

RESPON PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT DAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG TERHADAP APLIKASI AGENS MIKROBA RHIZOFER

Response of Palm Oil Seeds Growth and Stemal Root Diseases to Application of Rhizofer Microbial Agents

Amelia Salsabila¹, Budiman², Risnawati², Evan Purnama Ramdan^{2*}

¹ Alumni Program studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). ameliasalsabila292@gmail.com

² Program studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). budimanpatiawiri@gmail.com; risnawati@staff.gunadarma.ac.id; evan_ramdan@staff.gunadarma.ac.id

*) Penulis korespondensi

Diterima 17 Maret 2023; Disetujui 03 Juni 2024

ABSTRAK

Penyakit busuk pangkal batang yang diakibatkan oleh *Ganoderma boninense* merupakan salah satu hambatan pada perkebunan kelapa sawit yang telah dikendalikan melalui pengendalian teknis, hayati dan kimiawi. Rizosfer ialah wilayah yang sempurna untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroba tanah, termasuk di dalamnya agens pengendalian hayati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi agens hayati dari daerah perakaran tanaman kelapa sawit terhadap penekanan penyakit busuk pangkal batang dan komponen pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok. Terdapat 4 perlakuan dengan 6 ulangan, setiap petak percobaan terdiri dari 3 tanaman, sehingga jumlah keseluruhan sampel sebanyak 72 unit percobaan. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah pertumbuhan tanaman kelapa sawit (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter pangkal batang, jumlah akar, panjang akar) dan gejala penyakit busuk pangkal batang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaplikasian 3 jenis isolat (BR3, BR15, dan CR1) mampu menekan perkembangan dan penyebaran *G. boninense* serta meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Perlakuan BR3 memberikan pengaruh terbaik dibanding perlakuan lainnya.

Kata kunci: agens biokontrol, *Ganoderma boninense*, pemacu pertumbuhan tanaman

ABSTRACT

Basal stem rot disease caused by G. boninense is one of the obstacles in oil palm plantations, which has been controlled through technical, biological, and chemical controls. The rhizosphere is the perfect area for the growth and development of soil microbes, including biological control agents. This study aims to determine the effect of the application of biological agents from the root area of oil palm plants to suppress stem rot disease and growth components of oil palm. This research was conducted using a randomized block design. There were four treatments with six replications, and each experimental plot consisted of 3 plants, so the total sample was 72 experimental units.

The parameters used in this study were oil palm plant growth (plant height, number of leaves, diameter of the stem base, number of roots, root length) and symptoms of stem rot disease. The results showed that the application of 3 types of isolates (BR3, BR15, dan CR1) could suppress the development and spread of G. boninense and increase the growth of oil palm plants. BR3 treatment gave the best effect compared to other treatments.

Keywords: Biocontrol agents, *Ganoderma boninense*, plant growth promoting

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan dengan produktivitas tinggi yang dimanfaatkan diberbagai sektor industri, seperti pangan, pakan, biodiesel, dan obat-obatan (Damanik & Nugroho, 2017). Produksi kelapa sawit tahun 2020 diperkirakan mencapai 49,12 juta ton dari 14,68 juta ton per hektar (Ditjenbun, 2019). Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit, tentunya tidak terlepas dari hambatan yang ada.

Penyakit busuk pangkal batang yang diakibatkan oleh *G. boninense* merupakan salah satu hambatan pada perkebunan kelapa sawit (Alviodynyari *et al.*, 2015). Kerugian yang ditimbulkan pada produksi kelapa sawit akibat *G. boninense* mencapai 80% per ha dengan prediksi kerugian mencapai 500 juta USD/ tahun (Rees *et al.*, 2012).

Awal gejala busuk pangkal sulit dilihat sebab karakter *G. boninense* sebagai parasit fakultatif (Susanto *et al.*, 2013), sehingga salah satu tanda penyakit yang mudah dikenali yaitu adanya tubuh buah berukuran makroskopis (Purba, 2020). Keberadaan tubuh buah dapat

menyebabkan batang menjadi keropos sehingga tanaman akan tumbang dan mati (Dahang *et al.*, 2021).

