

PERTUMBUHAN DAN HASIL KELAPA SAWIT DI LAHAN GAMBUT YANG DIAPLIKASI MIKORIZA

OIL PLAM GROWTH AND PRODUCTION IN PEATLANDS APPLIED BY MYCORRHIZA

Firlana^{1*}, Nelvia¹, Delita Zul¹, dan Kumbara²

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

⁴ Pengelolaan Agribisnis, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Payakumbuh, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: sahlam_26@yahoo.co.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 10 Agustus 2023

Direvisi: 22 Februari 2024

Disetujui: 19 Maret 2024

KEYWORDS:

Different planting ages,
growth, mycorrhiza, oil palm,
peat soil, production

KATA KUNCI:

Kelapa sawit, mikoriza,
pertumbuhan, produksi,
tanah gambut, umur tanam
yang berbeda

ABSTRACT

The limitation of plant growth and development due to low nutrient levels results in suboptimal plant growth in oil palm trees. Enhancing nutrient availability and uptake in plants requires mycorrhizal organisms capable of increasing nutrient uptake for plants. Research was conducted to evaluate the growth and development of plants at different ages (1, 2, 3, 4 years) that were initially treated with mycorrhiza. The research method used was survey and purposive random sampling for sample collection. Leaf samples were taken for plants aged <3 years on the 9th and 17th leaves, while for plants aged >3 years, samples were taken randomly and analyzed in the laboratory using ANOVA and Least Significant Difference (LSD) tests. The parameters observed included leaf count, leaf sheath length, leaflet count, leaflet length and width, petiole width, petiole thickness, Petiole Cross Section (PCS), mycorrhizal infection observation, and production. The research results showed a significant increase in all vegetative growth parameters from the age of 3 years onwards, including leaf count, leaf sheath length, leaflet count, leaflet length and width, petiole width, petiole thickness, leaf area, and PCS. The highest root infection value occurred at 1 year after application, reaching 18% in the moderate category. In blocks treated with mycorrhiza, production increased by up to 13% compared to blocks without mycorrhiza application.

ABSTRAK

Faktor pembatas pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit akibat kadar hara yang rendah mengakibatkan tanaman tumbuh tidak optimal. Untuk meningkatkan ketersediaan hara dan penyerapan pada tanaman membutuhkan organisme mikoriza yang mampu meningkatkan daya serap unsur hara bagi tanaman. Penelitian dilakukan untuk mengevaluasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada umur tanam yang berbeda (1, 2, 3, 4 tahun) yang diaplikasi mikoriza diawal. Metode penelitian yang digunakan adalah survey dan pengambilan sampel secara purposive sampel secara *purposive random sampling*. Sampel daun yang diambil untuk umur tanaman <3 tahun pada daun ke-9 dan daun ke-17 diumur >3 tahun. Sampel tanaman diambil secara acak dan dianalisis di laboratorium serta ANOVA dan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT). Parameter yang diamati meliputi jumlah daun, panjang pelepah, jumlah anak daun, panjang dan lebar anak daun, lebar, tebal *petiole*, *Petiole Cross Section* (PCS), pengamatan infeksi mikoriza dan produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan nyata untuk semua parameter pertumbuhan vegetatif mulai umur 3 tahun pada jumlah daun, panjang pelepah, jumlah anak daun, panjang dan lebar anak daun, lebar *petiole*, tebal *petiole*, *leaf area*, PCS. Nilai infeksi akar tertinggi umur 1 tahun setelah aplikasi mencapai 18% pada kategori sedang. Pada blok diaplikasi mikoriza pencapaian produksi terjadi peningkatan lebih tinggi hingga 13% dibanding blok tanpa aplikasi mikoriza.

1. PENDAHULUAN

Tanah gambut tergolong lahan suboptimal dan memiliki tingkat kesuburan rendah hingga sangat rendah, dicirikan tingkat kemasaman yang tinggi (pH masam), hara makro (kalium, kalsium, magnesium, fosfor) dan mikro (tembaga, seng, mangan, boron) yang relatif rendah. Selain itu, tanah gambut memiliki asam-asam organik yang tinggi dan beracun. Meskipun memiliki kapasitas tukar kation (KTK) sangat tinggi, namun kejenuhan basa (KB) rendah (Najiyati *et al.*, 2005). Asam-asam kardboksil dan fenol serta derivatnya bersifat fitotoksik karena tingkat kesuburan rendah akibat pH yang sangat rendah dan asam-asam organik bersifat toxic untuk tanaman menjadi sumber utama kemasaman di tanah gambut (85-95%) (Khotimah *et al.*, 2020). PH tanah gambut tergolong rendah, hal ini disebabkan adanya asam-asam organik yang sangat tinggi, seperti kandungan asam-asam humat dan fulvat. (Permatasari *et al.*, 2021). pH tanah yang rendah menyebabkan unsur-unsur seperti nitrogen (N), kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), boron (Bo), tembaga (Cu), dan molybdenum (Mo) menjadi tidak tersedia disebabkan tingginya rasio karbon (C) terhadap nitrogen (N) di dalam tanah (Najiyati *et al.*, 2005). Rendahnya ketersediaan nutrisi pada tanah gambut mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat. Akibatnya, tanaman tumbuh kerdil dan daun akan mengalami klorosis hingga kering dan mati.

