderma</i> spore (cfu)		
	TM-1 (2016)	TM-2 (2017)	TM3 (2018)
MM-25	6,00 x 10 <sup>8</sup>	4,00 x 10 <sup>6</sup>	3,33 x 10 <sup>6</sup>
MM-50	0,00	0,00	7,67 x 10 <sup>6</sup>
MM-75	0,00	0,00	6,70 x 10 <sup>5</sup>
MR-25	5,00 x 10 <sup>8</sup>	4,00 x 10 <sup>6</sup>	1,67 x 10 <sup>6</sup>
MR-50	0,00	0,00	4,00 x 10 <sup>6</sup>
MR-75	0,00	0,00	1,00 x 10 <sup>7</sup>
MT-25	1,00 x 10 <sup>6</sup>	5,00 x 10 <sup>6</sup>	1,00 x 10 <sup>6</sup>
MT-50	5,00 x 10 <sup>8</sup>	6,00 x 10 <sup>8</sup>	2,33 x 10 <sup>7</sup>
MT-75	0,00	0,00	0,00
T0	0,00	0,00	0,00
Rts	3,00 x 10 <sup>4</sup>	4,00 x 10 <sup>4</sup>	5,00 x 10 <sup>6</sup>
Tts	4,00 x 10 <sup>5</sup>	6,00 x 10 <sup>5</sup>	5,67 x 10 <sup>6</sup>

dari areal eks kelapa sawit yang endemik *Ganoderma* setelah empat tahun dikonversi menjadi tebu adalah 10<sup>2</sup> hingga 10<sup>5</sup> cfu g<sup>-1</sup>. Kepadatan *T. harzianum* di areal kelapa sawit sebesar 5 x 10<sup>4</sup> cfu g<sup>-1</sup> (Nandung *et al.*, 2018). Kepadatan spora *T. harzianum* pada penelitian ini telah memenuhi kualifikasi sebagai agens biokontrol. Kepadatan spora *Trichoderma* sp. sebagai agens biokontrol yang kurang dari 10<sup>5</sup> cfu g<sup>-1</sup> akan mengakibatkan timbulnya kejadian penyakit BPB (Sinaga, 2015). *Trichoderma* sp. dan FMA merupakan mikroba yang bermanfaat, memberikan kontribusi yang signifikan sebagai komponen dalam peremajaan tanah. Agens biokontrol tersebut akan meningkatkan keanekaragaman mikroorganisme tanah melalui interaksi dan kolonisasinya di dalam tanah (Angel *et al.*, 2016; Sundram *et al.*, 2015).

#### Kejadian BPB dan produktivitas kelapa sawit

Penelitian ini menekankan pada upaya pencegahan kejadian penyakit BPB pada peremajaan kebun kelapa sawit dengan aplikasi agens biokontrol pada fase bibit. Areal kebun kelapa sawit sebelum dilakukan peremajaan pada tahun 2011 menunjukkan kejadian BPB 21,37%. Setelah dilakukan peremajaan di tahun 2012 dengan perlakuan agens biokontrol menggunakan FMA dan *Trichoderma* sp. pada pembibitan dan saat tanam, kejadian BPB secara total pada seluruh areal perlakuan menjadi 0% mulai dari TBM-1 hingga TM-5. Kejadian BPB pada kontrol (T0, Tts, dan Rts) juga 0%. Pengamatan lebih lanjut pada TM-2 menunjukkan akar tanaman pada areal kontrol (tanpa perlakuan inokulasi) menjadi terkolonisasi semua oleh FMA dan *Trichoderma* sp. yang diduga berasal dari areal perlakuan. Hendarjanti & Sukorini (2022) menyatakan bahwa aplikasi FMA dan

*Trichoderma* sp. pada pembibitan kelapa sawit (*pre* dan *main nursery*) dan aplikasi ulang pada saat tanam dapat meningkatkan ketahanan tanaman kelapa sawit. Pengendalian melalui strategi pencegahan dini, dapat secara efektif menekan kejadian penyakit BPB di lapang yang disebabkan oleh *G. boninense*.