Upaya penekanan infeksi *G. boninense* meliputi sanitasi sisa batang dan akar yang terinfeksi (Naher *et al.*, 2013), sistem tanam *hole in hole* (Zafitra *et al.*, 2017), penggunaan fungisida berbahan aktif triadimenol, triademorph, dan fumigan dazomet (Yanti *et al.*, 2019), pembuatan parit isolasi, dan penggunaan biopestisida dari kelompok *Trichoderma* (Salsabila *et al.*, 2022).

Komunitas mikroba di area rhizosfer dapat berperan sebagai kompetitor maupun antagonis bagi patogen (Napitupulu *et al.*, 2020). Priwiratama dan Susanto (2014) melaporkan bahwa *Trichoderma* sp dapat mengendalikan penyakit busuk pangkal batang. Lebih lanjut, temuan Yanti *et al.*, (2019) menunjukkan keberhasilan bakteri rizosfer sebagai agens pengendali hayati bagi *Ganoderma*. Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh agens hayati asal rizosfer kelapa sawit terhadap penekanan *G. boninense* dan pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Rangkaian penelitian dilakukan selama enam bulan dari bulan Februari sampai Agustus 2022. Eksplorasi agens hayati dilaksanakan di Laboratorium Menengah Agroteknologi, sedangkan pengujian pada bibit kelapa sawit dilaksanakan di Rumah Kaca, Universitas Gunadarma Kampus F7, Kelapa Dua Wetan, Jakarta Timur.

Alat yang dibutuhkan adalah sekop, jarum ose, *laminar air flow*, *autoclave*, cawan petri, timbangan analitik, beaker glass, penggaris, nampan, gembor, dan jangka sorong. Adapun bahan yang dibutuhkan adalah isolat *G. boninense*, isolat agens hayati dari kelompok bakteri (isolat BR3, isolat BR15) dan dari kelompok cendawan (isolat CR1), media NA (*Nutrient Agar*), media PDA (*Potato Dextrose Agar*), kecambah tanaman kelapa sawit, alkohol 70%, aquades, *aluminium foil*, kapas penutup, *wrap*, kertas label, media tanam, polybag.

Inokulasi *Ganoderma boninense* Pada Tanaman Tanaman Kelapa Sawit

Isolat *G. boninense* diperoleh dari tubuh buah pada penelitian sebelumnya. Perbanyak inokulum menggunakan metode *Rubber wood block* yang dibuat dengan menumbuhkan biakan murni *G. boninense* pada medium PDA yang diberi

kayu karet ukuran 6 cm³. Inkubasi inokulum selama 30 hari (Durand-Gasselin *et al.*, 2014; Rupaedah *et al.*, 2018; Munandar *et al.*, 2021). Pada penelitian ini inokulum *G. boninense* yang digunakan merupakan balok kayu yang telah terselimuti 50 – 70%. Inokulum kemudian diletakkan berjarak \pm 5 cm dari pangkal tanaman tanaman kelapa sawit (Wahyuni & Yosephine, 2020).

Pembibitan kelapa sawit dilaksanakan dengan cara menumbuhkan kecambah kelapa sawit pada media tanam. Media tanam yang digunakan berupa tanah dan pasir (1:1) yang disiapkan pada polibag ukuran 30 cm². Inokulasi *G. boninense* dilaksanakan bersamaan dengan penanaman kecambah dengan cara meletakkan inokulum pada lubang tanam dengan jarak 10 cm dari kecambah.

Persiapan dan Aplikasi Agens Hayati Pada Tanaman Kelapa Sawit

Isolat agens hayati diperoleh dari hasil isolasi pada penelitian sebelumnya. Pembiakan koloni agens hayati kelompok cendawan dilakukan dengan menumbuhkan pada medium. Selanjutnya biakan diinkubasi pada suhu 27°C hingga berumur 8 hari. Setelah itu, suspensi isolat agens hayati yang akan digunakan dibuat dengan memanen spora cendawan dan

dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi aquadest 10 mL (Zani & Anhar, 2021). Sedangkan pada kelompok bakteri dibiakkan pada medium NA. Kemudian, satu sel biakan bakteri disuspensikan dalam larutan NaCl 0,9 % pada tabung reaksi steril (Berlian *et al.*, 2016). Akar tanaman kelapa kemudian dilakukan perendaman dengan suspensi agens hayati tersebut selama 15 menit dan selanjutnya di tanam ke dalam *polybag* (Yanti *et al.*, 2019).

