

Formulasi *Trichoderma* dan Mikoriza Arbuskular untuk Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Kelapa Sawit

Formulation of *Trichoderma* sp. and Arbuscular Mycorrhiza to Control Basal Stem Rot Disease in Oil Palm

**Hana Christine Sinthya¹, Hagia Sophia Khairani², Meity Suradji Sinaga^{2†},
Nurita Toruan-Mathius¹, Abdjad Asih Nawangsih²**

¹ Plant Production & Biotechnology Division, PT. SMART Tbk.
Jalan Raya Cijayanti Sentul, Bogor 16820

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor, 16680

(diterima Agustus 2023, disetujui November 2024)

ABSTRAK

Penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense* Pat. merupakan salah satu penyakit penting pada kelapa sawit. *Trichoderma* spp., dan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) diketahui dapat menghambat pertumbuhan *G. boninense*. Keefektifan agens biokontrol dalam pengendalian sering tidak stabil bila diaplikasikan di lapangan. Formulasi agens biokontrol dapat memengaruhi keefektifan pengendalian penyakit tanaman, kemampuan proliferasi dan ketahanan hidup di lingkungan, periode simpan, waktu dan biaya preparasi serta aplikasi. Oleh karena itu, formulasi agens biokontrol *Trichoderma* spp. dan CMA yang efektif perlu diramu untuk *G. boninense*. Bahan aktif *Trichoderma* spp. diperbanyak secara massal pada millet, diformulasikan dengan bahan pembawa dedak (T1) dan dedak yang dicampur dengan kompos tandan kosong kelapa sawit (T3). Bahan aktif CMA yang diperbanyak secara massal pada akar tanaman sorgum diformulasikan dengan bahan pembawa berupa zeolit (CMA1) dan zeolit ditambah tandan kosong kelapa sawit (CMA2). Bahan tanaman yang digunakan adalah benih progeni DXP (76 × 36.11) yang rentan *G. boninense*. Aplikasi CMA dilakukan pada kecambah kelapa sawit, sementara *Trichoderma* diaplikasikan pada bibit berumur 3 bulan. Peubah yang diamati dalam evaluasi ini adalah periode laten, insidensi penyakit, keparahan penyakit, laju infeksi (r), nilai area di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC), dan asosiasi CMA dan *Trichoderma* spp. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa formulasi *Trichoderma* spp. dan CMA yang terbaik adalah dengan bahan pembawa kompos TKS, yaitu T3 dan CMA2. Kombinasi aplikasi CMA2 + T3 mengurangi keparahan dan kejadian penyakit serta memperpanjang periode laten penyakit BPB. Formulasi CMA2 dan T3 direkomendasikan sebagai strategi yang efektif dalam pengendalian penyakit BPB kelapa sawit.

Kata kunci: agens biokontrol, bahan aktif, bahan pembawa, keparahan penyakit, tandan sawit.

[†]Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.
Tel: +62 251 8629364, Faks: +62 251 8629364, Surel: hskhairani@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

Basal stem rot (*G. boninense*) is one of the most important diseases in oil palm. As biocontrol agents, *Trichoderma* spp. and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have been reported to inhibit the growth of *G. boninense*. Nevertheless, the effectiveness of those biocontrol agents is unstable due to less appropriate formulation and application. Biofungicide formulation affects the effectiveness in controlling plant diseases, the ability to proliferate and survive in the environment, the period of storage, and reduces preparation time and application cost. This research aimed to develop the formulation of *Trichoderma* spp., and AMF to control *G. boninense*. *Trichoderma* spp. The active ingredient has been mass-produced in millet formulated with carriers: T1 using rice bran, while T3 was combined with rice bran and oil palm empty fruit bunches (EFB) compost. AMF active ingredient has been mass produced in shorgum root, and formulated with carrier, CMA1 using zeolite. While, CMA2 combined zeolite with EFB compost. AMF applications were on seed planting, *Trichoderma* spp. applications were on three months seedlings. Plant material used was DXP (76 × 36.11), which is susceptible to *G. boninense*. Disease progress was observed from latent period, disease incidence, disease severity, infection rate (r), area under disease progress curve (AUDPC), and the AMF-*Trichoderma* association with plant oil palm root. CMA2 and T3 formulation showed the best result to reduce disease severity and incidence. Therefore, CMA2 + T3 was the best combination of formulation for controlling oil palm basal stem rot disease based on disease progress.