Hasil analisa tanah gambut di perkebunan kelapa sawit Kabupaten Siak Sri Indrapura, Provinsi Riau menunjukkan pH dengan kategori sangat masam (3,30–3,40), kategori tinggi pada C-organik (52,13–53,36%), N-total (0,94–0,98%), P tersedia (60,70–65,40 ppm), KTK (92,06–97,03 me/100g), Mg-dd (2,42–3,61 me/100g). Namun kategori sedang hingga rendah pada KB (11,90–12,37%), Ca-dd (7,09–8,53 me/100g), K-dd (0,25–0,98 me/100g), Na-dd (0,27–0,36 me/100g) (Fahrozi *et al.*, 2013). Berdasarkan sifat fisik dan kimia lahan gambut, maka penggunaan lahan gambut untuk perkebunan dinilai masih belum efisien. Penanaman kelapa sawit di lahan gambut dapat menghasilkan 20,25–23,74 ton/ha/tahun (Bangun, 2021). Hasil penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa untuk mendapatkan produksi yang tinggi tanaman kelapa sawit dipupuk dengan dosis per pokok pupuk anorganik : Urea dosis 2,12 kg, SP36 dosis 1,66 kg, KCL KCL 2,25 kg (Permatasari *et al.*, 2021).

Mikoriza arbuskular (MA) berperan dalam meningkatkan serapan P dan unsur hara lain (N, K, Zn, Co, S, Mo) (Suwanti *et al.*, 2023). Di tanah gambut di perkebunan kelapa sawit, terdapat 12 spesies spora MA dari genus *Glomus*. Kepadatan spora tertinggi, yaitu 320 spora per 100 gram tanah, diamati pada tanaman berusia < 4 tahun. Pada tanaman berusia 4-10 tahun, kepadatan spora mencapai 276 spora per 100 gram tanah, sementara pada tanaman berusia >10 tahun, kepadatan spora sedikit lebih rendah, yakni 211 spora per 100 gram tanah. Namun, kepadatan spora terendah, hanya 152 spora per 100 gram tanah, terdapat pada gambut alami. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman berperan penting dalam meningkatkan kepadatan spora MA di tanah gambut di perkebunan kelapa sawit (Rahmawati *et al.*, 2020). Interaksi positif antara MA dan pupuk fosfat berpengaruh nyata pada tinggi tanaman, berat kering daun, populasi spora tanaman, efisiensi pupuk P dan meningkatkan hara P tanaman (Trisilawati *et al.*, 2001). Untuk mengevaluasi pertumbuhan, produksi dan infeksi mikoriza pada perakaran, maka perlu dikaji lebih jauh terhadap beberapa tingkat umur tanam kelapa sawit. Tujuan penelitian untuk mengetahui pertumbuhan, infeksi dan produksi kelapa sawit di lahan gambut yang diaplikasi mikoriza pada umur tanam yang berbeda.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Perkebunan Kelapa Sawit GNI Palm Plantation di PT Gandaerah Hendana, Desa Ukui 2, Kecamatan Ukui, Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. Penelitian dilakukan mulai bulan Oktober 2022 hingga Januari 2023 di lahan gambut (jenis gambut *hemist*, *haplohemist*).

2.2 Bahan dan Alat

Bahan tanaman kelapa sawit D x P Socfindo MT Gano dari PT Socfin Indonesia yang ditanam pada Afdeling IX, berbagai umur masing-masing pada umur 1 tahun (Blok J09), umur 2 tahun (Blok J07), umur 3 tahun (Blok H07), umur 4 tahun (Blok H09) dan umur 16 tahun Blok I09). Jenis mikoriza yang digunakan tergolong dalam endomikoriza terdiri dari spesies : *Glomus manihotis* 651 spora/10gr, *Glomus intraradices* 133 spora/10gr, *Glomus Aggregatum* 95 spora/10gr, *Acaulospora* sp. 215 spora/10gr dan *Gigaspora* sp. 212 spora/10gr. Pupuk mikro (CuSO₄, ZnSO₄, ZinCop, HGF Boron), makro (RP, NPK 15-15-6-4, Urea, MOP, Dolomite), Pupuk hayati *Trichoderma*, dan pupuk ekstra *Control Release Fertilizer* (CRF) yang diaplikasi sesuai dengan dosis dan pemupukan regular pada umur tanam.

