

Dampak Aplikasi Konsorsium Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman dan Perkembangan Penyakit *Ganoderma* di Pembibitan Kelapa Sawit

Effect of Mycorrhizal Consortium Application on Plant Growth and the Development of Ganoderma Disease in Oil Palm Nursery

Hari Priwiratama*, Mahardika Gama Pradana, Agus Susanto, Tjut Ahmad Perdana Rozziansha, dan Fatimah Nur Istiqomah¹

Abstrak Penelitian untuk mengetahui dampak aplikasi konsorsium mikoriza terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman dan tingkat kejadian penyakit *Ganoderma* dilakukan pada fase pembibitan kelapa sawit. Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor (dosis mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma*) dan tiga taraf perlakuan pada masing-masing faktor utama yaitu dosis mikoriza sebanyak 0 g, 30 g di *pre-nursery* (PN) ditambah 40 g di *main nursery* (MN), atau 40 g di PN ditambah 50 g di MN, dengan waktu inokulasi *Ganoderma* pada 3 atau 6 bulan setelah tanam dan perlakuan tanpa inokulasi sebagai pembanding. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat mikoriza yang digunakan dapat bersimbiosis dengan perakaran bibit kelapa sawit dengan tingkat kolonisasi antara 39,13% dan 45,74%. Aplikasi mikoriza tidak memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan meninggi dan jumlah daun bibit kelapa sawit, namun berdampak signifikan terhadap perkembangan diameter bonggol yang lebih lebar. Kejadian dan intensitas penyakit *Ganoderma* pada tanaman dengan aplikasi mikoriza secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa mikoriza. Aplikasi mikoriza mampu menekan perkembangan penyakit hingga lebih dari 50% pada seluruh dosis yang digunakan.

Kata kunci: diameter bonggol, intensitas penyakit,

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Hari Priwiratama* (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158 Indonesia
Email: hari.priwiratama@gmail.com

¹PT. Intidaya Agrolestari, Jalan Raya Jampang Km 7 Babakan, Bogor 16330

jumlah daun, kejadian penyakit, tinggi tanaman

Abstract A study was conducted to determine the effect of mycorrhizal consortium application on plant growth and the development of *Ganoderma* disease in an oil palm nursery. The experiment was conducted following a factorial design with two main factors (doses of mycorrhizal application and inoculation time of *Ganoderma*), each with three level of treatments i.e. application doses of 0, 30 g in *pre-nursery* (PN) followed by 40 g in *main nursery* (MN), or 40 g in PN followed by 50 g in MN; inoculation time at 3 or 6 month after planting, and treatment without *Ganoderma* inoculation as a control. The result showed that mycorrhizal isolates used in this study were capable of creating a symbiotic relationship with oil palm roots with a colonization rate between 39,13% and 45,74%. Mycorrhizal application did not show a positive effect on seedling's vertical growth and total leaves production, but had a significant impact on the increase of bole's diameter. The incidence and severity of *Ganoderma* disease on seedlings with mycorrhiza were significantly lower than those without mycorrhiza. Mycorrhizal application was able to suppress disease development by more than 50% at all doses used in this study.

Keywords: bole's diameter, disease intensity, total leaves number, disease incidence, seedling height

PENDAHULUAN

Ganoderma boninense, penyebab busuk pangkal batang (BPP), merupakan patogen yang paling merusak di perkebunan kelapa sawit, khususnya di Indonesia dan Malaysia (Corley & Tinker, 2016).

Penyakit BPB dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar, yaitu mengakibatkan kematian tanaman produktif hingga 50% atau lebih (H. Priwiratama *et al.*, 2020). Pada beberapa kebun kelapa sawit di Indonesia, penyakit ini telah menimbulkan kematian sampai 80% atau lebih dari seluruh populasi tanaman kelapa sawit, sehingga mengakibatkan penurunan produksi kelapa sawit per satuan luas (Idris & Norman, 2016; Hari Priwiratama & Susanto, 2014; Syahputra & Purba, 2015). Di Asia, BPB telah ditemukan di India, Thailand, Filipina dan Papua New Guinea (Corley & Tinker, 2016; Pornsuriya *et al.*, 2013).

Dahulu diyakini bahwa *G. boninense* hanya menyerang tanaman tua, tetapi pada saat ini *G. boninense* sudah dapat menyerang tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM) yang berumur ≤ 1 tahun (Hari Priwiratama & Susanto, 2015). Kejadian penyakit meningkat sejalan dengan generasi kebun kelapa sawit. Kejadian penyakit pada tanaman TBM pada generasi satu, dua, tiga dan empat masing-masing sebesar 0, 4, 7, dan 11%. Sementara itu, pada tanaman produktif generasi satu, dua, dan tiga masing-masing sebesar 17, 18, dan 75% (Susanto & Sudharto, 2003).

Saat ini, pengendalian penyakit BPB yang dilakukan adalah melalui penggunaan bahan tanam toleran *Ganoderma* (Syahputra & Purba, 2015; Wening *et al.*, 2016), sanitasi sumber inokulum selama replanting (H. Priwiratama *et al.*, 2020; Virdiana *et al.*, 2012), modifikasi kultur teknis (Hari Priwiratama *et al.*, 2014), serta pemanfaatan agen biokontrol (Nurzannah *et al.*, 2022; Hari Priwiratama & Susanto, 2014). *Trichoderma* dan Mikoriza merupakan agen pengendali hayati yang telah digunakan sejak lama untuk mencegah infeksi jamur *G. boninense* di lapangan (Susanto *et al.*, 2015). Berbeda dengan *Trichoderma* yang hidup di bagian rizosfer, mikoriza mampu “menginfeksi” akar dan tumbuh seiring dengan perkembangan akar tanaman (Begum *et al.*, 2019). Selama tumbuh dalam akar kelapa sawit, mikoriza dapat membantu proses penyerapan nutrisi, terutama unsur P, air, serta membantu mencegah terjadinya infeksi oleh jamur patogenik lain termasuk *Ganoderma* (Henny & Henik, 2022; Rini *et al.*, 2022a; Rini *et al.*, 2022b; Sundram *et al.*, 2015; Widiastuti *et al.*, 2016).