Produktivitas TBS pada kelapa sawit umur 18 tahun (TM-15) dengan kejadian penyakit BPB 21,37% menghasilkan 23,74 ton ha<sup>-1</sup> (Tabel 5). Terdapat kesenjangan produktivitas yaitu *gap* antara produktivitas aktual dibandingkan produktivitas standar kesesuaian lahan S3 sebesar 5,04%. Menurut Woittiez *et al.* (2017) produktivitas potensial selain ditentukan oleh varietas, juga ditentukan oleh kepadatan tanam, pemangkasan, polinasi, dan perbaikan tanaman. Kejadian penyakit BPB 21,37% terdiri dari 5,93% masih berupa tegakan dan 15,44% kelapa sawit mati (hilang). Ketika tegakan turun 50%, rata-rata penurunan hasil TBS adalah 35% (Subagio & Foster, 2003 dalam Flood *et al.*, 2022). Areal sebelum peremajaan mempunyai tegakan kelapa sawit 84,56% sehingga produktivitas kelapa sawit masih tergolong tinggi. Menurut Singh (1991) dalam Flood *et al.* (2000), kejadian penyakit BPB 10,9% pada umur kelapa sawit 15 tahun menghasilkan produktivitas 23,8%. Selanjutnya menurut penelitian Evisal dan Prasmatiwi (2022) menyatakan bahwa pada kelapa sawit dengan kejadian penyakit BPB “ringan”, “berat” dan “mati” menunjukkan tren produktivitas TBS berupa garis kuadratik mengikuti pertambahan umur. Produktivitas kelapa sawit dengan kejadian penyakit BPB mencapai produksi puncak yaitu 18,44 ton TBS/ha/tahun pada umur 13 tahun.

Tabel 5. Data produktivitas kelapa sawit secara total di areal percobaan

Table 5. Palm oil productivity total data in experimental area

Tahun Year	Umur tanaman Plant age	Produktivitas (ton ha <sup>-1</sup> ) Productivity (tonnes ha <sup>-1</sup> )	Produktivitas standar kelas 3*) (ton ha <sup>-1</sup> ) Standard productivity class 3*) (tonnes ha <sup>-1</sup> )
2011	TM-15	23,74	25,00
2012	Peremajaan	0,00	-
2013	TBM-1	0,00	0,00
2014	TBM-2	0,00	0,00
2015	TBM-3	3,86	4,00
2016	TM-1	13,33	12,00
2017	TM-2	15,39	15,00
2018	TM-3	28,67	19,00
2019	TM-4	21,88	23,00
2020	TM-5	27,38	26,00

Catatan:

<sup>\*)</sup> Produktivitas standar berdasarkan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) pada kelas lahan 3  
TBM-1: Tanaman Belum Menghasilkan 1 tahun, TM-1: Tanaman Menghasilkan 1 tahun dst.

Notes:

<sup>\*)</sup> Standard Productivity base on The Indonesian Oil Palm Research Institute (IOPRI) on land class-3  
TBM-1: Immature Plants-1yr; TM-1: Mature Plants-1yr, etc.

Setelah diremajakan, kelapa sawit dapat dipanen pada umur tanaman 3 tahun atau tanaman belum menghasilkan-3 tahun (TBM-3). Produktivitas Tandem Buah Segar (TBS) per hektar merupakan indikator paling kritis dalam mengukur efisiensi dan efektivitas perkebunan kelapa sawit. Data produktivitas kelapa sawit yang disajikan pada Tabel 5 merupakan data keseluruhan produktivitas di areal percobaan yang meliputi areal perlakuan dan areal kontrol. Data produktivitas menunjukkan bahwa produktivitas kelapa sawit pada TBM-3 hingga TM-2 sudah sesuai dengan standar produksi yang ditetapkan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS). Bahkan pada umur tanaman 6 tahun (TM-3) dan 8 tahun (TM-5) menunjukkan produktivitas kelapa sawit lebih tinggi dari standar produktivitas yang ditetapkan oleh PPKS.