Keywords: active ingredient, biocontrol agent, carrier ingredient, disease severity, fruit bunch

PENDAHULUAN

Tantangan utama yang dihadapi dalam peningkatan produksi kelapa sawit di Malaysia dan Indonesia ialah penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense*. Berbagai upaya untuk mengendalikan penyakit BPB telah dilakukan, namun belum sepenuhnya mampu mengendalikan penyakit BPB. Pengendalian hayati telah dikembangkan sebagai alternatif pengendalian BPB pada kelapa sawit, antara lain penggunaan kultur jaringan bebas patogen dan pemanfaatan *Trichoderma harzianum* (Susanto *et al.* 2002; Priwiratama *et al.* 2014). Laporan lain menyebutkan bahwa cendawan mikoriza arbuskular (CMA) dan bakteri *Bacillus subtilis* ZJ06 mampu menghambat pertumbuhan *G. boninense* secara *in vitro* dan dapat meningkatkan ketahanan bibit sawit terhadap patogen (Bakhtiar *et al.* 2010)

Masalah penting dalam memformulasikan agens biokontrol menjadi produk biopestisida skala industri ialah stabilitas formulasi agens biokontrol tersebut pada kondisi lapangan. Oleh karena itu, formulasi agens biokontrol sangat menentukan keefektifan pengendalian penyakit di lapangan, periode simpan dari

produk, kemampuan agens biokontrol untuk proliferasi dan bertahan hidup di lingkungan, serta mengurangi biaya preparasi dan aplikasi. Beberapa bahan organik dan anorganik diketahui dapat menjadi bahan perbanyakan dan bahan pembawa dalam formulasi agens biokontrol. Beras dan jagung pecah dapat digunakan untuk perbanyakan *Trichoderma* spp., sedangkan sekam, serbuk gergaji, dan serbuk sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan pembawa yang merupakan sumber karbon (Sinaga 1992).

Susanto *et al.* (2002) mengemukakan bahwa keefektifan dari agens biokontrol di lahan dapat ditingkatkan dengan formulasi menggunakan bahan organik atau kompos. Pemanfaatan tandan kosong sawit (TKS) sebagai pupuk organik telah dievaluasi mampu memberikan hasil yang baik dalam formulasi agens biokontrol. Pembuatan dan pemanfaatan kompos TKS dan abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan pembawa agens biokontrol sangat minim, sedangkan bahan tersebut lebih mudah diperoleh di perkebunan kelapa sawit dibandingkan dengan bahan pembawa lainnya. Berkaitan dengan permasalahan formulasi, dilakukan kajian untuk memperoleh bentuk formulasi *Trichoderma* spp.,

CMA dan bakteri simbiotik pada spora CMA dalam pengendalian penyakit BPB kelapa sawit secara *in planta*.

BAHAN DAN METODE

Isolasi dan Identifikasi Isolat Agens biokontrol dan Patogen

Eksplorasi dan isolasi *Trichoderma* spp. dan CMA dilakukan dari tanah rizosfer kelapa sawit di kebun Padang Halaban, Sumatra Utara milik PT. SMART Tbk. Isolasi *Trichoderma* sp. menggunakan metode pengenceran pada medium agar-agar dekstroza kentang (ADK). Isolat dimurnikan dan diidentifikasi secara morfologi dan molekul dengan primer ITS1 dan ITS4 (Kindermann *et al.* 1998). Spora CMA dikumpulkan dari tanah rizosfer kelapa sawit di kebun Padang Halaban melalui metode tuang saring basah dengan peyaringan bertingkat. Cendawan mikoriza arbuskula yang berhasil diisolasi kemudian diidentifikasi secara morfologi (Brundrett *et al.* 1994). Bakteri endosimbiotik mikoriza diisolasi dari spora CMA pada medium nutrient agar (NA) dengan metode yang dikembangkan oleh Reimann (2005). Isolat bakteri simbiotik CMA diidentifikasi secara morfologi dan molekul dengan menggunakan Primer 8F dan 1492R (Gabor *et al.* 2003).