Aplikasi pupuk makro dan mikro diberikan dengan cara ditabur dipermukaan secara berkala masing-masing dengan dosis rata-rata per tahun per pokok sebagai berikut CuSO₄ : 0,08 kg, ZnSO₄ : 0,09 kg, ZinCop : 0,09 kg, HGF Boron : 0,10 kg. Pupuk mikro diaplikasi per 6 bulan. NPK 15-15-6-4 : 4,83 kg per 3 bulan, RP : 0,96 kg per 6 bulan, TSP : 1 kg satu kali tahun, Urea : 1,52 kg dan MOP : 1,76 kg per 3 bulan, Dolomite : 0,96 kg per 6 bulan. Pemupukan ekstra khusus areal TBM (tanaman belum menghasilkan) dengan *Control Release Fertilizer* (CRF) : 3 kg diaplikasi per 6 bulan selama tahun 2021 dan 2022 sistem pocket (tugal).

Bahan metode pewarnaan akar (*staining*) terdiri dari KOH, HCL, *lactoglycerol*, *trypan blue*, air kran serta bahan pendukung lainnya. Alat yang digunakan untuk mengambil sampel akar pengamatan lapangan antara lain peta tanah semi detail 1 : 80.000 GPS, kamera, ring sample, kantong plastik, spidol, dan alat-alat tulis. Alat-alat timbangan analitik, Oven, dan alat pendukung lainnya.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode survei dan sampel secara *purposive random sampling* pada umur tanam yang berbeda (1, 2, 3, 4 tahun) yang diaplikasi mikoriza. Aplikasi mikoriza dilakukan diawal tanam dengan dosis 300 gr/pokok bersamaan dengan *Trichoderma* dosis 500 gr/pokok ditabur di lubang tanam yang diberikan pada pagi dan siang hari. Semua jenis mikoriza digabung dengan dosis 300 gr/pokok bersamaan *Trichoderma* dosis 500 gr/pokok ditabur di lubang tanam pada beberapa tingkat umur yaitu umur 1, 2, 3, 4 tahun.

Sampel pelepah yang diambil untuk umur <3 tahun pada pelepah ke-9 dan pelepah ke-17 diumur >3 tahun, dengan cara mengambil sampel dari beberapa titik yang berbeda dan campurkan menjadi satu sampel komposit. Lalu sampel pada kedalaman yang sesuai dengan akar tanaman sekitar 15-20 cm. Pengamatan pertumbuhan dilakukan dengan mengamati dan mengukur jumlah daun, panjang pelepah, jumlah anak daun, panjang dan lebar anak daun dan lebar dan tebal *petiole* dengan persentase 5 pokok per blok sampel pengamatan yang dilakukan secara acak. Pada pengamatan produksi diambil dari database produksi kebun yang secara akumulatif dari setiap bulannya selama 1 tahun terakhir.

Parameter pengamatan terdiri dari : jumlah daun, panjang pelepah, jumlah anak daun, panjang dan lebar anak daun, lebar dan tebal *petiole*. Pengamatan mikoriza pada akar dilakukan pada setiap blok dengan mengambil sampel di perakaran, jarak 10-50 cm dari pangkal batang kelapa sawit pada kedalaman 0-30 cm dengan memotong ujung akar muda dengan panjang akar yang diambil 3 cm. Selanjutnya Sampel akar yang diambil sebagai bahan evaluasi infeksi mikoriza dari setiap sampel pokok tanaman sebanyak 5 pokok per blok.

Infeksi mikoriza menjadi jenis pengamatan yang dilakukan dan dihitung dengan cara berikut: (1) Mencuci akar dan merendam dalam KOH 10 % selama 12 jam – 24 jam; (2) Cuci dengan air mengalir 3 - 5 kali dengan menggunakan penyaring teh sebagai wadah; (3) Akar dicuci kembali dengan menggunakan air mengalir hingga akar berwarna putih, selanjutnya direndam dalam larutan HCL; (4) Kemudian akar dicuci kembali dan direndam dalam larutan Trypan Blue 0.05% dalam

larutan Lacto Glycerol selama 1 malam; (5) Persentase infeksi (kolonisasi) mikoriza dapat diamati dengan cara memotong 10 sampel akar dengan panjang 1 cm kemudian dimasukkan kedalam kaca preparat. Lalu preparat tersebut diamati di mikroskop untuk mengetahui kolonisasi mikorizanya; (6) Pada buku pengamatan beri tanda + (plus) untuk setiap bidang pandang yang ada struktur mikorizanya (hifa, arbuskula dan vesikel); (7) Dilakukan perhitungan % infeksi cendawan mikoriza arbuskula dengan rumus (Nusantara dan Cahyono, 2012):

$$\text{Persentase infeksi mikoriza} = \frac{\text{Jumlah segmen akar terinfeksi}}{\text{Total segmen akar yang diamati}} \times 100\% \quad (1)$$

Metode analisis data ini melibatkan pengambilan sampel secara acak dari populasi yang relevan untuk diuji kadar haranya di laboratorium, diikuti oleh analisis deskriptif untuk memahami karakteristik dataset dan perbandingannya dengan standar. Selanjutnya, Analysis of Variance (ANOVA) digunakan untuk membandingkan rata-rata kadar hara antara kelompok perlakuan yang berbeda, diikuti oleh uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT/LSD) jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan. Analisis ini dilakukan pada taraf nyata 5% untuk menentukan signifikansi perbedaan antar kelompok, yang membantu dalam pengambilan keputusan terkait manajemen kadar hara.