Produk komersial mikoriza dengan berbagai macam sediaan isolat saat ini telah tersedia di pasaran. Pada umumnya, produk-produk yang

dipasarkan tersebut memiliki kandungan lebih dari satu isolat mikoriza. Formulasi konsorsium mikoriza yang terdiri dari *Glomus manihotis*, *G. etunicatum*, *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. telah dikembangkan untuk keperluan komersial, namun pengaruh konsorsium tersebut terhadap pertumbuhan kelapa sawit dan kejadian penyakit *Ganoderma* belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian pada skala pembibitan dilakukan untuk melihat pengaruh formulasi konsorsium tersebut terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit dan kejadian penyakit *Ganoderma*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan sejak bulan Januari 2020 hingga Februari 2021 di pembibitan Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Marihat. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan bahan tanam kelapa sawit varietas DxP Simalungun PPKS dengan standar uji isolat *Ganoderma boninense* Su008 (Susanto & Prasetyo, 2013), dan sediaan formulasi konsorsium mikoriza *G. manihotis*, *G. etunicatum*, *Acaulospora* sp. isolat SP1, *Acaulospora* sp. isolat SP2 dan *Gigaspora* sp.

Produksi sumber inokulum *Ganoderma*

Isolat murni *Ganoderma* ditumbuhkan pada substrat kayu karet dengan volume 216 cm³. Kayu karet dicuci dengan air steril dan masing-masing dimasukkan ke dalam plastik polipropilen tahan panas. Masing-masing substrat disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama + 15 menit. Setelah dingin, kayu karet diinokulasi dengan isolat *G. boninense* yang berumur 7 hari dan substrat selanjutnya pada suhu ruang selama 1,5 bulan hingga seluruh substrat dikolonisasi oleh miselium *Ganoderma*.

Persiapan media tanam, aplikasi konsorsium mikoriza dan inokulasi *Ganoderma*

Media tanam yang digunakan dalam pengujian merupakan campuran antara tanah topsoil dan pasir dengan perbandingan 1:1. Sebelum dimasukkan kedalam polibeg, tanah dan pasir diayak terlebih dahulu untuk mencegah masuknya sisa-sisa akar yang dapat menjadi sumber

inokulum *Ganoderma*. Aplikasi konsorsium mikoriza dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada saat penanaman kecambah di *pre nursery* dan saat pindah tanam ke *main nursery*. Inokulasi *Ganoderma* dilakukan mengikuti metode inokulasi standar (Susanto dan Prasetyo (2013) pada umur 3 dan 6 bulan setelah tanam (BST). Selanjutnya,

percobaan disusun mengikuti rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu dosis konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma* dengan masing-masing faktor terdiri dari tiga taraf (Tabel 1). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali dimana setiap ulangannya terdiri dari 20 polibeg kelapa sawit.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma*
Table 1. Combination of mycorrhiza consortium treatments and inoculation time of *Ganoderma*

Perlakuan*	Notasi
Tanpa inokulasi <i>Ganoderma</i>	
Mikoriza 0 g/polibeg	G0M0
Mikoriza 30 g (PN) + 40 g (MN)	G0M1
Mikoriza 40 g (PN) + 50 g (MN)	G0M2
Inokulasi <i>Ganoderma</i> pada umur 3 BST	
Mikoriza 0 g/polibeg	G1M0
Mikoriza 30 g (PN) + 40 g (MN)	G1M1
Mikoriza 40 g (PN) + 50 g (MN)	G1M2
Inokulasi <i>Ganoderma</i> pada umur 6 BST	
Mikoriza 0 g/polibeg	G2M0
Mikoriza 30 g (PN) + 40 g (MN)	G2M1
Mikoriza 40 g (PN) + 50 g (MN)	G2M2

* PN: *pre-nursery*, MN: *main nursery*, BST: bulan setelah tanam

*PN: *Pre-nursery*, MN: *Main nursery*, BST: *Month after planting*

Pengamatan kolonisasi Mikoriza

Kolonisasi mikoriza pada akar tanaman kelapa sawit diamati pada saat bibit kelapa sawit berumur 3, 9, dan 12 bulan setelah tanam. Pengamatan kolonisasi dilakukan dengan metode pewarnaan (Clapp *et al.* (1996) dengan sedikit modifikasi. Akar direndam dalam larutan KOH 10% selama 12-24 jam pada suhu ruang dan selanjutnya dicuci dengan air steril sebanyak 3-5 kali. Akar kemudian direndam dalam larutan HCl 2% selama 12 jam dan dilanjutkan dengan

larutan *trypan blue* selama 12-24 jam pada suhu ruang. Akar kembali dicuci dengan air sebanyak 3-5 kali dan direndam di dalam larutan destaining untuk menghilangkan kelebihan larutan pewarna *trypan blue*. Pengamatan kolonisasi kemudian dilakukan dibawah mikroskop. Kolonisasi mikoriza dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ kolonisasi} = \frac{\Sigma \text{ bidang pandang yang terkoloni}}{\Sigma \text{ keseluruhan bidang pandang}} \times 100\%$$

Pengamatan vegetatif tanaman

Variabel pengamatan yang diukur terdiri dari tinggi tanaman, diameter bonggol dan jumlah daun. Tinggi tanaman dihitung dari pangkal batang sampai dengan daun tanaman yang tertinggi. Diameter bonggol diukur pada bagian pangkal bonggol dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran diameter dilakukan dengan dua arah secara tegak lurus dan kemudian dirata-ratakan. Sementara itu, pelepah dengan helai daun yang telah membuka sempurna dihitung sebagai variabel jumlah daun. Pengukuran variabel vegetatif tanaman dilakukan setiap bulan pada saat tanaman berumur 3-12 bulan.

Pengamatan kejadian dan intensitas penyakit

Pengamatan dilakukan setiap bulan setelah inokulasi hingga bibit berumur 12 bulan. Pengamatan dilakukan secara visual dengan melihat kemunculan gejala khas penyakit yang diakibatkan infeksi *Ganoderma* pada seluruh bibit yang diberi perlakuan. Pada akhir percobaan, bagian bonggol bibit dibelah untuk mengamati kemunculan gejala internal akibat infeksi *Ganoderma*. Skoring kemudian dilakukan berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi pada

bagian bonggol dan perakaran (Tabel 2). Selanjutnya, kejadian penyakit (KP) dan intensitas penyakit (IP) *Ganoderma* dihitung dengan rumus:

$$KP = \frac{a}{a + b} \times 100\%$$

Dimana:

KP = kejadian penyakit

a = jumlah tanaman sakit

b = jumlah tanaman sehat

$$IP = \frac{\sum(n \times v)}{N \times V} \times 100\%$$

Dimana:

IP = Intensitas penyakit

n = Jumlah sampel pada kriteria tertentu yang diamati

v = Nilai skor pada sampel yang diamati

N = Jumlah semua sampel yang diamati

V = Kriteria nilai skor tertinggi

Tabel 2. Skoring bibit kelapa sawit terinfeksi *Ganoderma* berdasarkan gejala internal pada bonggol dan akar (Peng *et al.*, 2022)

Table 2. Scoring of the *Ganoderma*-infected oil palm seedlings based on the internal symptoms in the bole and roots