Variabel yang Diamati

Parameter yang digunakan adalah pertumbuhan tanaman kelapa sawit berupa:

1. Tinggi tanaman yang diukur dari permukaan tanah sampai pangkal daun
2. Jumlah daun
3. Diameter pangkal batang diukur dengan jangka sorong
4. Jumlah akar
5. Panjang akar diukur dari pangkal batang sampai ujung akar, dan
6. Perhitungan kejadian penyakit menggunakan rumus Townsend dan Heuberger (Yudiarti, 2007)

$$I = \frac{\text{Jumlah tanaman yang terinfeksi}}{\text{Total seluruh tanaman yang diamati}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

7. Pengamatan visualisasi intensitas gejala penyakit busuk pangkal batang

pada daun kelapa sawit, menurut Malaysian Palm Oil Board (2014).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan alat bantu perangkat lunak SAS 9.4 menggunakan sidik ragam (*Analysis of variance*; ANOVA) dengan Uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) atau Tukey pada taraf uji 5%. Hasil yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Aplikasi Agens Hayati

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi agens hayati berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Sementara pada variabel diameter pangkal batang, aplikasi agens hayati tidak menunjukkan pengaruh nyata (Tabel 1). Isolat bakteri BR3 merupakan agens hayati terbaik dalam memacu pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang yang lebih baik dibandingkan perlakuan yang lain. Kelompok bakteri pada rizosfer telah diketahui sebagai *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR). Isolat rizobakteri mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa disebabkan isolat tersebut dapat menghasilkan fitohormon yang

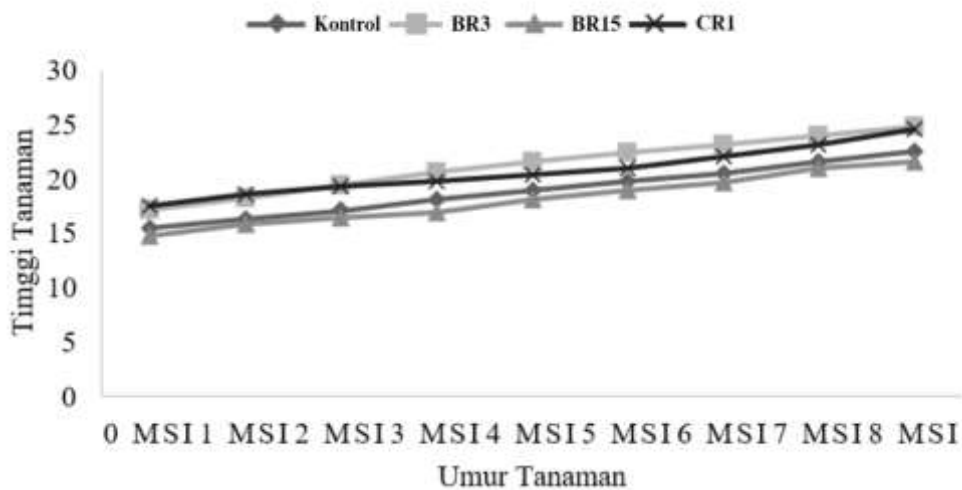
berguna untuk pertumbuhan tanaman (Yanti *et al.*, 2019). Sejalan dengan hasil penelitian Khusna *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa bakteri *Bacillus* sp. dapat menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman yang lebih baik sehingga berperandalam mendorong pertumbuhan bibit kelapa sawit di *prenursery*. Panjaitan (2014) menyatakan bahwa perlakuan pemberian tiga jenis isolat bakteri diazotrof memiliki pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kelapa sawit dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian isolat bakteri diazotrof. Selain isolat bakteri, isolat cendawan CR1 juga menunjukkan kemampuan peningkatan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang baik dibandingkan isolat BR15 dan kontrol. Cendawan yang berasal dari rizosfer dapat berperan sebagai

stimulan pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon tanaman dan penyedia hara (Yulianti, 2012). Sama seperti bakteri PGPR, beberapa cendawan rizosfer juga diketahui terhadap pengaruh menguntungkan terhadap perakaran tanaman, pertumbuhan tanaman, dan hasil produksi tanaman, salah satunya *Trichoderma* sp. Sebagaimana menurut Herlina & Pramesti (2009), *Trichoderma* berperan sebagai *plant growth promoting*. Menurut Ardiansah *et al.* (2020) *Trichoderma* dapat menghambat pertumbuhan patogen dengan menjajah daerah akar dan kemudian menyebar melalui lapisan kortikal akar, mengurangi ruang untuk infeksi patogen dan memungkinkan tanaman untuk menyerap nutrisi serta meningkatkan pertumbuhan tanaman.