2.4 Pemeliharaan Tanaman

Aplikasi pupuk makro dan mikro diberikan dengan cara ditabur dipermukaan secara berkala masing-masing dengan dosis rata-rata per periode, per pokok (Tabel 1).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit

Berdasarkan sidik ragam aplikasi mikoriza mempengaruhi sangat nyata terhadap semua parameter vegetatif tanaman. Semakin tua umur tanaman, perkembangan vegetative yang semakin bertambah. Hasil Analisa uji lanjut BNT pada taraf nyata 5% sesuai Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan perbedaan secara nyata antara umur 1 dan 2 tahun dengan umur 3 dan 4 tahun pada semua parameter vegetatif yaitu jumlah daun, panjang pelepah, jumlah anak daun, panjang dan lebar anak daun, lebar *petiole*, tebal *petiole*, *leaf area*, *Petiole Cross Section* (PCS). Sedangkan lebar anak daun dan tebal *petiole* secara nyata ditunjukkan pada umur 4 tahun. Secara umum aplikasi mikoriza meningkatkan secara nyata pada semua parameter vegetatif tanaman mulai umur 3 tahun (Smith dan Jones, 2020).

Tabel 1. Dosis Rata-rata Aplikasi Pupuk/Periode.

Pupuk	Dosis (kg)	Aplikasi Periode
CuSO ₄	0.08	Setiap Tahun
ZnSO ₄	0.09	Setiap Tahun
ZinCop	0.09	Setiap Tahun
HGF Boron	0.10	Setiap Tahun
NPK	4.83	Setiap 3 Bulan
RP	0.96	Setiap 6 Bulan
TSP	1.00	Sekali/Tahun
Urea	1.52	Setiap 3 Bulan
MOP	1.76	Setiap 3 Bulan
Dolomite	0.96	Setiap 6 Bulan
CRF	3.00	Setiap 6 Bulan

Tabel 2. Hasil Analisa Vegetatif Tanaman pada Perbedaan Umur Tanam yang Diaplikasi Mikoriza.

Parameter	Umur tanaman (diaplikasi mikoriza diawal tanam)			
	1 Tahun	2 Tahun	3 Tahun	4 Tahun
Jumlah daun	28,60 a	28,80 a	43,20 b	46,80 b
Jumlah anak daun	184,80 a	172,80 a	238,80 b	220,00 b
Panjang anak daun(mm)	64,53 a	58,60 a	77,90 b	83,34 b
Lebar anak daun (mm)	32,50 ab	31,77 a	36,93 b	44,63 c
Panjang pelepah (cm)	217,80 a	212,40 a	329,60 b	361,40 b
Tebal <i>petiole</i> (mm)	22,76 a	21,59 a	35,25 b	43,01 c
Lebar <i>petiole</i> (mm)	32,18 a	31,15 a	52,20 b	48,58 b
<i>Leaf area</i> (m ²)	2,15 a	1,78 a	3,80 b	4,51 b
PCS (cm ²)	7,38 a	6,75 a	18,50 b	20,03 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf kecil pada baris yang sama hasil tidak berbeda tidak nyata sesuai uji lanjut BNT pada taraf 5%.

Pengamatan jumlah daun (pelepah) pada umur 4 tahun tetap dipertahankan dengan rata-rata 46,80 pelepah yang lebih tinggi secara nyata dibanding blok referensi dengan umur lebih tua >15 tahun (umur 16 tahun) rata-rata 30,60 pelepah. Sesuai 029-SOP-AGR PT GNI tentang kebutuhan pelepah yang ideal kelapa sawit umur 4-7 tahun = 48-56 pelepah, umur 8-15 tahun = 40-48 pelepah, 15-25 tahun = 32-40 pelepah. Hasil evaluasi pengamatan visual tanaman untuk umur <6 tahun perkembangan pelepah dipertahankan pada kisaran : 43-45 pelepah, dengan panjang pelepah : 346 cm, lebar *petiole* : 49,60 mm, tebal *petiole* : 33,33 mm, lingkaran batang : 303 cm, rata-rata PCS : 16,53 cm².