Skor	Uraian
0	Tidak ada gejala nekrotik pada perakaran dan pangkal batang
1	Terdapat nekrotik pada perakaran tetapi belum pada pangkal batang
2	Terdapat nekrotik pada perakaran, mulai terjadi nekrotik pada bagian pangkal batang < 5%
3	Terdapat nekrotik pada perakaran, nekrotik pada bagian pangkal batang 5% - 25%
4	Terdapat nekrotik pada perakaran, nekrotik pada bagian pangkal batang > 25%, muncul tubuh buah <i>Ganoderma</i> pada pangkal batang, nekrotik sampai mati

Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis ragam menggunakan bantuan program Genstat 12ed. Selanjutnya, uji jarak Duncan pada selang kepercayaan 95% dilakukan untuk melihat

perbedaan nyata antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kolonisasi Mikoriza pada perakaran kelapa sawit



Mikoriza yang digunakan dalam formulasi konsorsium bukan merupakan isolat yang berasal dari rizosfer atau perakaran tanaman kelapa sawit. Namun demikian, pengamatan kolonisasi akar memperlihatkan bahwa isolat yang digunakan tersebut juga mampu menginfeksi perakaran kelapa sawit (Tabel 3). Infeksi mikoriza pada tanaman kontrol kemungkinan besar terjadi sebagai dampak penggunaan media tanam yang tidak disterilkan terlebih dahulu. Diduga kuat, tanah yang digunakan pada perlakuan membawa propagul mikoriza meskipun tidak dilakukan deteksi terlebih dahulu di awal percobaan. Tingkat infeksi alami tersebut secara signifikan lebih rendah dibandingkan tanaman dengan pemberian mikoriza, yang menunjukkan bahwa aplikasi konsorsium mikoriza tetap memberikan pengaruh terhadap

peningkatan infeksi pada perakaran bibit kelapa sawit. Secara umum, tingkat kolonisasi akar cenderung meningkat dengan penambahan dosis aplikasi mikoriza yang diberikan. Tingkat kolonisasi mikoriza yang mencapai 39,13% dan 45,74% berturut-turut untuk dosis M1 dan M2 tersebut tergolong tinggi menurut kriteria O'Connor *et al.* (2001). Lebih lanjut, kolonisasi perakaran oleh miselium mikoriza juga dapat menggambarkan bahwa hubungan simbiosis antara mikoriza dan tanaman inangnya telah terbentuk, meskipun belum tentu berdampak terhadap keragaan fenotipik tanaman. Hubungan simbiosis antara mikoriza dan kelapa sawit yang diuji dapat diantaranya diperlihatkan melalui pertumbuhan hifa di dalam akar bibit kelapa sawit yang diuji (Gambar 1).

Tabel 3. Kolonisasi mikoriza pada akar bibit kelapa sawit
Table 3. Colonization rate of the mycorrhiza on oil palm seedling's roots

Dosis mikoriza per polibeg	Kolonisasi mikoriza (%) pada 'n' bulan setelah tanam			Rata-rata ¹
	3	9	12	
M0: 0 g	17.50	13.33	6.66	12.50 a
M1: 30 + 40 g ²⁾	48.33	42.04	27.03	39.13 b
M2: 40 + 50 g ³⁾	56.67	36.48	44.06	45.74 b

¹⁾ Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

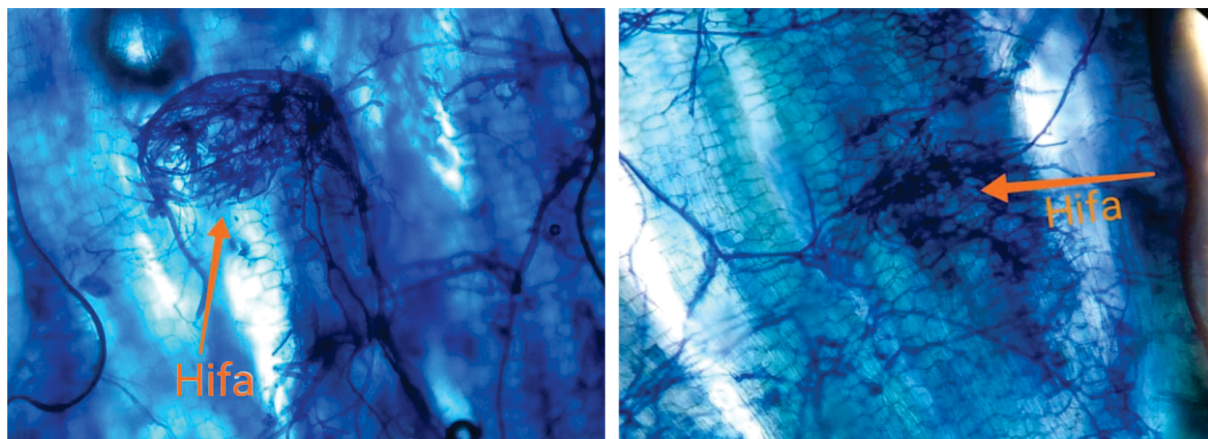
²⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 3 bulan

³⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 6 bulan

¹⁾ Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 3 months

³⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 6 months



Gambar 1. Pertumbuhan hifa mikoriza di dalam akar tanaman kelapa sawit pada bibit umur 9 bulan (kiri) dan 12 bulan (kanan).

Figure 1. Growth of mycorrhizal hyphae inside the oil palm root on 9 month-old (left) and 12 month-old (right) seedling.

Pengaruh aplikasi konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma* terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit

Hasil analisis ragam (uji F) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara faktor dosis aplikasi konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma* terhadap variabel tinggi tanaman bibit kelapa sawit ($P=0,066$). Dengan demikian, pengaruh masing-masing faktor utama terhadap tinggi tanaman dapat dijelaskan secara independen. Hingga akhir pengamatan (12 BST), secara umum, bibit kelapa sawit pada perlakuan aplikasi konsorsium mikoriza dengan dosis 30+40 g memiliki vigor lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi konsorsium mikoriza dengan dosis 40+50 g, namun keduanya tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan tinggi tanaman tanpa perlakuan (Tabel 4). Hasil ini mengindikasikan bahwa perlakuan dengan konsorsium mikoriza yang diberikan tidak memberikan dampak terhadap pertumbuhan meninggi bibit kelapa sawit. Ketiadaan pengaruh aplikasi mikoriza terhadap pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit juga telah dilaporkan sebelumnya oleh Simanjuntak *et al.* (2013). Sebaliknya, penelitian Rini dan Efriyani (2017) menunjukkan pengaruh positif pemberian mikoriza terhadap pertumbuhan meninggi bibit kelapa sawit. Penggunaan spesies dan strain mikoriza yang berbeda dapat menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya perbedaan tersebut. Fenomena ini diperlihatkan pada penelitian Palasta dan Rini (2017),

dimana setiap isolat *Glomus* sp. yang digunakan memberikan efek yang berbeda terhadap pertumbuhan tinggi bibit kelapa sawit. Selain itu, latar belakang isolat yang bukan berasal dari perakaran kelapa sawit juga dapat menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tidak adanya pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan tinggi bibit.