Galur *G. boninense* yang digunakan merupakan koleksi dari Laboratorium Fitopatologi di kebun Padang Halaban (G3U5), yang diisolasi dari tanaman kelapa sawit yang terinfeksi, diremajakan pada medium ADK dan diinkubasi selama 7 hari. Pengujian dilakukan pada bibit sawit dalam media tumbuh berupa batang tanaman karet berukuran $6 \times 6 \times 6$ cm³ (Idris *et al.* 2003). Seluruh agens biokontrol yang diperoleh selanjutnya diuji antibiosis dan hiperparasitisme.

Formulasi Agens biokontrol

Spora *Trichoderma* spp. dengan kerapatan 10^{11} cfu mL⁻¹ diencerkan dalam 1 L akuades steril sehingga kerapatannya menjadi 10^9 cfu mL⁻¹. Selanjutnya, spora dibiakkan pada millet (*Panicum miliaceum*) dengan dosis 1 mL 100 g⁻¹ dan diinkubasi selama 21 hari.

Trichoderma spp. yang tumbuh diformulasikan dalam kombinasi bahan pembawa, yaitu dedak, akuades steril, kompos tandan kosong kelapa sawit kering oven, dan abu janjang kelapa sawit. Selanjutnya, *Trichoderma* spp. (10^{10} cfu g⁻¹) yang ditumbuhkan pada bahan perbanyak millet diformulasikan dalam kombinasi bahan pembawa, yaitu T1: millet dan dedak 1:999 (b/b) dan T3: millet, dedak dan kompos TKS 1:500:499 (b/b).

Bahan aktif CMA diperbanyak menggunakan tanaman sorgum (*Sorghum bicolor*) dengan media zeolit. Benih sorgum disterilisasi dan diinokulasikan spora mikoriza. Inkubasi dilakukan selama 1 bulan dan akar diberi perlakuan cekaman kekeringan (tidak dilakukan penyiraman) selama 2 bulan serta dilakukan pemangkasan tajuk. Akar yang telah berasosiasi dengan mikoriza dipanen dan dihitung jumlah sporanya menggunakan peyaringan bertingkat. Spora hasil perbanyak diperoleh mencapai 20 spora 10 g⁻¹, dan 90% akar sorgum berasosiasi dengan mikoriza. Akar sorgum dan spora tersebut kemudian akan diformulasikan dengan bahan pembawa.

Formula yang diuji adalah: akar sorgum, spora CMA dan zeolite 1:9 (CMA1); akar sorgum, spora CMA, zeolit dan kompos TKS 1:7:2 (CMA2). Setiap 10 g formula uji diinokulasikan propagul dan spora mikoriza sehingga dalam formula uji minimal mengandung 100 spora CMA.

Pengendalian *in planta* *Trichoderma* spp. dan CMA terhadap *G. boninense*

Tanaman yang digunakan ialah kecambah kelapa sawit berumur 2 minggu, Tenera DxP (76 × 36.11) yang rentan terhadap *Ganoderma* dari PT Damimas Sejahtera, Kandista, Pekanbaru. Medium tanam yang digunakan ialah *top soil* dari pembibitan Cijayanti, Bogor.

Aplikasi CMA dilakukan saat tahap *prenursery*, yaitu dengan memberikan 10 g formulasi CMA (CMA1 atau CMA 2) ke dalam lubang tanam sedalam 10 cm di pot plastik berukuran 15 cm × 25 cm. Aplikasi formula *Trichoderma* spp. pada bibit kelapa sawit dilakukan saat 3 bulan setelah tahap

prenursery (tahap *main nursery*), yaitu sebanyak 10 g formula *Trichoderma* spp. (T1 dan T3) diberikan ke tanaman. Pada tahap *main nursery*, tanaman kelapa sawit dipindahkan ke pot plastik berukuran 40 cm × 50 cm dan diinokulasikan *G. boninense*. Inokulum *G. boninense* diinokulasikan di bagian tengah dalam polibag, kemudian bibit kelapa sawit dipelihara di *main nursery* selama 3–6 bulan. Pengamatan dilakukan setiap minggu. Sebagai kontrol positif digunakan tanaman kelapa sawit tanpa patogen, sedangkan kontrol negatif merupakan kelapa sawit yang diinokulasi patogen namun tanpa biofungisida. Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Pengamatan

Peubah yang diamati ialah: periode laten (PL), insidensi penyakit (IP), keparahan penyakit (KP), laju infeksi (r), dan luas area di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC). Penghitungan kolonisasi *Trichoderma* spp. dan CMA diakar menggunakan metode Brundrett (1994). Insidensi penyakit (IP) dan keparahan penyakit (KP) dihitung menggunakan rumus:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah tanaman yang terinfeksi; dan N, jumlah tanaman yang diamati.