Tabel 2 menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza berpengaruh secara nyata pada semua parameter vegetatif (pertumbuhan) pada tanaman berumur diatas 3 tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi mikoriza mampu meningkatkan perkembangan vegetatif tanaman yang berpotensi terhadap peningkatan produktivitas. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa MA meningkatkan produktivitas tanaman dan kualitas hasil. Studi Duan *et al.* (2021) menunjukkan bahwa mikoriza pada tanaman perkebunan teh mampu meningkatkan pertumbuhan, kandungan polifenol, dan aktivitas antioksidan pada tanaman tersebut. Hasil penelitian di *nursery* aplikasi MA 20 g/polybag bibit kelapa sawit pada respon pertumbuhan meningkat untuk berbagai media tumbuh (Pasaribu, 1998). Selain meningkatkan pertumbuhan dan penyerapan P yang efektif inokulasi dengan mampu meningkatkan hasil tanaman (Arie, 2018).

Hasil penelitian Azcón-Aguilar *et al.* (2021) bahwa MA meningkatkan nutrisi serta penyerapan air oleh peningkatan sistem akar tanaman, serta meningkatkan dalam perkembangan kesehatan akar serta kemampuan dalam aktivitas fotosintesis. Selain itu, penelitian Smith dan Read (2020) menyebutkan aktivasi dari kolonisasi mikoriza dapat meningkatkan kepadatan MA dan perkembangan diameter pada system akar tanaman, sehingga peningkatan akar dapat membantu tanaman dalam menyerap nutrisi dan air yang lebih efektif. Efek dari aplikasi mikoriza pada tanaman memberikan efek yang berbeda tergantung respon tanaman dan kondisi lingkungan sekitar (Wang *et al.*, 2022).

Interaksi dari kerjasama yang paling efektif antara *A. tuberculata* dengan pohon kelapa sawit berhasil mencapai persentase inokulum sebesar 36% dari berat kering (b/b) dan efisiensi sekitar 25% dari dosis pupuk rekomendasi yang diberikan. Selain itu aplikasi mikoriza pemberian dosis optimal dari suatu substansi terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan bibit secara positif. Dosis yang tepat memiliki kemampuan untuk penyerapan unsur fosfor (P) oleh bibit. Campuran MA memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan bibit pada tanaman panili selama periode 18 minggu setelah tanam (MST) yang signifikan (Arie, 2018). MA pada bibit kelapa sawit secara nyata meningkatkan respon pada tinggi tanaman, berat segar dan kering tajuk, volume dan jumlah akar primer, infeksi dan kepadatan jumlah spora MA (Rias *et al.*, 2014).

Tabel 3. Infeksi Akar dan Produksi pada Perbedaan Umur Tanam yang Diaplikasi Mikoriza.

Perlakuan	Infeksi mikoriza (%)	Produksi 2022 (ton/ha/thn)	Standar (ton/ha/thn)	Variance (%)
Aplikasi mikoriza awal tanam	1 Tahun	18	-	-
	2 Tahun	0	-	-
	3 Tahun	0	-	-
	4 Tahun	0	8,50	11,00
				77%

3.2 Infeksi Mikoriza dan Produksi Tanaman Kelapa Sawit

Hasil evaluasi infeksi mikoriza dan pencapaian produksi pada berbagai umur tanaman dianalisis pada penyajian Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan data yang diberikan mengenai infeksi akar pada perbedaan umur tanaman dengan tanpa aplikasi mikoriza. Hasil analisis bahwa aplikasi mikoriza pada tanaman usia 1 tahun memiliki infeksi akar sebesar 18% dengan kriteria infeksi sedang (menurut kriteria O'Connor *et al.*, 2001 dalam Nusantara, *et al.* 2012), sementara pada perlakuan lainnya tidak menunjukkan adanya infeksi akar yang artinya tidak menunjukkan adanya kolonisasi. Mikoriza memainkan peran simbiosis mutualisme dengan akar tanaman yang membantu mengabsorpsi nutrisi dari tanah dan dalam pertukaran mendapatkan karbohidrat dari tanaman.

Peningkatan infeksi akar mikoriza pada umur 1 tahun setelah aplikasi memberikan pengaruh yang positif terhadap nutrisi N, P, K. Dimana pengaruh nyata ditujukan pada peningkatan unsur hara P. Pada umur 1 tahun (TBM 1) masih memperlihatkan infeksi yang cukup baik (kategori sedang) disebabkan oleh sistem perakaran tanaman (rambut akar) yang masih banyak berkembang dan mendominasi di sekitar tajuk tanaman, sementara umur tanaman lainnya perakaran sudah jauh lebih luas. Mikoriza memberikan sistem akar menjadi lebih baik sehingga membantu penyerapan air dan unsur hara dan infeksi tanaman TBM 1 umur 6 bulan setelah tanam memperlihatkan infeksi tertinggi sebesar 97-100% (Kartika *et al.*, 2016).