Perkembangan tinggi tanaman turut dipengaruhi oleh perlakuan inokulasi *Ganoderma* (Tabel 4). Sesuai dengan hipotesa, inokulasi *Ganoderma* memberikan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman. Pada akhir pengamatan (12 BST), secara umum tanaman dengan perlakuan inokulasi *Ganoderma* memiliki tinggi tanaman yang lebih pendek dibandingkan perlakuan tanpa inokulasi. Kerusakan yang terjadi pada perakaran kelapa sawit akibat infeksi *Ganoderma* dapat mengganggu proses penyerapan air dan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman sehingga berdampak negatif terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman (Alexander *et al.*, 2017; Naher *et al.*, 2013).

Pertumbuhan bibit yang lebih lambat umumnya terlihat pada kelompok perlakuan dengan waktu inokulasi *Ganoderma* umur 6 BST. Dampak keterlambatan pindah tanam dari PN ke MN ini dapat dilihat melalui perkembangan tinggi bulanan pada kelompok perlakuan inokulasi *Ganoderma* umur 6 BST (Tabel 5). Hal ini dapat disebabkan oleh waktu tunggu di masa *pre-nursery* (PN) yang lebih lama (6 bulan).



Tabel 4. Pengaruh dosis aplikasi konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma* terhadap tinggi bibit kelapa sawit umur 12 BST

Table 4. Effect of mycorrhiza consortium application doses and inoculation time of *Ganoderma* on the seedling height at 12 map

Dosis mikoriza per polibeg	Waktu Inokulasi <i>Ganoderma</i>			Rata-rata ¹⁾
	Tanpa inokulasi	3 BST	6 BST	
	(G0)	(G1)	(G2)	
M0: 0 g	82,12	82,53	77,02	80,56 ab
M1: 30+40 g	88,86	78,35	84,50	83,90 a
M2: 40+50 g	81,67	74,93	74,35	76,98 b
Rata-rata ²⁾	84,22 A	78,60 B	78,62 B	

¹⁾ rata-rata marginal tinggi tanaman untuk menunjukkan pengaruh faktor utama aplikasi mikoriza. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama **pada kolom yang sama**, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

²⁾ rata-rata marginal tinggi tanaman untuk menunjukkan pengaruh faktor utama waktu inokulasi. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama **pada baris yang sama**, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

¹⁾ The marginal average of plant height to show the effect of the main factors for mycorrhiza application. Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ The marginal average of plant height to show the influence of the main factors for inoculation time. Numbers followed by the same letter on the same row are not significantly different in Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

Tabel 5. Perkembangan tinggi tanaman pada seluruh perlakuan

Table 5. The development of seedling height in all treatments

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) pada bibit umur 'n' bulan setelah tanam (BST)					
	7		9		12	
Tanpa inokulasi <i>Ganoderma</i> (G0)						
M0: Mikoriza 0 g	52,15	bc ¹⁾	66,38	abc	82,12	abc
M1: Mikoriza 30+40 g	55,96	a	68,30	a	88,85	a
M2: Mikoriza 40+50 g	48,08	de	63,23	bcd	81,67	bcd
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 3 BST (G1) ²⁾						
M0: Mikoriza 0 g	48,80	cde	67,03	ab	82,53	abc
M1: Mikoriza 30+40 g	50,18	cd	61,27	d	78,35	bcde
M2: Mikoriza 40+50 g	47,45	de	59,50	de	74,92	de

(continued)

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) pada bibit umur 'n' bulan setelah tanam (BST)		
	7	9	12
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 6 BST (G2) ³⁾			
M0: Mikoriza 0 g	48,30 de	61,92 cd	77,03 cde
M1: Mikoriza 30+40 g	54,10 ab	63,48 bcd	84,50 ab
M2: Mikoriza 40+50 g	45,35 e	56,90 e	74,35 e

¹⁾ Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

²⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 3 bulan

³⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 6 bulan

¹⁾ Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 3 months

³⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 6 months

Keterbatasan volume media tanam dan hara tersedia pada polibeg PN dapat berdampak negatif terhadap perkembangan perakaran bibit kelapa sawit apabila dibiarkan dalam waktu yang lama sehingga berpotensi menyebabkan stagnasi pada pertumbuhan bibit. Secara praktis, periode PN berlangsung selama tiga bulan dan setelahnya bibit sudah harus dipindahkan ke polibeg yang lebih besar (*main nursery*) untuk mencegah terjadinya stress pada bibit kelapa sawit (Corley & Tinker, 2016). Pada seluruh perlakuan pemberian konsorsium mikoriza, parameter tinggi tanaman menunjukkan trend pertumbuhan yang sama dimana tinggi tanaman pada masing-masing perlakuan konsorsium mikoriza dengan inokulasi *Ganoderma* (3 atau 6 BST) lebih pendek dibandingkan dengan masing-masing perlakuan pembandingnya (tanpa inokulasi). Perlakuan konsorsium mikoriza dengan dosis 30+40 g secara konsisten memberikan hasil yang lebih baik untuk pertumbuhan meninggi tanaman dibandingkan perlakuan pemberian konsorsium mikoriza dengan dosis 40+50 g berturut-turut.

Pengaruh terhadap perkembangan bonggol tanaman

Berbeda dengan parameter tinggi tanaman, hasil Uji F menunjukkan terdapat interaksi antara faktor dosis aplikasi konsorsium mikoriza dengan waktu inokulasi *Ganoderma*. Hal ini menunjukkan bahwa diameter bonggol bibit kelapa sawit pada setiap dosis aplikasi konsorsium mikoriza turut dipengaruhi oleh perbedaan perlakuan inokulasi *Ganoderma*. Di akhir pengamatan, diameter bonggol di seluruh level perlakuan inokulasi *Ganoderma* terlihat lebih lebar pada tanaman dengan aplikasi konsorsium mikoriza dibandingkan dengan tanaman tanpa konsorsium mikoriza (Tabel 6). Selaras dengan parameter tinggi tanaman, diameter bonggol tanaman pada kelompok perlakuan inokulasi *Ganoderma* pada saat pindah tanam umur 6 BST lebih kecil dibandingkan dengan kelompok perlakuan waktu inokulasi *Ganoderma* lainnya. Perpanjangan masa PN pada kelompok perlakuan ini menjadi salah satu faktor penyebab terhambatnya perkembangan bonggol tanaman. Namun demikian, perlakuan konsorsium mikoriza

dapat membantu perkembangan bonggol tanaman pada perlakuan inokulasi umur 6 BST sehingga pada akhir pengamatan memiliki diameter yang berimbang baik dengan kelompok perlakuan tanpa inokulasi *Ganoderma* maupun perlakuan dengan inokulasi *Ganoderma* umur 3 BST. Hasil ini

memperlihatkan bahwa konsorsium mikoriza yang digunakan mampu memicu perkembangan vegetatif tanaman, dalam hal diameter bonggol, sebagai respon terhadap cekaman abiotik (keterlambatan pindah tanam) maupun cekaman biotik (inokulasi *Ganoderma*).