$$KP = \frac{\sum_{i=0}^i (n_i \times v_i)}{N \times V} \times 100\%, \text{ dengan}$$

ni, jumlah tanaman terinfeksi pada skor ke-i; vi, nilai skor ke-i; N, jumlah tanaman yang diamati; dan V, skor tertinggi yang terdapat pada acuan skoring (Tabel 2). Laju infeksi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$r = \frac{e}{t} \left(\log \frac{1}{1-X_t} - \log \frac{1}{1-X_0} \right)$$

r, laju infeksi; e, nilai konstanta 2.718; t, selang waktu pengamatan; Xt, keparahan penyakit pada waktu t; dan Xo, keparahan penyakit pada pengamatan sebelumnya. AUDPC dihitung dengan persamaan (Van der Plank 1963).

$$AUDPC = \frac{X_t - X_0}{2}$$

Rancangan Percobaan dan Analisis Data.

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini ialah rancangan acak lengkap. Perlakuan uji berupa: aplikasi agens biokontrol dengan taraf formulasi *T. asperellum* dan

Tabel 1 Kombinasi perlakuan agens biokontrol dengan *Ganoderma*

Perlakuan	Waktu	Tempat	Dosis
Kontrol (G0)	-	-	-
CMA1	Penanaman	Perakaran	10 g
CMA2	Penanaman	Perakaran	10 g
T1	3 BST	Perakaran	10 g
T3	3 BST	Perakaran	10 g
Kombinasi: CMA1+T1	0 + 3 BST	Perakaran	10 g + 10 g
Kombinasi: CMA1+T3	0 + 3 BST	Perakaran	10 g + 10 g
Kombinasi: CMA2+T1	0 + 3 BST	Perakaran	10 g + 10 g
Kombinasi: CMA2+T3	0 + 3 BST	Perakaran	10 g + 10 g
<i>G. boninense</i> (G1)	3 BST	Perakaran	6 × 6 × 6 cm ³

Keterangan: T1, *T. asperellum* dan *T. harzianum* dalam millet + dedak; T3, *T. asperellum* dan *T. harzianum* dalam millet + dedak + kompos TKS; CMA 1, Sorgum dan zeolit; CMA 2, Sorgum, zeolit, kompos TKS; G0, Tanpa inokulasi *G. boninense*; G1, Dengan inokulasi *G. boninense*; dan BST, Bulan setelah tanam.

Tabel 2 Skoring keparahan penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit

Nilai skor	Presentase luas gejala nekrotik (x)	Kategori keparahan
0	0% < x < 1%	Sangat ringan
1	1% < x ≤ 10%	Ringan
2	10% < x ≤ 20%	Sedang
3	20% < x ≤ 40%	Berat
4	x > 40%	Sangat berat/busuk hingga mati

T. harzianum yang diuji, formulasi CMA yang diuji, dan kombinasinya. Sebagai Kontrol, tanaman tanpa patogen (G0) disiapkan, sementara pada evaluasi *in planta*, disediakan pembanding berupa inokulasi *G. boninense* tanpa agens biokontrol (G1). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, dengan lima sub unit bibit. Data hasil percobaan dianalisis menggunakan program SAS 9.1. Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

HASIL

Pada penelitian ini, diperoleh 7 agens biokontrol, yaitu *Trichoderma asperellum*, *T. viridae*, *T. (Hypocrea) virens*, *T. harzianum*, *Bordetella avium*, dan *Bacillus* sp. (Tabel 3–4). Penghambatan *G. boninense* yang paling tinggi diperoleh dari *T. asperellum* dan *T. harzianum*, yaitu sebesar 59.495% dan 57.95% (Gambar 1). Kedua agens biokontrol ini juga menunjukkan aktivitas hiperparasitisme dengan menipisnya hifa *G. boninense* (Gambar 2). Bakteri simbiotik CMA yang diisolasi dari spora *Glomus* dan *Gigaspora* diidentifikasi sebagai *Bordetella avium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus* sp. (Tabel 3 dan 4).