Pada Tabel 5 terjadi penurunan produktivitas kelapa sawit pada umur tanaman 7 tahun (TM-4) dengan total produktivitas lebih rendah dari standar PPKS. Hal ini akibat adanya musim kemarau yang panjang (El Nino) pada tahun 2018 dan 2019 (PT. Astra Agro Lestari Tbk, 2019). El-Nino merupakan faktor signifikan dalam menentukan hasil TBS dan produksi CPO (Azlan *et al.*, 2016). Bagaimanapun juga Begum *et al.* (2019) menyatakan bahwa FMA sebagai pupuk hayati berpotensi memperkuat daya adaptasi tanaman terhadap perubahan lingkungan melalui perbaikan status air tanaman, efisiensi penggunaan air tanaman, efisiensi fotosintesis, penyerapan nutrisi,

metabolisme energi, dan akumulasi metabolit sekunder. Walaupun demikian pengaruh pemberian FMA dalam penelitian ini, masih belum mampu mengurangi dampak kemarau panjang.

### Kesimpulan

Peremajaan tanaman kelapa sawit berpeluang dalam menekan kejadian penyakit busuk pangkal batang (BPB). Tindakan preventif dengan menginokulasi agens biokontrol FMA bersama-sama dengan *Trichoderma* sp. sejak di pembibitan dan saat tanam kelapa sawit secara total dapat menekan kejadian penyakit BPB di areal peremajaan. Kejadian penyakit BPB di areal peremajaan kelapa sawit pada bibit yang diperlakukan dengan FMA bersama-sama dengan *Trichoderma* sp. adalah 0%. Produktivitas secara umum yang meliputi pohon yang diperlakukan dan kontrol di areal peremajaan sudah sesuai dengan standar.

### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada manajemen dan staf teknis perkebunan kelapa sawit PT. Pasangkayu, Sulawesi Barat. Kami juga berterima kasih kepada Tim Proteksi Tanaman: Dwi Ersanto, Syarifudin, Piat Suparna, Kadul, dan bagian Produksi: Susanto Haendrayadi.