Tabel 6. Perkembangan diameter bonggol tanaman pada seluruh perlakuan
Table 6. The development of bole's diameter within all treatments

Perlakuan	Diameter bonggol (cm) pada bibit umur 'n' bulan setelah tanam (BST)		
	5	7	9
Tanpa inokulasi <i>Ganoderma</i>			
M0: Mikoriza 0 g	19,22 a ¹⁾	26,8 ab	29,8 b
M1: Mikoriza 30+40 g	16,89 bc	22,66 c	32,42 a
M2: Mikoriza 40+50 g	15,07 de	21,87 cd	30,91 ab
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 3 BST ²⁾			
M0: Mikoriza 0 g	17,77 ab	27,73 a	31,33 ab
M1: Mikoriza 30+40 g	18,46 a	25,47 b	29,53 b
M2: Mikoriza 40+50 g	16,15 cd	20,99 cd	30,73 ab
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 6 BST ³⁾			
M0: Mikoriza 0 g	14,28 e	20,14 d	25,48 c
M1: Mikoriza 30+40 g	15,03 de	22,09 cd	29,36 b
M2: Mikoriza 40+50 g	16,22 cd	23,24 c	29,76 b

¹⁾ Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

²⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 3 bulan

³⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 6 bulan

¹⁾ Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 3 months

³⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 6 months

Pengaruh terhadap perkembangan jumlah daun tanaman

Hasil Uji F parameter jumlah daun juga menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan dosis aplikasi konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma*. Hingga akhir pengamatan (12 BST), bibit kelapa sawit tanpa pemberian konsorsium mikoriza memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan bibit dengan aplikasi konsorsium mikoriza pada perlakuan inokulasi *Ganoderma* umur 3 BST dan pada perlakuan tanpa inokulasi *Ganoderma* (Tabel 7). Sementara itu, pada perlakuan dengan waktu inokulasi *Ganoderma* umur 6

BST, bibit kelapa sawit pada seluruh perlakuan konsorsium mikoriza memiliki jumlah daun yang sama. Hasil ini mengindikasikan bahwa aplikasi konsorsium mikoriza tidak memberikan dampak positif terhadap penambahan jumlah daun bibit kelapa sawit. Beberapa penelitian sebelumnya juga memperlihatkan ketiadaan pengaruh pemberian mikoriza terhadap perkembangan jumlah daun bibit kelapa sawit (Damayanti *et al.*, 2015; Lestari *et al.*, 2018; Risbo, 2019). Namun demikian, isolat-isolat mikoriza spesifik, seperti *Glomus* sp. MV23 dan *Glomus* sp. MV15 diketahui mampu meningkatkan performa vegetatif bibit kelapa sawit termasuk pada parameter jumlah daun (Damayanti *et al.*, 2015; Palasta & Rini, 2017).

Tabel 7. Perkembangan jumlah daun tanaman pada seluruh perlakuan
Table 7. The development of total leaves production within all treatments

Perlakuan	Jumlah daun pada bibit umur 'n' bulan setelah tanam (BST)		
	5	7	9
Tanpa inokulasi <i>Ganoderma</i>			
Mikoriza 0 g	8,35 a ¹⁾	10,28 a	11,52 a
Mikoriza 30+40 g	7,71 b	9,56 c	10,35 b
Mikoriza 40+50 g	7,7 b	9,33 c	10,35 b
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 3 BST ²⁾			
Mikoriza 0 g	8,175 a	10,03 ab	11,22 a
Mikoriza 30+40 g	7,675 b	9,58 bc	9,95 c
Mikoriza 40+50 g	7,675 b	9,6 bc	10,37 b
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 6 BST ³⁾			
Mikoriza 0 g	6,8 cd	8,78 d	9,67 c
Mikoriza 30+40 g	6,65 d	9,3 c	9,77 c
Mikoriza 40+50 g	7,025 c	9,18 cd	9,8 c

¹⁾ Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

²⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 3 bulan

³⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 6 bulan

¹⁾ Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 3 months

³⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 6 months



Kejadian dan keparahan penyakit *Ganoderma*

Selama percobaan berlangsung, infeksi *Ganoderma* tidak menyebabkan terjadinya gejala eksternal yang umumnya dapat terlihat berupa menguningnya daun hingga mengering dan mati. Hal ini umum terjadi pada penyakit-penyakit yang disebabkan oleh *Ganoderma*, baik yang diuji di pembibitan maupun yang terjadi secara alami di lapangan. Oleh karena itu, penyakit *Ganoderma* juga dikenal dengan penyakit tersembunyi (*cryptic diseases*) karena seringkali tidak menyebabkan penampakan gejala pada

tanaman yang terinfeksi (Susanto, 2012). Ketiadaan gejala eksternal menyebabkan masa inkubasi penyakit *Ganoderma* pada percobaan kali ini tidak dapat diketahui. Pada kondisi ini, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat kejadian dan intensitas penyakit *Ganoderma* adalah melalui pengamatan histopatologi dengan cara membongkar bibit untuk melihat infeksi di bagian perakaran hingga bonggol tanaman pada akhir pengamatan (Gambar 2).



Gambar 2. Infeksi *Ganoderma* pada tanaman kelapa sawit yang ditandai dengan adanya kontak miselium cendawan dengan akar diikuti dengan pembusukan akar (panah kuning).

Figure 2. *Ganoderma* infection on oil palm roots indicated by the development of fungal mycelia followed by the rotting of root tissue (yellow arrow)

Berdasarkan hasil Uji F pada pengamatan bagian perakaran, diketahui bahwa tidak terdapat interaksi antara faktor dosis aplikasi konsorsium mikoriza dan waktu inoculasi *Ganoderma* terhadap tingkat kejadian penyakit *Ganoderma* pada bibit kelapa sawit. Namun, masing-masing faktor utama menunjukkan perbedaan yang signifikan sehingga dapat diketahui bahwa masing-masing kelompok perlakuan memberikan pengaruh terhadap tingkat kejadian penyakit *Ganoderma* pada bibit kelapa sawit. Secara global, tingkat kejadian penyakit *Ganoderma* pada tanaman dengan aplikasi konsorsium mikoriza secara signifikan lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa konsorsium mikoriza (Tabel 8). Sementara itu, tidak

terdapat perbedaan nyata pada tingkat kejadian penyakit *Ganoderma* antar perlakuan dosis konsorsium mikoriza. Hal ini menggambarkan bahwa aplikasi konsorsium mikoriza pada kedua dosis yang diujikan mampu mencegah terjadinya infeksi *Ganoderma* pada bibit kelapa sawit. Efektivitas perlakuan konsorsium mikoriza dengan dosis 30+40 g dan dosis 40+50 g dalam mencegah infeksi *Ganoderma* berturut-turut sebesar 36,86% dan 46,18%.