Milet (*Panicum miliaceum*) digunakan sebagai media perbanyakan spora dengan bahan aktif *T. asperellum* dan *T. Harzianum* karena memberikan hasil tertinggi untuk perbanyakan

(10^{10} spora mL⁻¹) dibandingkan dengan jagung (10^8 spora mL⁻¹), sedangkan bahan pembawa menggunakan dedak (T1), serta dedak dan kompos TKS (T3). Pada abu cangkang kelapa sawit, pertumbuhan *Trichoderma* spp. terhambat sehingga tidak digunakan pada uji *in planta*. Formulasi terbaik yang diperoleh ialah dedak dan kompos TKS (T3).

Formulasi bahan aktif CMA pada sorgum dengan bahan pembawa zeolit dan kompos TKS (CMA2) diperoleh 2–3 spora CMA setiap 10 g formulasi dan propagul akar berasosiasi dengan mikoriza. Berdasarkan hal tersebut zeolit dan kompos TKS merupakan bahan pembawa CMA yang baik. Berdasarkan hasil analisis, kadar C/N kompos TKS terevaluasi pada nilai 10.1 dengan pH 6–7, kandungan masing-masing unsur N, P, dan K berturut-turut adalah sebesar 3.54%, 1.4%, dan 14.3%. Kandungan N, P dan K yang cukup tinggi pada kompos TKS dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi agens biokontrol CMA. Selain itu, kompos TKS juga dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman tanpa gejala fitotoksisitas sehingga penambahan kompos TKS sebagai bahan pembawa telah sesuai dengan persyaratan formulasi.

Pengendalian *in Planta*

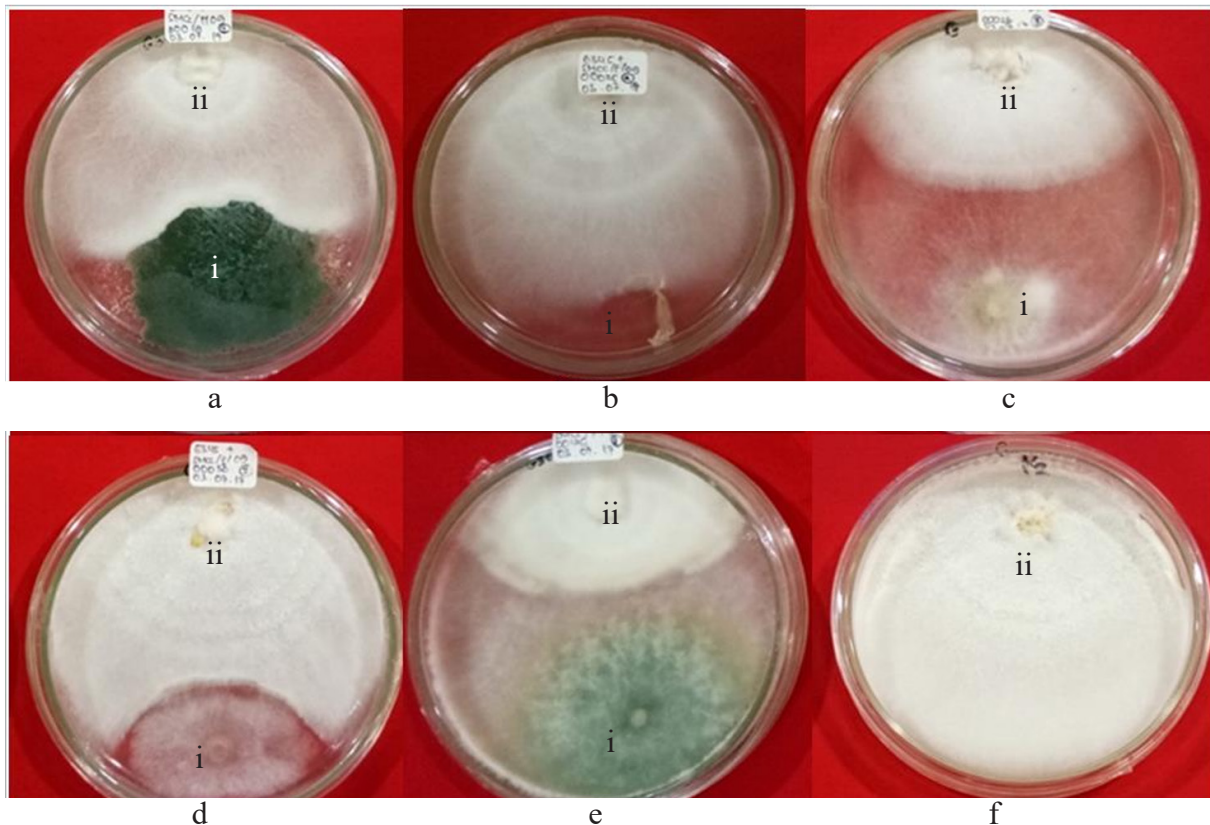
Virulensi patogen. Gejala nekrotik akar yang sering dijumpai adalah akar berubah menjadi cokelat kehitaman. Kerusakan akar