### Daftar Pustaka

- Afandi D, M Basyuni, LAP Putri, D Chalil, & I Syahputra (2019). Expression of oil palm (*Elaeis guineensis*) polyisoprenoids in response to *Ganoderma boninense* infection. *Biodiversitas*, 20(1), 68-76.
- Angel LPL, MT Yusof, IS Ismail, BYP Tay, INA Mohamed Azn, NH Kamarudin & S Sundram (2016). An in vitro study of the antifungal activity of *Trichoderma virens* 7b and a profile of its non-polar antifungal components released against *Ganoderma boninense*. *J. Microbiology* 54, 732-744.
- Arsyad M, A Amiruddin, Suharno & S Jahroh (2020). Competitiveness of Palm Oil Products in International Trade: An Analysis between Indonesia and Malaysia. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 35(2), 157-167. DOI: [10.20961/carakataniv35i2.41091](https://doi.org/10.20961/carakataniv35i2.41091)
- Auliana & W Kaonongbua (2018). Preliminary study on biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations in Thailand. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 144(1), 1-8. DOI: [10.1088/1755-1315/144/1/012010](https://doi.org/10.1088/1755-1315/144/1/012010)
- Azlan AH, LC Tui, SK Yaw, S Selvaraj, R Rohan, I Ariffin & S Palaniappan (2016). Impact of El-Nino on palm oil production. *Planter*, 92: 789–806.
- Bagyaraj DJ (2018). Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Biological Control of Soil-Borne Plant Pathogens. *KAVAKA* 51,1-6.
- Begum N, C Qin, MA Ahanger, S Raza, MI Khan, M Ashraf, N Ahmed, & L Zhang (2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Front. Plant Sci.* 10 (1068), 1-15. DOI: [10.3389/fpls.2019.01068](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068)
- Berruti A, E Lumini, R Balestrini, & V Bianciotto (2016). Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Natural Biofertilizers: Let's Benefit from Past Successes. *Frontiers in Microbiology* 6 (1559), 1-13. DOI: [10.3389/fmicb.2015.01559](https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01559)
- Box GEP, WG Hunter, & JS Hunter (1978). *Statistics for Experimenters*. Wiley, New York.
- Brundrett MC, N Bougher, B Dells, T Grove, & N Malajozuk (1996). *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. Australian Centre for International Agricultural Research, Australia
- Chong KP, A Alexander & J Dayou (2017). *Detection and control of Ganoderma boninense in oil palm crop*. Springer International Publishing. 50 pages.
- Clapp JP, AH Fitter, & JM Merryweather (1996). Arbuscular mycorrhiza. In: Hall GS, Lassere P, & Hawkwsworth DL (eds.). *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soil and Sediments*. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI). United Kingdom: Wallingford.
- Diagne N, M Ngom, PI Djighaly, D Fall, V Hoher & S Svistoon (2020). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: importance in biotic and abiotic stressed regulation. *Diversity*, 12(10), 1–25. DOI: [10.3390/d1210037](https://doi.org/10.3390/d1210037)
- Elfina Y, M Ali, dan R Saputra (2016). Penggunaan Bahan Organik dan Kombinasinya dalam Formulasi Biofungisida Berbahan Aktif Jamur *Trichoderma pseudokoningii* Rifai. untuk Menghambat Jamur *Ganoderma boninense* Pat. secara in vitro. *Jurnal Natur Indonesia* 16(2), 79–90
- Eris DD, H Widiastuti & D Taniwiryo (2020). Soil biology characteristics of oil palm land endemic to *Ganoderma* after four years conversion to sugarcane. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 482, 2-8. DOI: [10.1088/1755-1315/482/1/012032](https://doi.org/10.1088/1755-1315/482/1/012032).
- Evizal R & FE Prasmatiw (2022). Penyakit Busuk Pangkal Batang dan Performa Produktivitas Kelapa Sawit. *Jurnal Agrotropika* 21(1), 47-54
- Faizah R, R A Putranto, S Wening, D Sukma, VR Raharti, A Budiani & S Sudarsono (2019). Differential expression of root specific genes of oil palm seedlings at early stage of *Ganoderma boninense* infection. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 418:1-10. DOI: [10.1088/1755-1315/418/1/012044](https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012044).
- Farmer MJ, X Li, G Feng, B Zhao, O Chatagnier & S Gianinazzi (2007). Molecular monitoring of field-inoculated AMF to evaluate persistence in sweet potato crops in China. *Appl Soil Ecol.* 35(3), 599-609. DOI: [10.1016/j.apsoil.2006.09.012](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.09.012)