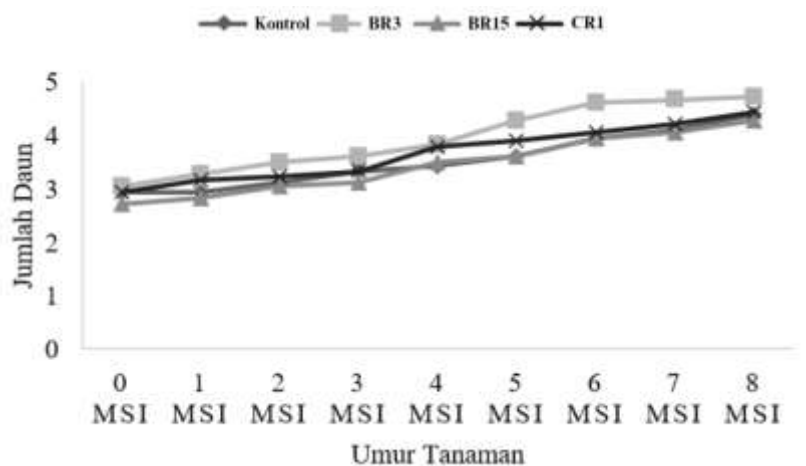
Tabel 1. Pengaruh Aplikasi Agens Hayati Terhadap Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, dan Diameter Pangkal Batang Bibit Tanaman Kelapa Sawit

	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Diameter Pangkal Batang (mm)
Kontrol	18.90b	3.54b	6.17ab
Isolat BR3	21.25a	3.95a	6.40a
Isolat BR15	18.12b	3.46b	5.73b
Isolat CR1	20.76a	3.69ab	6.44a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji lanjut BNJ).



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Tinggi Bibit Tanaman Kelapa Sawit



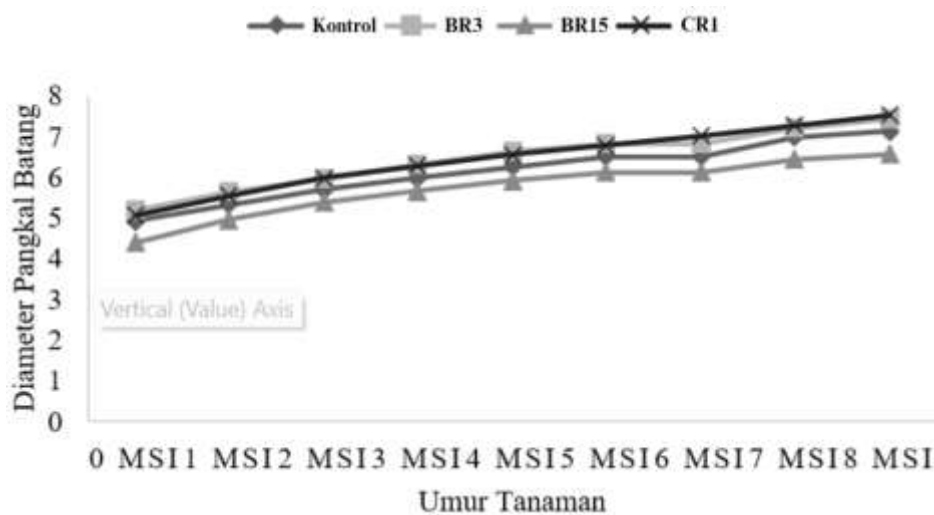
Gambar 21. Grafik Pertumbuhan Jumlah Daun Bibit Tanaman Kelapa Sawit

Jumlah daun pada pembibitan menunjukkan variasi selama 8 MSI (Gambar 2). Rata-rata jumlah daun tanaman pada perlakuan BR3 berbeda nyata terhadap tanaman pada perlakuan kontrol BR15, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan CR1. Rata-rata jumlah daun tanaman pada perlakuan BR3 (agens hayati isolat no. 3 bakteri) yaitu sebesar 3.95 helai (Tabel 1).