Inokulasi *Ganoderma* pada waktu inoculasi 3 dan 6 BST juga tidak menyebabkan adanya perbedaan tingkat kejadian penyakit *Ganoderma*. Namun demikian, kejadian penyakit *Ganoderma* cenderung lebih tinggi pada waktu inoculasi pada

bibit umur 6 BST. Hal ini dapat terjadi sebagai dampak perpanjangan masa PN di perlakuan waktu inokulasi 6 BST. Pada saat transplanting dilakukan di umur 6 BST, perakaran kelapa sawit sudah memenuhi seluruh polibeg, bahkan hingga keluar dari bagian bawah polibeg, sehingga lebih berpotensi menyebabkan terjadinya luka atau

kerusakan pada perakaran. Kerusakan ini dapat menjadi salah satu jalan bagi *Ganoderma* untuk menginfeksi bibit kelapa sawit. Selain itu, kondisi stress bibit akibat keterlambatan pindah tanam juga turut meningkatkan suseptibilitas bibit terhadap infeksi patogen seperti *Ganoderma*.

Tabel 8. Pengaruh dosis aplikasi konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma* terhadap kejadian penyakit *Ganoderma* pada akhir pengamatan

Table 8. Effect of mycorrhiza consortium application doses and inoculation time of Ganoderma on the disease incidence by the end of observation

Dosis mikoriza per polibeg	Waktu Inokulasi <i>Ganoderma</i>			Rata-rata ¹⁾	
	Tanpa inokulasi	3 BST	6 BST		
	(G0)	(G1)	(G2)		
M0: 0 g	0,00	57,53	50,42	35,98	a
M1: 30+40 g	0,00	27,11	41,05	22,72	b
M2: 40+50 g	0,00	26,05	32,05	19,37	b
Rata-rata ²⁾	0,00 B	36,90 A	41,17 A		

¹⁾ rata-rata marginal kejadian penyakit untuk menunjukkan pengaruh faktor utama aplikasi mikoriza. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama **pada kolom yang sama**, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

²⁾ rata-rata marginal kejadian penyakit untuk menunjukkan pengaruh faktor utama waktu inokulasi. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama **pada baris yang sama**, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

¹⁾ The marginal average of plant height to show the effect of the main factors for mycorrhiza application. Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ The marginal average of plant height to show the influence of the main factors for inoculation time. Numbers followed by the same letter on the same row are not significantly different in Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

Sejalan dengan tingkat kejadian penyakitnya, aplikasi konsorsium mikoriza juga turut memberikan pengaruh signifikan terhadap intensitas penyakit *Ganoderma* (Tabel 9). Intensitas penyakit *Ganoderma* secara nyata lebih tinggi pada perlakuan tanpa aplikasi konsorsium mikoriza dibandingkan perlakuan dengan aplikasi konsorsium mikoriza baik pada dosis 30+40 g maupun dosis 40+50 g. Hal ini menunjukkan bahwa selain mencegah infeksi *Ganoderma*, perlakuan konsorsium mikoriza mampu memperlambat proses infeksi oleh *Ganoderma*. Secara global, persentase penghambatan laju infeksi pada perlakuan dosis 30+40 g dan 40+50 g berturut-turut sebesar 37,95%

dan 47,74%. Sementara itu, tingkat intensitas penyakit *Ganoderma* pada kedua waktu inokulasi juga menunjukkan trend yang sama dengan tingkat kejadian penyakitnya. Dampak positif aplikasi konsorsium mikoriza dalam menekan perkembangan penyakit *Ganoderma* di pembibitan kelapa sawit juga telah dilaporkan pada penelitian lainnya (Bakhtiar *et al.*, 2012; Henny & Henik, 2022; Rini *et al.*, 2022a; Simanjuntak *et al.*, 2013; Sundram *et al.*, 2015).

Jika dilihat dengan lebih mendetail pada kombinasi perlakuan konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma*, dapat terlihat bahwa tingkat kejadian dan intensitas penyakit *Ganoderma* secara umum



cenderung lebih tinggi pada seluruh perlakuan di kelompok waktu inokulasi *Ganoderma* umur 6 BST meskipun tidak berbeda nyata pada masing-masing taraf perlakuan konsorsium mikoriza dengan waktu inokulasi 3 BST. Pada waktu inokulasi 6 BST, hanya perlakuan konsorsium mikoriza dengan dosis 40+50 g yang menunjukkan tingkat kejadian penyakit *Ganoderma* yang lebih rendah dibandingkan perlakuan tanpa konsorsium mikoriza (Tabel 10). Sementara itu pada waktu inokulasi 3 BST, kedua perlakuan dosis konsorsium mikoriza menunjukkan efek yang sama dalam mencegah penyakit

Ganoderma. Hal ini mengindikasikan bahwa, pada kondisi perpanjangan waktu di pembibitan PN atau pada kondisi dimana bibit berpotensi mengalami kerusakan di bagian perakaran maka dosis konsorsium mikoriza yang lebih tinggi diperlukan untuk melindungi bibit dari cekaman *Ganoderma*. Apabila dianalogikan dengan kondisi bibit MN yang lewat umur (lebih dari satu tahun di pembibitan utama), maka diperlukan aplikasi ulangan dengan dosis yang lebih besar di lubang tanam saat proses pindah tanam ke lapangan.