Tabel 3 Identifikasi lima isolat *Trichoderma* sp. berdasarkan ciri morfologi dan hasil analisis sikuen DNA

Kode	Hasil BLAST	Identitas (%)	Konidiofor	Fialid
F19	<i>T. asperellum</i>	99	Tegak, bercabang	Pendek, lancip
F25	<i>T. atroviride</i>	99	Bercabang	Pendek, tebal
F26	<i>T. asperellum</i>	100	Tegak, bercabang	Panjang, lancip
F38	<i>T. (Hypocrea) virens</i>	99	Tegak, bercabang	Panjang, tebal
F126	<i>T. harzianum</i>	99	Tegak, bercabang	Pendek, tebal

Tabel 4 Identifikasi bakteri simbiosis CMA berdasarkan ciri morfologi dan hasil analisis sikuen DNA

Kode	Hasil BLAST	Identitas (%)	Morfologi	Elevasi
BS1	<i>Bordetella avium</i>	98	Tepian licin	Cembung
BS2	<i>Bacillus subtilis</i>	100	Bergelombang	Rata
BS3	<i>Bacillus</i> sp.	100	Licin	Cembung



Gambar 1 Kemampuan penghambatan *Trichoderma* secara *in vitro*. a, *G. boninense* dengan *T. asperellum*; b, *G. boninense* dengan *T. viridae*; c, *G. boninense* dengan *T. asperellum*; d, *G. boninense* dengan *T. virens*; e, *G. boninense* dengan *T. harzianum*; f, Kontrol *G. boninense*; i, *Trichoderma* spp.; dan ii, *G. boninense*.



Gambar 2 Aktivitas hiperparasitisme cendawan *T. asperellum* (a) dan *T. harzianum* (b) terhadap *G. boninense* pada media *water agar*.

sangat memengaruhi bibit untuk menyerap unsur hara dan air yang selanjutnya akan berdampak pada gangguan pertumbuhan tajuk (Gambar 3).

Keefektifan Formula *Trichoderma* dan FMA dalam Pengendalian Busuk Pangkal Batang. Periode laten *G. boninense* dalam menginfeksi bibit kelapa sawit progeni rentan ialah 40 hari setelah infeksi. Masa inkubasi

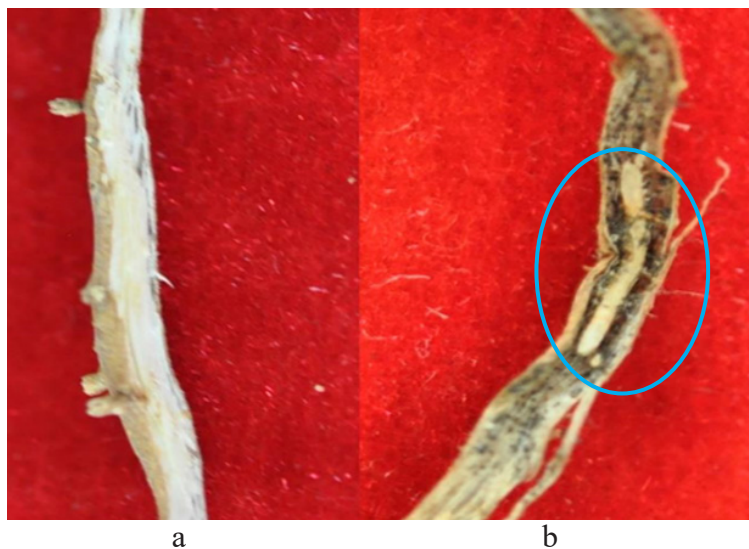
yang paling lama terjadi pada kombinasi perlakuan FMA dan *Trichoderma* spp. yang diformulasikan dalam kompos TKS, yaitu 71 hari dan berbeda nyata dengan kontrol yang diinfeksi *G. boninense* (G1) atau tanpa aplikasi formula biofungisida (Tabel 5). Formulasi *Trichoderma* spp. dan CMA baik yang diaplikasi tunggal maupun kombinasi dapat menurunkan insidensi penyakit sampai 53.3%.