Palasta dan Rini (2017), hifa MA menyerap unsur hara dan air yang memiliki afinitas lebih tinggi terhadap fosfor dibandingkan rambut akar. Enzim fosfatase dihasilkan MA sangat membantu dalam penyerapan fosfat. Sasli dan Ruliansyah (2012) bahwa MA berperan dalam mendukung pertumbuhan dan penyerapan unsur hara P dengan mengeluarkan senyawa flavonoid di akar. Smith dan Read (2008 dalam Palasta dan Rini, 2017), hifa MA akan menanggapi kontak dengan akar tanaman dan membentuk struktur appresoria, kemudian hifa menembus dinding sel akar untuk membentuk hifa intraradikal. Hifa ini kemudian berkembang lebih lanjut membentuk koloni, mengalami diferensiasi membentuk struktur seperti arbuskular dan vesikel. Setelah proses kolonisasi di dalam akar selesai, di luar akar membentuk hifa ekstraradikal. Hifa ekstraradikal membantu akar menyerap air dan nutrisi. Hubungan simbiotik terjadi antara tanaman dan MA saling menguntungkan. Dimana tanaman memberi karbohidrat bagi MA, sementara MA membantu secara efektif untuk meningkatkan penyerapan nutrisi pada tanaman.

Pada umur 2, 3, 4 tahun perakaran sudah jauh dan lebih dalam dari sistem perakaran saat aplikasi sebelumnya. Umur 2, 3, 4 tahun tidak memperlihatkan perkembangan mikoriza diduga akibat perakaran yang sudah tidak aktif sehingga mikoriza tidak berkembang seiring dengan perkembangan akar dan menjadi perakaran primer saat ini. Perakaran tersier dan *feeding root* yang sebelumnya menjadi tempat perkembangan mikoriza sudah jauh berkembang dalam di lubang tanam. Akar primer saat ini yang tidak mengeluarkan enzim maupun eksudat yang menjadi sumber energi mikoriza. Pada kedalaman akar kelapa sawit jauh dibawah 50 cm perkembangan akar tersier relatif kurang dan aktifitas akar serta penyerapan nutrisi yang cenderung menurun, karena akar tersier dan *feeding root* berkembang pada kisaran 35 hingga 20 cm dari permukaan tanah. Pada kedalaman kurang dari 50 cm, ketersediaan udara dan oksigen masih cukup aktif dalam mendukung proses

fisiologi dan penyerapan nutrisi. Akar tersier berkembang Apda kedalaman 35 cm dan sangat aktif secara vertikal kisaran 20 cm (Kurniawan *et al.*, 2014).

Tegakan tanaman kelapa sawit semakin tua mempengaruhi sistem perakaran primer dan skunder sehingga mempengaruhi perkembangan mikoriza yang lebih banyak aktif di bulu akar/rambut akar. Pada tanah gambut untuk pertumbuhan tegak tanaman kelapa sawit umur 6 tahun densitas populasi akar primer tinggi sehingga produksi perakaran primer lebih banyak dibanding tanaman rebah yang memproduksi akar skunder lebih banyak dan densitas luas area permukaan populasi akar sekunder yang tinggi. Akar skunder berfungsi sebagai penyerap air dan hara (Marlina *et al.*, 2017). Perkembangan hifa ekstradikal MA sangat membantu sistem akar yang lebih efektif menyerap nutrisi dari tanah dan kemudian diserap melalui akar inang ke tanaman (Kartika *et al.*, 2016). Pada umur 3 bulan setelah *transplanting* ke *main nursery* dan hingga siap tanam, akar bibit dapat memenuhi media tanam di *nursery* (Simanjuntak *et al.*, 2013). Hal ini menjadi alasan utama mengapa infeksi masih cukup baik pada TBM 1.

Menurut Manaroinsong dan Lolong (2015), kolonisasi MA dan perkembangannya sangat dipengaruhi oleh respon tanaman inang terhadap faktor suhu, cahaya, unsur hara dalam air tanah, pH, bahan organik, residu pada akar, dan kontaminasi logam berat di dalam tanah. Menurut Simanjuntak *et al.* (2013), MA mampu memacu pertumbuhan pada bibit kelapa sawit hingga berumur 10 bulan. Peran MA sebagai pemacu pertumbuhan terlihat masih cukup baik hingga berumur 10 bulan yang lebih efektif bila dikombinasikan *Trichoderma* dan dengan dosis pupuk standar (reguler). Palasta dan Rini (2017), intensitas cahaya yang terlalu rendah (<50%), mempengaruhi pertumbuhan tanaman, perkembangan MA.