Menurut Nini (2012) fungsi PGPR adalah mendorong pertumbuhan tanaman yakni sebagai pemacu atau stimulan pertumbuhan, sebagai penyedia hara (pupuk hayati) dengan mengikat N₂ dari udara, dan sebagai pelindung terhadap patogen tanah dengan mekanisme mengeluarkan atau menghasilkan senyawa yang bersifat anti patogen. Kemampuan bakteri rizosfer untuk

meningkatkan jumlah daun pada tanaman kelapa sawit berkaitan dengan kemampuannya untuk meningkatkan tinggi tanaman seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Temuan Yanti *et al.* (2019) dan Puspita *et al.* (2013) membuktikan rizobakteri mampu meningkatkan jumlah daun sebesar 50.21% dibandingkan kontrol. Puspita *et al.* (2013) menyatakan bahwa pemberian *Bacillus* sp. pada bibit kelapa sawit dapat meningkatkan jumlah pelepah bibit dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, pertumbuhan bibit kelapa sawit juga mempengaruhi jumlah daun yang terbentuk. Jumlah daun memiliki korelasi dengan tinggi tanaman di mana

pertambahan ruas batang akan membentuk daun semakin banyak (Khusna, 2016). Pada pengamatan terhadap diameter pangkal batang, hasil analisis sidik ragam yang diperoleh menunjukkan bahwa diameter pangkal batang bervariasi selama 8 MSI (Gambar 3). Setelah dianalisis menggunakan sidik ragam, diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa diameter pangkal batang tanaman pada Perlakuan P2 (agens hayati isolat no. 3 bakteri) dan P4 (agens hayati isolat no. 1 cendawan) berbeda nyata dengan tanaman pada perlakuan P1 (kontrol) dan P3 (agens hayati isolat no. 15 bakteri) serta memiliki rata-rata dengan nilai masing-masing sebesar 5.55 cm dan 5.39 cm (Tabel 1).



Gambar 32. Grafik Pertumbuhan Diameter Pangkal Batang Bibit Tanaman Kelapa Sawit

Lizawati (2002) menyatakan bahwa pertumbuhan diameter patang pada tanaman tahunan tanaman seperti tanaman perkebunan terjadi dalam kurun waktu yang relatif panjang dikarenakan tanaman tahunan mengalami pertumbuhan yang lama kearah horizontal. Hasil penelitian Panjaitan (2014) menunjukkan bahwa dengan perlakuan tiga jenis isolat bakteri diazotrof memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan diameter pangkal batang bibit kelapa sawit dibandingkan diameter pangkal batang bibit tanpa perlakuan isolat bakteri diazotrof. Sedangkan pada kelompok cendawan, aplikasi *Trichoderma* sp. berperan dalam dekomposisi bahan organik dan menyediakan nutrisi bagi tanaman (Lestari & Indrayati 2000; Gupta *et al.*, 2015).

Hasil analisis sidik ragam pada panjang akar menunjukkan bahwa tanaman pada perlakuan P2 (agens hayati isolat no. 3 bakteri) menunjukkan penambahan panjang akar yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya dengan rata-rata sebesar 5,44 cm (Tabel 3). Sementara pada perhitungan jumlah akar primer, hasil analisis sidik ragam

menunjukkan bahwa perlakuan P2 (agens hayati isolat no. 3 bakteri) dan perlakuan P4 (agens hayati isolat no. 1 cendawan) memberikan pengaruh yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya dengan rata pertambahan masing-masing 1.78 dan 1.50 (Tabel 2). Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) memiliki akar serabut (Kurniawan *et al.*, 2014). Yanti *et al.*, (2019) menjelaskan bahwa rizobakteri merupakan bakteri yang hidup pada rizosfer dan mengkolonisasi sistem perakaran tanaman, sebagai agens penegndali hayati yang dapat mengendalikan penyakit dan mendorong pertumbuhan tanaman. Menurut Dewi (2015), bakteri penghasil IAA dapat merangsang pertumbuhan akar sehingga meningkatkan luas serapan air dan unsur hara. Hormon IAA merupakan salah satu auksin endogen yang berperan penting dalam menstimulasi pertumbuhan akar tanaman dan meningkatkan bobot kering akar (Fathonah & Sugiyarto, 2019). Hasil penelitian Kristalisasi *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pemberian dosis PGPR mampu meningkatkan panjang akar dan bobot segar akar pada tahap awal pembibitan.