Perlakuan *G. boninense* tanpa *Trichoderma* spp. dan CMA menunjukkan semua tanaman terinfeksi *G. boninense*, yaitu 100% (Tabel 5).

Keparahan dan insidensi penyakit paling rendah diperoleh dari kombinasi perlakuan dengan menggunakan CMA dan *Trichoderma* spp. dengan formulasi pada kompos TKS (CMA2 + T3 + G1), yaitu 38.3% dan 46.7%. Formulasi ini juga dapat menghambat laju infeksi *G. boninense* (r) dan area di bawah kurva penyakit (AUDPC) (Tabel 5). Formulasi *Trichoderma* spp. yang terbaik ialah dengan bahan pembawa dedak dan kompos TKS (T3). Formulasi CMA terbaik ialah sorgum, zeolit dan kompos TKS (CMA2).

PEMBAHASAN

Situmorang *et al.* (2012) melaporkan bahwa perbanyakkan spora dalam medium millet memberikan hasil tertinggi. Media millet memiliki kandungan protein yang lebih tinggi. Kompos merupakan bahan pembawa yang menghasilkan viabilitas tertinggi karena memiliki unsur karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan yang lain. Berdasarkan hasil penelitian ini, millet dapat direkomendasikan sebagai bahan perbanyakkan agens biokontrol sementara dedak dan kompos TKS direkomendasikan sebagai bahan pembawa.



Gambar 3 Virulensi patogen *G. boninense* pada akar kelapa sawit. a, Akar tanaman sehat; dan b, Nekrotik pada akar.

Tabel 5 Pengaruh perlakuan *Trichoderma* spp. dan CMA terhadap periode laten (PL), keparahan penyakit (KP), insidensi penyakit (IP), laju infeksi (r), dan AUDPC pada 12 minggu setelah inokulasi

Perlakuan	PL (hari)	KP (%)	IP (%)	r	AUDPC
<i>G. boninense</i> (G1)	40.2 c	78.3 a	100.0 a	0.77 a	2860.8 a
T1: <i>Ta Th</i> millet+dedak + G1	45.7 abc	45.0 bc	73.3 abc	0.28 c	1878.3 ab
T3: <i>Ta Th</i> millet+dedak+kompos TKS + G1	42.4 bc	51.7 bc	86.7 ab	0.26 bc	2060.8 ab
CMA1: sorgum dan zeolit +G1	54.1 bc	50.0 bc	73.3 abc	0.33 bc	1723.3 ab
CMA1+T1+G1	59.2 bc	61.7 ab	60.0 bc	0.46 ab	2031.7 ab
CMA1+T3+G1	54.1 ab	66.7 ab	86.7 ab	0.63 ab	1791.7 ab
CMA2: sorgum, zeolit, kompos TKS +G1	42.3 abc	61.7 ab	86.7 ab	0.35 bc	2505.8 a
CMA2+T1+G1	46.7 abc	63.3 ab	73.3 abc	0.51 ab	1904.2 ab
CMA 2+T3+G1	71.5 a	38.3 c	46.7 c	0.23 c	1099.2 b

Keterangan: *Ta*, *T. asperellum*; *Th*, *T. harzianum*; dan AUDPC : area under disease progress curve.

Angka selajur yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT pada α 5%.

*Hasil dari rerata tiga ulangan dan lima unit.

Formulasi CMA terbaik ialah dengan akar sorgum yang diasosiasi CMA, zeolit dan kompos TKS. Menurut Prafitthiasari dan Nurbaity (2010), zeolit merupakan mineral yang dapat memperbaiki produktivitas tanah dan tanaman karena bersifat basa, sehingga dapat menetralkan tanah masam, mengurangi daya fiksasi P oleh koloid tanah, meningkatkan KTK serta aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Selain zeolit juga tidak merusak spora CMA. CMA mampu memperbaiki ketahanan tanaman terhadap patogen dengan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi, lignifikasi jaringan, populasi dan aktivitas mikroba antagonis, kompetisi CMA terhadap fotosintat tanaman, dan produksi beberapa senyawa kimia seperti fenol, enzim kitinase, dan enzim β -1,3 glukukanase (Bonfante dan Anca 2009).