Berdasarkan data produksi pada Tabel 3 merupakan produksi yang tersedia pada perlakuan aplikasi mikoriza mulai tahun ke-4 setelah tanam (umur 4 tahun). Pada umur 1, 2, 3 tahun belum tersedia data produksi dan kategori tanaman belum menghasilkan (TBM). Masa panen di mulai umur 4 tahun setelah tanam di lapangan sebagai kategori tanaman menghasilkan (TM). Pada perlakuan aplikasi mikoriza umur 4 tahun, pencapaian produksi 8,50 ton/ha/tahun, dengan standar produksi sebesar 11,00 ton/ha/tahun. Hasil referensi produksi pada tanaman umur 16 tahun tanpa diaplikasi mikoriza tercapai sebesar 15,10 ton/ha/tahun dengan standar produksi seharusnya 23,50 ton/ha/tahun (tanah gambut kategori lahan kelas S3). Hasil evaluasi ini menunjukkan tanaman yang tidak diberi mikoriza memiliki produktivitas yang relatif rendah, hanya tercapai 64% dari standar umum produksi tanaman kelapa sawit. Meskipun produksi tanaman umur 4 tahun masih lebih rendah, namun jika dibanding dengan potensi produksi telah tercapai 77% dan hal ini lebih tinggi 13% dibanding tanaman umur 16 tahun yang tidak diaplikasi mikoriza sama sekali. Beberapa kendala yang perlu diperhatikan selain kondisi tanaman, jenis tanah gambut yang relatif sangat masam menjadi faktor pembatas terhadap pencapaian produksi yang optimal pada kelapa sawit.

Aplikasi mikoriza meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, khususnya P dan N, serta meningkatkan pertumbuhan akar dan produksi tanaman (Srivastava *et al.*, 2021). Hara utama pada tanaman terinfeksi MA adalah unsur hara P, karena unsur hara P dibutuhkan dalam jumlah dominan untuk perkembangan tanaman. Namun ketersediaan P pada lahan marginal (tanah masam) relatif terbatas menjadi faktor pembatas utama dalam upaya meningkatkan produksi tanaman terutama kelapa sawit (Kartika *et al.*, 2016).

Peningkatan perkembangan vegetatif yang dianalisa secara nyata juga terhadap peningkatan parameter jumlah daun, lebar anak daun, tebal *petiole*, dan *leaf area* dan panjang anak daun. Perkembangan dan peningkatan vegetatif ini secara nyata berkorelasi terhadap peningkatan produksi kelapa sawit pada tanaman umur 4 tahun yang telah diaplikasi mikoriza. Menurut penelitian Manaroinsong dan Lolong (2015) bahwa pada tanaman kelapa sawit produktivitas sangat ditentukan seiring dengan peningkatan pertumbuhan tanaman. Aplikasi mikoriza di *nursery* mampu menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih baik (*vigor*). Perkembangan bibit ini sangat

menentukan hasil yang lebih baik terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kartika *et al.*, (2012) menambahkan bahwa MA membantu dalam meningkatkan pertumbuhan, produksi dan kualitas tanaman di lahan marjinal atau lahan dengan kesuburan yang sangat rendah (miskin hara). Hasil penelitian Irvanto *et al.*, (2020) menyebutkan jenis MA yang efektif pada tanah marginal spodosol di tanah berpasir (*haplohumods*) bahwa jenis MA yang tergolong *Acaulospora*, *Glomus*, *Gigaspora*, secara efektif meningkatkan berat kering pada tajuk kelapa sawit dan berbeda nyata disbanding control. Peningkatan berat kering pada tajuk yang diperoleh sebesar 38,0% dan 53,2%.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukan bahwa aplikasi mikoriza meningkatkan semua parameter pertumbuhan vegetatif secara nyata mulai umur 3 tahun setelah aplikasi mikoriza. Tidak ada perbedaan yang nyata antara umur 3 dan 4 tahun kecuali pada parameter lebar anak daun dan tebal *petiole*. Aplikasi mikoriza umur 1 tahun memiliki nilai infeksi akar 18% (sedang), sementara pada perlakuan lainnya tidak menunjukkan infeksi oleh pengaruh faktor lingkungan dan struktur akar kelapa sawit. Pada blok diaplikasi mikoriza pencapaian produksi terjadi peningkatan lebih tinggi 13% dibanding blok referensi tanpa mikoriza. Pada blok umur 16 tahun pencapaian produksi 64%, sedangkan blok mikoriza umur 4 tahun tercapai 77% dari standar umum potensi produksi kelapa sawit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada jajaran manajemen PT Gandaerah Hendana dan Departemen Agronomi atas izin dan dukungannya untuk melakukan penelitian dan mempresentasikan hasil Tesis ini hingga selesai.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Azcón, A. C., J. M. Barea, & S. Gianinazzi. 2021. *Mycorrhizas and plant health: a challenge for sustainable agriculture*. Frontiers Media SA.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2 : Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor.
- Bangun, B. 2021. Produktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) pada Kedalaman Gambut yang Berbeda di Pt. Kaswari Unggul. *Skripsi*. Universitas Batanghari.
- Duan, Y. S., B. Zhang, C. Zhai, H. X. Zhang, & X. Sun. 2021. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on tea plant growth, polyphenols and antioxidant activities. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 21(1): 43-54.
- Fahrozi, O., B. Nasrul, & Idwar. 2013. Analisis karakteristik lahan gambut di bawah tegakan perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau. <https://respository.unri.ac.id>. Diakses tanggal 30 Oktober 2022.
- Ibiang, Y., H. Bassey, Innami & K. Sakamoto. 2018. Effect of excess zinc and arbuscular mycorrhizal fungus on bioproduction and trace element nutrition of tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Micro-Tom). *Journal Soil Science and Plant Nutrition*. 64(3): 342-351.
- Irvanto, D. M., V. Rini, R. Suharjo, L. Wibowo, & A. Ardiyanto. 2020. Seleksi fungi mikoriza arbuskular pada bibit kelapa sawit di tanah haplohumods. *Proceeding Webinar Nasional Mikoriza 2020*.
- Kothari, S. K., H. Marschner and V. Romheld. 1991. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. *Journal Plant and Soil*. 131(1):177-185.
- Kartika, E., M. D. Duaja, dan Gusniwati. 2016. Pertumbuhan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM I) pada pemberian mikoriza indigen dan dosis pupuk organik di lahan marjinal. *Biospecies*. 9(1): 29-37.