Tabel 2. Pengaruh Aplikasi Agens Hayati Terhadap Panjang Akar dan Jumlah Akar Primer Bibit Tanaman Kelapa Sawit

	Panjang Akar (cm)			Jumlah Akar Primer		
	0 MSI	8 MSI	Pertambahan	0 MSI	8 MSI	Pertambahan
Kontrol	19.22a	23.11ab	3.92ab	2.50b	3.61b	1.11b
BR3	20.22a	25.67a	5.44a	3.06a	4.83a	1.78a
BR15	18.25a	21.61b	3.36b	2.39b	3.50b	1.11b
CR1	18.67a	24.06ab	5.39a	2.56b	4.06b	1.50a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji lanjut BNJ).

Tabel 3. Pengaruh Aplikasi Agens Hayati Terhadap Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Bibit Tanaman Kelapa Sawit

	Masa inkubasi (MSI)	Insidensi penyakit (%)
Kontrol	0	0
Isolat BR3	0	0
Isolat BR15	3	0,01
Isolat CR1	3	0

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji lanjut BNJ).

Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Bibit Kelapa Sawit

Sementara itu, kejadian dan keparahan penyakit juga diamati selama penelitian. Hasil yang diperoleh menunjukkan tidak ditemukan gejala penyakit busuk pangkal batang pada perlakuan kontrol, BR3, dan CR1 selama 8 MSI (Tabel 3). Sementara itu, pada minggu ke 3 MSI terdapat tanaman yang menunjukkan gejala penyakit busuk pangkal batang pada perlakuan BR15

yaitu berupa daunnya mengering yang dimulai dari ujung daun pada 3 MSI (Gambar 4 (A)) dan menyebar hingga ke seluruh tanaman pada 6 MSI (Gambar 4 (B)). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Purba (1993) dan Evizal et al. (2022). Besaran persentase kejadian penyakit yaitu sebesar 0.01% dan intensitas penyakit berat dimana bibit tanaman sudah mengering, tajuk memendek, dan tanaman hampir mati (MPOB, 2014).



Gambar 4. Gejala penyakit busuk pangkal batang (A) Tanaman dengan gejala pada 3 MSI (B) Tanaman dengan gejala pada 6 MSI

Fluktuasi insidensi penyakit busuk pangkal batang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sifat fisik dan kondisi media tanam, serta karakteristik mikroba (Susanto et al., 2013). Mekanisme agens hayati menekan pertumbuhan *Ganoderma* diantaranya berperan sebagai kompetitor habitat dan sumber makanan, pelisis dinding sel, maupun sebagai parasit (Susanto et al., 2013). Semua bakteri dan cendawan di daerah rizosfer saling berinteraksi dengan *G. boninense* Namun, interaksi agens hayati dengan *G. boninense* di alam dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana lingkungan sangat berpengaruh terhadap aktivitas *Trichoderma* untuk menghambat pertumbuhan patogen (Abdullah et al., 2005).

KESIMPULAN DAN SARAN

Agens hayati dari daerah perakaran tanaman kelapa sawit mampu menekan penyakit busuk pangkal batang dibuktikan dengan rendahnya gejala penyakit yang

ditemukan setelah 8 MSI yaitu sebesar 0.01%. Aplikasi agens hayati juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit selama 8 MSI dengan rata-rata pertumbuhan tertinggi adalah perlakuan BR3 (agens hayati isolat no. 3 bakteri).

Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait dengan identifikasi jenis isolate agens yang diperoleh dan melakukan formulasi penggunaan agens hayati untuk meningkatkan efisiensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, AL. 1987. 'Biologi *Ganoderma boninense* Pat. Pada Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) & Pengaruh Beberapa Mikroba Tanah Antagonistik Terhadap Pertumbuhannya'. Disertasi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Abdullah, F., Rusli, MH., Sebran, N., 2005. Bacteria from oil palm agricultural system and their interactions with *Ganoderma boninense* and *Trichoderma harzianum*. *Pertanika J Trop Agric Sci* 28, 95–102.
- Alviodinasyari, R., Martina, A., Lestari, W., 2015. Pengendalian *Ganoderma*