Formulasi bahan aktif *T. asperellum* dan *T. harzianum* pada millet dengan bahan pembawa dedak dan kompos TKS (T3) merupakan formulasi terbaik dibandingkan dengan bahan pembawa dedak (T1). Bahan aktif CMA dengan bahan pembawa zeolit dan kompos TKS (CMA2) merupakan formulasi terbaik dibandingkan dengan bahan pembawa zeolit (CMA1). Kombinasi perlakuan CMA dengan bahan pembawa kompos TKS (CMA2) dan *T. asperellum* dan *T. harzianum* pada bahan pembawa kompos TKS (T3) memberikan penekanan keparahan penyakit dan laju infeksi penyakit busuk pangkal batang. Berdasarkan penelitian ini, disimpulkan bahwa formulasi CMA2 dan T3 dengan bahan pembawa kompos TKS dapat direkomendasikan sebagai strategi pengendalian BPB kelapa sawit oleh *G. boninense*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. SMART Tbk. atas dukungan dana dan fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakhtiar Y, Yahya S, Sumaryono W, Sinaga MS, Budi SW, Tajuddin T. 2010. Isolation and identification of mycorrhizosphere bacteria and their antagonistic effects toward *Ganoderma boninense* in vitro Pat. Microbiology Indonesia. 4(2):96–102. DOI: <https://doi.org/10.5454/mi.4.2.9>.
- Bonfante P, Anca IA. 2009. Plants, Mycorrhizal Fungi, and Bacteria: A Network of Interactions. Annual Review of Microbiology. 63:363–383. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.091208.073504>.
- Brundrett MC, Melville L, Peterson L. 1994. Practical Methods in Mycorrhiza Research. Ontario (CN): Mycology Publications.
- Gabor EM, de Vries EJ, Janssen DB. 2003. Efficient recovery of environmental DNA for expression cloning by indirect extraction methods. FEMMS Microbiol Ecology. 44(2):153–163. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(02\)00462-2](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(02)00462-2).
- Idris AS, Yamaoka M, Hayakawa S, Basri MW, Noorhasimah I, Ariffin D. 2003. PCR technique for detection of *Ganoderma*. MPOB Information Series No. 188. <https://www.yumpu.com/en/document/read/19281643/188-palmoilis-mpob>.
- Kindermann J, El-Ayouti Y, Samuels GJ, Kubicek CP. 1998. Phylogeny of the genus *Trichoderma* based on sequence analysis of the internal transcribed spacer region 1 of the rDNA cluster. Fungal Genetics and Biology. 24(3):298–309. DOI: <https://doi.org/10.1006/fgbi.1998.1049>.
- Prafitthiasari M, Nurbaity A. 2010. Inefektifitas Inokulan *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. pada berbagai komposisi media zeolit-arang sekam dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan sorgum (*Sorghum bicolor*). Jurnal Agrikultur. 21(1): 39–45. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v21i1.977>.
- Priwiratama P, Prasetyo AE, Susanto A. 2014. Pengendalian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit secara kultur teknis. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 10(1):1–7. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.10.1.1>.
- Reimann S. 2005. The interrelationship between rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi and their importance in

- the integrated management of nematodes and soil borne pathogens. [dissertation]. Bonn (GER) : Rheinischen Friedrich Wilhelms Universität Bonn. <http://hss.ulb.uni-bonn.de>.
- Sinaga MS. 1992. Prospek *Gliocladium* sebagai agen biokontrol patogen tular tanah. Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian. Agrotek 1(2).
- Situmorang EC, Bintang M, Toruan-Mathius N. 2012. Teknik perbanyakan dan penyimpanan spora indigenus *Trichoderma asperellum* T13 dan *Aspergillus niger* A1 [Thesis]. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Susanto A, Sinaga MS, Suseno R, Tjahjono B, Sudharto PS. 2002. Keragaman populasi agens biopengendalian pada berbagai kebun kelapa sawit di Indonesia. J Pen Pert Fak Pert UISU. 21(1):53-63.
- Van der Plank JE. 1963. Plant Disease: Epidemic and Control. New York (US): Academic Press.