Tabel 9. Pengaruh dosis aplikasi konsorsium mikoriza dan waktu inokulasi *Ganoderma* terhadap intensitas penyakit *Ganoderma* pada akhir pengamatan

Table 9. Effect of mycorrhiza consortium application doses and inoculation time of *Ganoderma* on the disease severity by the end of observation

Dosis mikoriza per polibeg	Waktu Inokulasi <i>Ganoderma</i>			Rata-rata ¹⁾
	Tanpa inokulasi (G0)	3 BST (G1)	6 BST (G2)	
M0: 0 g	0,00	15,43	12,87	9,43 a
M1: 30+40 g	0,00	7,30	10,26	5,85 b
M2: 40+50 g	0,00	6,78	8,01	4,93 b
Rata-rata ²⁾	0,00 B	9,84 A	10,38 A	

¹⁾ rata-rata marginal intensitas penyakit untuk menunjukkan pengaruh faktor utama aplikasi mikoriza. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

²⁾ rata-rata marginal intensitas penyakit untuk menunjukkan pengaruh faktor utama waktu inokulasi. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

¹⁾ The marginal average of plant height to show the effect of the main factors for mycorrhiza application. Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ The marginal average of plant height to show the influence of the main factors for inoculation time. Numbers followed by the same letter on the same row are not significantly different in Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

Selain itu, dari Tabel 10 dapat terlihat bahwa persentase pencegahan dan penghambatan penyakit *Ganoderma* oleh perlakuan konsorsium mikoriza lebih tinggi pada kelompok perlakuan waktu inokulasi *Ganoderma* pada umur bibit 3 BST. Efektivitas konsorsium mikoriza dalam mencegah kejadian dan intensitas penyakit *Ganoderma* pada kelompok perlakuan waktu inokulasi 3 BST berturut-turut

sebesar 52,88% dan 52,69% untuk perlakuan dosis 30+40 g serta berturut-turut 54,72% dan 56,06% untuk perlakuan dosis 40+50 g. Sementara itu pada kelompok waktu inokulasi *Ganoderma* 6 BST, efektivitas perlakuan konsorsium mikoriza masih dibawah 50%. Hal ini dapat mengindikasikan, pertama, pentingnya aplikasi mikoriza (dan pengulangannya) sedini mungkin pada bibit kelapa

sawit agar meningkatkan peluang terjadinya kolonisasi perakaran kelapa sawit yang lebih baik sehingga mampu mencegah infeksi oleh *Ganoderma*. Kedua, pentingnya menjaga kondisi tanaman agar tidak

mengalami stress atau kerusakan selama proses pembibitan, terutama akibat keterlambatan pindah tanam ke MN, sehingga menjadi lebih rentan terhadap cekaman *Ganoderma*.

Tabel 10. Kejadian dan intensitas penyakit *Ganoderma* pada seluruh kombinasi perlakuan
Table 10. The incidence and severity of *Ganoderma* disease within all treatments

Perlakuan	Kejadian penyakit (%)	Δ (%)	Intensitas penyakit (%)	Δ (%)
Tanpa inokulasi <i>Ganoderma</i>				
Mikoriza 0 g	0,00 d ¹⁾		0,00 d	
Mikoriza 30+40 g	0,00 d		0,00 d	
Mikoriza 40+50 g	0,00 d		0,00 d	
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 3 BST ²⁾				
Mikoriza 0 g	57,53 a		15,43 a	
Mikoriza 30+40 g	27,11 c	52,88	7,30 c	52,69
Mikoriza 40+50 g	26,05 c	54,72	6,78 c	56,06
Inokulasi <i>Ganoderma</i> 6 BST ³⁾				
Mikoriza 0 g	50,42 ab		12,87 ab	
Mikoriza 30+40 g	41,05 abc	18,58	10,26 bc	20,28
70 Mikoriza 40+50 g	32,05 bc	36,43	8,01 bc	37,76

¹⁾ Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata pada uji berganda Duncan pada $\alpha=0,05$

²⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 3 bulan

³⁾ Aplikasi mikoriza dilakukan 2 kali, dosis pertama pada saat penanaman kecambah dan dosis kedua bersamaan dengan inokulasi *Ganoderma* saat pindah tanam ke pembibitan utama pada umur 6 bulan

¹⁾ Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at $\alpha=0.05$

²⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 3 months

³⁾ Mycorrhizal application is conducted twice; the first dose was at the time of planting the germinated seed followed by the second dose at the time of *Ganoderma* inoculation when transplanting the seedling to the main nursery at the age of 6 months

KESIMPULAN

Konsorsium mikoriza *G. manihotis*, *G. etunicatum*, *Acaulospora* sp. isolat SP1, *Acaulospora* sp. isolat SP2 dan *Gigaspora* sp. mampu bersimbiosis dengan perakaran tanaman kelapa sawit. Aplikasi konsorsium

mikoriza tidak memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan meninggi dan jumlah daun bibit kelapa sawit, namun berdampak signifikan terhadap perbesaran diameter bonggol bibit kelapa sawit pada kondisi bebas *Ganoderma* dan pada paparan *Ganoderma* umur 6 BST. Secara umum, tingkat

kejadian dan intensitas penyakit *Ganoderma* secara signifikan lebih rendah pada bibit dengan perlakuan konsorsium mikoriza dibandingkan dengan bibit tanpa perlakuan. Aplikasi konsorsium mikoriza dengan dosis 30 g di PN ditambah 40 g di MN dan dosis 40 g di PN ditambah 50 g di MN mampu mencegah infeksi *Ganoderma* berturut-turut sebesar 52,88% dan 54,72% serta menghambat laju infeksi berturut-turut hingga 52,69% dan 56,06%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, A., Dayou, J., Abdullah, S. & Chong, K. P. (2017). *The changes of oil palm roots cell wall lipids during pathogenesis of Ganoderma boninense*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Bakhtiar, Y., Yahya, S., Sumaryono, W., Sinaga, M. S. & Budi, S. W. (2012). Adaptation of oil palm seedlings inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and mycorrhizal endosymbiotic bacteria *Bacillus subtilis* B10 towards biotic stress of pathogen *Ganoderma boninense* Pat. *Microbiology Indonesia*, 6(4), 157-164.
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., Ahmed, N. & Zhang, L. (2019). Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Plant Growth Regulation: Implications in Abiotic Stress Tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 10. doi:10.3389/fpls.2019.01068
- Clapp, J. P., Fitter, A. H. & Merryweather, J. M. (1996). Arbuscular mycorrhiza. In G. S. Hall, P. Lassere, & D. L. Hawksworth (Eds.), *Methods for the Examination of Organismal Diversity in Soil and Sediments*. Wallingford, UK: CAB International.
- Corley, R. H. V. & Tinker, P. B. (2016). *The Oil Palm* (5 ed.). Chichester, UK: Blackwell Science Ltd.
- Damayanti, N. D., Rini, M. V. & Evizal, R. (2015). Respon pertumbuhan kelapa sawit bibit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap jenis fungi mikoriza arbuskula pada dua tingkat pemupukan NPK. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 15(1), 33-40.
- Henny, H. & Henik, S. (2022). Controlling Basal Stem Rot in Oil Palm Plantations by Applying Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Trichoderma spp. *KnE Life Sciences*, 7(3). doi:10.18502/kls.v7i3.11121
- Idris, A. S. & Norman, K. (2016). *Some latest R&D on Ganoderma diseases of oil palm in Malaysia*. Paper presented at the Sixth IOPRI-MPOB International Seminar: Current Research and Management of Pests, *Ganoderma*, and Pollination in Oil Palm for Higher Productivity, Medan
- Lestari, S. U., Muryanto, M. & Mutryarny, E. (2018). Efisiensi pupuk posfat akibat kombinasi inokulasi mikoriza arbuskula (FMA)-sp-36 terhadap arsitektur akar kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di main nursery. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 15(1), 13-22.
- Naher, L., Yusuf, U. K., Ismail, A., Tan, S. G. & Mondal, M. M. A. (2013). Ecological status of *Ganoderma* and basal stem rot disease of oil palms (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Australian Journal of Crop Science*, 7(11), 1723-1727. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84884559154&partnerID=40&md5=064ebf7611c84e0426bc23ae409c249c>
- Nurzannah, S., Purnamasari, I., Siagian, D. & Ramija, K. (2022). *Potential of Trichoderma and mycorrhizae as biological agents for controlling Ganoderma boninense in oil palm*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- O'Connor, P. J., Smith, S. E. & Smith, F. A. (2001). Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Simpson Desert. *Australian Journal of Botany*, 49(4), 493-499. doi:https://doi.org/10.1071/BT00014
- Palasta, R. & Rini, M. V. (2017). Pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan aplikasi fungi mikoriza arbuskular dan beberapa dosis pupuk fosfat. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 5(2), 97-106.
- Peng, S. H. T., Yap, C. K., Arshad, R., Chai, E. W., Priwiratama, H., Hidayat, F., Yanti, F., Yulizar, F., Pane, M. M. & Suprayetno, H. (2022). Efficacy of *Hendersonia* on the growth of seedlings of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)