- Fernandez GCJ (1992). Residual Analysis and Data Transformations: Important Tools in Statistical Analysis. *HORTSCIENCE*, VOL. 27(4): 297-300.
- Flood J, PD Bridge & M Holdernes (2000). *Ganoderma diseases of Perennial Crops*. United Kingdom: CABI Publishing.
- Flood J, PD Bridge & CA Pilotti (2022). Basal stem rot of oil palm revisited. *Annals of Applied Biology*. 181:160–181.
- Hendarjanti H & H Sukorini (2022). Controlling Basal Stem Rot in Oil Palm Plantations by Applying Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Trichoderma* spp. in *First Asian PGPR Indonesian Chapter International e-Conference 2021*. *KnE Life Sciences*, 206-227. DOI: 10.18502/kls.v7i3.11121
- Ibrahim MS, IA Seman, MH Rusli, MA Izzuddin, N Kamarudin, K Hashim & Zulkifli (2020). Surveillance of *Ganoderma* disease in Oil palm Planted by Participants of The Smallholders Replanting Incentive Scheme in Malaysia. *Journal of Oil Palm Research* 32(2), 237-224. DOI: 10.21894/jopr.2020.0024
- Janouskova M, K Krak, M Vosa'tka, D Pu'schel, H S'torchova' (2017). Inoculation effects on root-colonizing arbuscular mycorrhizal fungal communities spread beyond directly inoculated plants. *PLoS ONE* 12(7),1-21. DOI: 10.1371/journal.pone.018152
- Kamarudin N, IA Seman, & MMM Mazmira (2019). Prospects in sustainable control of oil palm pests and diseases through the enhancement of ecosystem services—The way forward. *J. Oil Palm Res.* 31, 381-393
- Kehri HK, O Akhtar, I Zoomi, & D Pandey (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi: taxonomy and its systematics. *Intl J Life Sci Res* 6 (4), 58-71.
- Karepesina S & JL Djumat (2017). Kolonisasi dan Kepadatan Spora Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Tanaman Hotong (*Setaria italica*). Prosiding Seminar Nasional Mewujudkan Kedaulatan Pangan pada Lahan Sub Optimal Melalui Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik. *Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, pp. 409-414
- Kresnawaty I, A Budiani & TW Darmono (2012). Population dynamic of *Trichoderma harzianum* DT38 on mixture of empty fruit bunches of oil palm (EFBOP) biochar and peat. *Menara Perkebunan*. 80(1), 17-24
- Kumar RM, R Ashwin & DJ Bagyaraj (2016). Screening arbuscular mycorrhizal fungi in order to select the best for alleviating wilt disease complex of capsicum. *Proc. Natl. Acad. Sci. Sec B. Biol. Sci.* DOI: 10.1007/s40011-016-0804-1
- Maharani PL, P Pamoengkas, & I Mansur (2017) The Application of POME (Palm Oil Mill Effluent) as Organic Fertilizer for Ex-Coal Mine Soil. *Jurnal Silviculture Tropika*. 8(3), 177-18
- Mahmud Y (2020). Aplikasi *Trichoderma viride* menekan perkembangan *Ganoderma boninense* di main nursery kelapa sawit media gambut. *Jurnal Agro* 7(2), 224-234. DOI: 10.15575/7143
- Maluin FN, MZ Hussein, NA Yusof, S Fakurazi, Seman IA, NHZ Hilmi, & LDJ Daim (2019). Preparation of Chitosan–Hexaconazole Nanoparticles as Fungicide Nanodelivery System for Combating *Ganoderma* Disease in Oil Palm. *Molecules* 24(13), 1-16. DOI: 10.3390/molecules24132498
- Mummey DL, PM Antunes & MC Rillig (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi pre-inoculant identity determines community composition in roots. *Soil Biol Biochem.* 41(6), 1173. DOI: 10.1016/j.soilbio.2009.02.027
- Muryati S, I Mansur & SW Budi (2016). Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Rhizosfer *Desmodium* spp. Asal PT. Cibalung Sumberdaya Banten. *Jurnal Silviculture Tropika*, 7(3): 188-197
- Musa H, SA Nusaibah, & A Khairulmazmi (2018). Assessment on *Trichoderma* spp. mixture as a potential biocontrol agent of *Ganoderma boninense* infected oil palm seedlings. *J Oil Palm Res.* 30 (3), 403-415.
- Nandung E, I Suswanto, & TH Ramadhan (2018). Characterization of *Trichoderma harzianum* Origin of Peatsoil as Antagonist Agent of Palm Oil Stem Rot In Vitro. *Perkebunan dan Lahan Tropika* 8(2), 54-60
- Nusaibah SA & A Musa (2019). A Review Report on the Mechanism of *Trichoderma* spp. as Biological Control Agent of The Basal Stem Rot (BSR) Disease of *Elaeis guineensis*. *Intech Open*, 1-12. DOI: 10.5772/intechopen.84469