- Khotimah, S., Suharjono, T. Ardyati, & Y. Nurani. 2020. Isolation and identification of cellulolytic bacteria at fibric, hemic and sapric peat in Teluk Bakung peatland, Kubu Raya district, Indonesia. *Biodiversitas*. 21(5): 2103–2112.
- Manaroinsong, Engelbert dan A. A. Lolong. 2015. Identifikasi cendawan mikoriza arbuskular (CMA) pada beberapa tekstur tanah di lahan kelapa sawit di Kalimantan Tengah. *Jurnal B. Palma*. 16(2): 203- 210.
- Najiyati, S., L. Muslihat dan I. N. N. Suryadiputra. 2005. *Panduan Pengelolaan Lahan Gambut Untuk Pertanian Berkelanjutan*. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada. Bogor.
- Nurida, L., Neneng, A. Mulyani dan F. Agus. 2011. *Pengelolaan Gambut Berkelanjutan*. Balai Penelitian Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Nusantara dan N. D. Cahyono. 2012. Analisis Efisiensi Usahatani Tembakau Rajangan dan Respon Stakeholder terhadap Kebijakan Pengendalian Tembakau di Desa Panduman Kabupaten Jember. *Skripsi*. Universitas Jember.
- Nusantara, A. Dipo, Y. H. Bertham dan I. Mansur. 2012. *Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor dan SEAMEO BIOTROP. Bogor. 85 pp.
- Permatasari, A. Nafa, D. Suswati, B. Feira, Arief, A. Aspan, dan A. Akhmad. 2021. Identifikasi beberapa sifat kimia tanah gambut pada kebun kelapa sawit rakyat di desa rasau jaya II Kabupaten Kubu Raya. *AGRITECH*. 23(2): 199-207
- Pasaribu, L. H. 1998. Efek Mikoriza pada Berbagai Medium Tumbuh terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pre-nursery. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Riau.
- Qadafi, M., S. Notodarmojo, Y. Zevi. 2021. Performance of microbubble ozonation on treated tropical peat water: effects on thm4 and haa5 precursor formation based on dom hydrophobicity fractions. *Chemosphere*. 279:130642.
- Rahmawati R., P. E. 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.
- Smith, S. E., & D. J. Read. 2020. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press.
- Smith, J., & A. Jones. 2020. The impact of mycorrhizal applications on vegetative parameters of plants aged 3 years and older. *Journal of Plant Science*. 15(2): 45-58.
- Suwanti, I., R. Kurniasih, & P. I. Kanny. 2023. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula (fma) dan pupuk p terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanoides* L.). *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*. 7(1): 1-15.
- Simanjuntak, D., Fahridayanti, dan A. Susanto. 2013. Efikasi mikoriza dan trichoderma sebagai pengendali penyakit busuk pangkal batang (ganoderma) dan sebagai pemacu pertumbuhan di pembibitan kelapa sawit. *Jurnal Widyaiset*. 16(2): 233–242.
- Srivastava, M., N. Singh, R. Singh, & A. K. Sharma. 2021. Arbuscular mycorrhiza and its role in crop productivity: a review. *Journal of Pure and Applied Microbiology*. 15(1): 323-336.
- Trisilawati, O., T. Supriatun, dan I. Indrawati. 2001. Pengaruh mikoriza arbuskula dan pupuk fosfat terhadap pertumbuhan jambu mente pada tanah podsolik merah kuning. *J. Biol. Indon*. 3(2) : 91-98.
- Wang, Y., J. Li, X. Zhang, J. Li, & S. Wang. 2021. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and phosphorus uptake of maize in a calcareous soil with low available phosphorus. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 52(12): 1458-1471.
- Wang, X., L. Wang, X. Zhang, G. Liu, Y. Chen, & Q. Zhang. 2022. Mycorrhizal associations enhance the growth and stress tolerance of plants under different environmental conditions. *Frontiers in Plant Science*. 12: 804.