- and *Ganoderma* disease control: A field-based study using GanoEF biofertilizer at Medan, Indonesia. *MOJ Ecology & Environmental Sciences*, 7 (2), 24-29. doi:10.15406/mojes.2022.07.00243.
- Pornsuriya, C., Sunpapao, A., Srihanant, N., Worapattamasri, K., Kittimorakul, J., Phithakkit, S. & Petcharat, V. (2013). A survey of diseases and disorders in oil palms of southern Thailand. *Plant Pathology Journal (Faisalabad)*, 12(4), 169-175.
- Priwiratama, H., Prasetyo, A. E. & Susanto, A. (2014). Pengendalian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit secara kultur teknis. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 10(1), 1-7.
- Priwiratama, H., Prasetyo, A. E. & Susanto, A. (2020). Incidence of basal stem rot disease of oil palm in converted planting areas and control treatments. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468, 012036. doi:10.1088/1755-1315/468/1/012036
- Priwiratama, H. & Susanto, A. (2014). Utilization of fungi for the biological control of insect pests and *Ganoderma* disease in the Indonesian oil palm industry. *Journal of Agricultural Science and Technology A*, 4(2A), 103-111.
- Priwiratama, H. & Susanto, A. (2015, 19-20 Mei 2015). *Peran tunggul terinfeksi dalam penyebaran Ganoderma boninense di perkebunan kelapa sawit*. Paper presented at the Pertemuan Teknis Kelapa Sawit 2015, Yogyakarta.
- Rini, M. V. & Efriyani, U. (2017). Respons bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap pemberian fungi mikoriza arbuskular dan cekaman air. *Menara Perkebunan*, 84(2), 106-114.
- Rini, M. V., Hasan, S. N., Hidayat, K. F. & Aeny, T. N. (2022a). Applications of Arbuscular Mycorrhiza Fungi to Improve Growth of Oil Palm Seedlings and Disease Resistance Against *Ganoderma* sp. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 6(1), 31-40.
- Rini, M. V., Yansyah, M. P. & Arif, M. A. S. (2022b). The Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Reduced the Required Dose of Compound Fertilizer for Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Nursery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1012(1), 012011. doi:10.1088/1755-1315/1012/1/012011
- Risbo, W. (2019). *Aplikasi mikoriza arbuskula dan berbagai dosis pupuk NPK 20-20-20 pada pembibitan pre nurseri kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- Simanjuntak, D., Fahridayanti, F. & Susanto, A. (2013). Efficacy of mycorrhizae and *Trichoderma* as a biological control of basal stem rot disease (*Ganoderma*) and as a promotor of oil palm seedling growth. *Widyaiset*, 16(2), 233-242.
- Sundram, S., Meon, S., Seman, I. A. & Othman, R. (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(5), 387-397. doi:10.1007/s00572-014-0620-5
- Susanto, A. (2012). *S.O.P. Pengendalian Ganoderma di Perkebunan Kelapa Sawit*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Susanto, A. & Prasetyo, A. E. (2013). Metode skринing tanaman kelapa sawit toleran *Ganoderma*. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 19(2), 71-75.
- Susanto, A., Prasetyo, A. E., Priwiratama, H., Rozziansha, T. A. P., Simanjuntak, D., Sipayung, A., Purba, R. Y., Sudharto & de Chenon, R. D. (2015). *Kunci Sukses Pengendalian Hama dan Penyakit Kelapa Sawit*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Susanto, A. & Sudharto. (2003). *Status of Ganoderma disease on oil palm In Indonesia*. Paper presented at the 3rd Int. Work. on *Ganoderma* Diseases of Perennial Crops, Medan.
- Syahputra, I. & Purba, A. (2015). Benih kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) DxP Socfindo MT Gano moderat tahan *Ganoderma boninense*. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(3), 264-274.
- Virdiana, I., Flood, J., Sitepu, B., Hasan, Y., Aditya, R. & Nelson, S. P. C. (2012). Integrated disease management to reduce future *Ganoderma*

- infection during oil palm replanting. *Planters*, 88(1305), 383-393.
- Wening, S., Rahmadi, H. Y., Arif, M., Supena, N., Siregar, H. A., Prasetyo, A. E., Setiawati, R. D., Yenni, Y., Suprianto, E., Ernayunita, Faizah, R., Sujadi, Susanto, A. & Purba, A. R. (2016). *Construction of Ganoderma resistant oil palm planting material: Progress in IOPRI*. Paper presented at the 6th IOPRI-MPOB Int. Seminar: Current Research and Management of Pests, *Ganoderma*, and Pollination in Oil Palm for Higher Productivity, Medan.
- Widiastuti, H., Guhardja, E., Soekarno, N., Darusman, L., Goenadi, D. H. & Smith, S. (2016). Optimasi simbiosis cendawan mikoriza arbuskula *Acaulospora tuberculata* dan *Gigaspora margarita* pada bibit kelapa sawit di tanah masam Optimizing arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis *Acaulospora tuberculata* and *Gigaspora margarita* with oil palm seedling in acid soil. *E-Journal Menara Perkebunan*, 70(2).