- Nusantara AD, YH Bertham, & I Mansur (2012). *Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula. SEAMEO BIOTROP (Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology)* Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ohiwal M, R Widyastuti & S Sabiham (2017). Populasi Mikrob fungsional Pada Rhizosfer Kelapa Sawit di Lahan Gambut Riau. *J. Il. Tan. Lingk* 19 (2), 74-80.
- Parlindungan A, T Arabia, & Fikrind (2018). Exploration of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Histosol at Oil Palm Plantation of PT. Nafasindo Aceh Singkil District with Trapping Culture. *Jurnal Agrista* 22(1), 46-53
- Pellegrino E, A Turrini, A Hannes, GC Gamper, E Bonari, JPW Young & M Giovannetti (2012). Establishment, persistence and effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungal inoculants in the field revealed using molecular genetic tracing and measurement of yield components. *New Phytologist* 194, 810 – 822. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04090.
- Permanasari I, KM Dewi, M Irfan & AT Arminudin (2016). Peningkatan efisiensi pupuk fosfat melalui aplikasi mikoriza pada kedelai. *Jurnal Agroteknologi* 6(2), 23-30.
- Priwiratama P & A Susanto (2020). Kejadian Penyakit Busuk pangkal Batang Pada Tanaman Belum Menghasilkan Varietas Toleran Ganoderma Dengan Sistem Lubang Tanam Standar. *Warta PPKS* 25(3), 115-122
- Priwiratama H, AE Prasetyo & A Susanto (2020). Incidence of basal stem rot disease of oil palm in converted planting areas and control treatments. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 468, 1-7. DOI: 10.1088/1755-1315/468/1/012036468
- PT. Astra Agro Lestari Tbk. (2019). Annual Report. Sustaining Innovation. Jakarta: PT. Astra Agro Lestari Tbk. Available online: <https://www.astra-agro.co.id/wp-content/uploads/2020/06/Astra-Agro-AR2019.pdf> (accessed on 13 September 2022).
- Putri LAP, H Setiado, E Sarti Bayu, Frynando, N Reynaldi, D Afriyanto, I Syahputra & SAK Putri (2017). Utilization of RAPD Markers to Assess Molecular Performance of Oil Palm Moderat Tahan Ganoderma. *Prosiding Seminar Nasional PERIPI Bogor*, 566-570
- Rahmawati R, PE Putir, M Damiri, Y Tanduh & N Nursiah (2020). Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di Lahan Gambut Konversi Hutan Alam Menjadi Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Hutan Tropika (Tropical Forest Journal)* 15(1), 8-19
- Rajapakse S & JC Miller (1992). 15 methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. In *Methods in microbiology* (Vol. 24, pp. 301-316). Academic Press.
- Rakib MRM, CFJ Bong, A Khairulmazmi & AS Idris (2014). Genetic and morphological diversity of Ganoderma species isolated from infected oil palms (*Elaeis guineensis*). *Int. J. Agric. Biol.* 16, 691–699
- Ritaqwin Z, M Maulana & Nazali (2021). Identification of Arbuscular Mycorrhizae Fungi on Oil Palm in Bireuen, Aceh. *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)* 5(2), 14-121. DOI: 10.22225/seas.5.2.3972.114-121
- Saallah S, NM Noh, MAM Azmi, M B Shah Ahmad Rafie & S Amit (2021). Total phenolic content, peroxidase and polyphenoloxidase activities in ganoderma infected oil palm seedlings – inoculated with arbuscular mycorrhiza fungi (AMF). *Adv Agri Food Res J*, 1-14. DOI: [10.36877/aafrija000023](https://doi.org/10.36877/aafrija000023)
- Sakiah & M Wahyuni (2018). Analysis of C-Organic, Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Application Areas and Without Application of Palm Oil Mill Effluent. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 11(4), 23-27. DOI: 10.9790/2380-1104012327
- Saputra R, N Wijayanto, & I Mansur (2020). Status and Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroforestry Lands. *Journal Silviculture Tropika*. 11 (3), 119 – 125
- Sinaga MS (2015) *Agens Pengendali Hayati Penyakit Tumbuhan: Karunia Spektakuler yang Terabaikan*. Orasi ilmiah Guru Besar IPB. Institut Pertanian Bogor.
- Singh M, R Kumar, & D Singh (2019). Mycorrhizal fungi as biocontrol agent for soil borne pathogens: A review. 2nd International Conference “Food Security, Nutrition and Sustainable Agriculture Emerging

- Technologies” (February 14-16, 2019). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 281-284.
- Simamora AS, Delvian & D Elfiati (2015). Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula pada Hutan Tri Dharma Universitas Sumatera Utara. *PFSJ*. 4(4),133-141.
- Suherman C & RA Nugraha (2014). Growth of Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) With Applied of Mulch and Arbuscular Mycorrhizal Fungi in pre-nursery. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung* 179 - 188
- Sundram S, S Meon, AS Idris & R Othman (2015). Application of arbuscular mycorrhizal fungi with *Pseudomonas aeruginosa* UPMP3 reduces the development of Ganoderma basal stem rot disease in oil palm seedlings. *Mycorrhiza* 25, 387-397
- Supriyanto, Purwanto, Poromarto & Supyani (2020). Evaluation of in vitro antagonistic activity of fungi from peatlands against Ganoderma species under acidic condition. *Biodiversitas* 21 (7), 2935-2945. DOI: 10.13057/biodiv/d210709
- Sutari NWS (2020). Isolation and Morphology Identification of Cellulolytic Fungi from Household Waste in Sanur Kauh Village, Bali. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi* 13(2), 100–105
- Utami EP, E Widajati, ER Palupi & N Toruan-Mathius (2018). Increasing of oil palm seedling vigor through seed enrichment with *Trichoderma asperellum*, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, and *Enterobacter sacchari*. *Menara Perkebunan* 86(2), 72-80
- Verbruggen E, MGA van der Heijden, MC Rillig & ET Kiers (2013). Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: factors determining inoculation success. *New Phytologist* 197(4),1104–1109. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04348.x
- Viridiana I, M Rahmaningsih, BP Forster, M Schmoll, & J Flood (2019). *Trichoderma: Ganoderma Disease Control Oil Palm - A Manual*. Forster BP, & Caligari PDS (eds), *Techniques in Plantation Science*. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI). United Kingdom: Severn, Gloucester
- Watanabe T (2010). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi, Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* (3<sup>th</sup> ed.). 426 pages. Broken Sound Parkway NY: CRC Press (Taylor & Francis Group)
- Woittiez L S, MT van Wijk, M Slingerland, M van Noordwijk, & KE Giller. (2017). Yield Gaps in Oil Palm: A Quantitative Review of Contributing Factors. *European Journal of Agronomy* 83: 57–77.
- Wulandari AS & CA Hidayatullah (2018). Efektivitas Palmarosa (*Cymbopogon Martinii* Roxb.) sebagai Inang dalam Perbanyak Spora Fungi Mikoriza Arbuskula *In*. D. Tuheteru, Husna, A. Arif, & Albasri (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza: Mikoriza untuk Pembangunan Pertanian dan Kehutanan Berkelanjutan*, Kendari 10 Agustus 2018, pp. 85-94. UHO EduPress.
- Yurisman B, Burhanuddin & Wahdina. (2015). Asosiasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada tanaman bintaro (*Cerbera manghas* Linn.) di tanah Aluvial. *Jurnal Hutan Lestari*, 3(4):551-560.