- boninense* oleh *Trichoderma* sp. SBJ8 pada kecambah & bibit kelapa sawit (*Elais guineensis* Jacq.) di Tanah Gambut. JOM FMIPA 2, 99–107.
- Ardiansah, R., Ana, A., Imam, MA., 2020. Respon pemberian macam dosis dan interval waktu aplikasi *Trichoderma* sp. terhadap produksi tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *Agroradix* 1, 6–14.
- Berlian, Z., Fatiqin, A., Agustina, E., 2016. Penggunaan perasan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dalam menghambat bakteri *Escherichia coli* pada bahan pangan. *Jurnal Bioilmi* 2, 51–58.
- Cooper, RM., Flood, J., Rees, RW., 2011. *Ganoderma boninense* in oil palm plantations: current thinking on epidemiology, resistance and pathology. *The Planter* 87, 515–526.
- Dahang, D., Nainggolan, LP., Sembiring, R., Sembiring, S., Tarigan, S., Rajagukguk, BH., Karo, S.B., 2021. Pengendalian penyakit *Ganoderma* pada kelapa sawit dengan menggunakan cendawan endofitik *Hendersonia*. *Jurnal Masyarakat Mandiri* 5, 548–559.
- Damanik, FL., Nugroho, RDA., 2017. Analisis nilai tambah CPO (crude palm oil) di PT. Perkebunan Nusantara III (Persero) Medan (studi kasus pabrik kelapa sawit Aek Torop). *Jurnal PAMATOR* 10, 15–19.
- Dewi, TK. 2015. Karakterisasi mikroba perakaran (PGPR) agen penting pendukung pupuk organik hayati. Di dalam: Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia [Internet]; 28 Januari 2015. Surakarta (ID): PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON. hlm 289–295; [diunduh 2022 Juni]. <<https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010220>>
- Ditjenbun (Direktorat Jenderal Perkebunan), 2019. Statistik Perkebunan Indonesia 2018 – 2020 Edisi Kelapa Sawit. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Durand-Gasselín, T., de Franqueville H., Turnbull, N., Breton, F., Cochard, B., Poulain, V., Indra, S., Sriwijeyen. 2014. Breeding methodology to select oil palm planting material partially resistant to *Ganoderma boninense*. Di dalam: The 5th quadrennial International Oil Palm [Internet]; Bali Nusa Dua Convention Center, Indonesia. 21 Juni 2014. Bali (ID): 5th Quadrennial International Oil Palm Conference. hlm 1 – 17; [diunduh 2022 Juni]. <https://www.researchgate.net/publication/281437474_Breeding_methodology_to_select_oil_palm_planting_material_partially_resistant_to_Ganoderma_boninense>
- Evizal, R., Prasmatiwi, FE., 2022. Penyakit busuk pangkal batang dan performa produktivitas kelapa sawit. *Jurnal Agrotropika* 21, 47–54.
- Fathonah, D., Sugiyarto, S., 2019. Effect of IAA and GA3 toward the growing and saponin content of purwaceng (*Pimpinella alpina*). *Nusantara Bioscience* 1, 17–22.
- Gupta, RM., Kale, PS., Rathi, ML., Jadhav, NN., 2015. Isolation, characterization and identification of endophytic bacteria by 16S rRNA partial sequencing technique from roots and leaves of *Prosopis cineraria* plant. *Asian Journal of Plant Science and Research* 5, 36–43.
- Herlina, L., Pramesti, D. 2009. *Penggunaan Kompos Aktif Trichoderma sp. dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Cabai*. Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia.

- Izzati, NA., Abdullah, F. 2008. Disease suppression in *Ganoderma* - infected oil palm seedlings treated with *Trichoderma harzianum*. *Plant Protection Science*. 44, 101–107.
- Julyanda, M. 2011. 'Keragaman dan Kelimpahan Cendawan pada Rizosfer Kelapa Sawit Sehat dan Terserang *Ganoderma boninense*'. Skripsi, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Jumin, H.B. 1987. *Ekologi Tanaman Suatu Pendekatan Fisiologi*. Rajawali, Jakarta, Indonesia.
- Kartika, E., Yahya, S., Wilarso, S., 2006. Isolasi, karakterisasi dan pemurnian cendawan mikoriza arbuskular dari dua lokasi perkebunan kelapa sawit (bekas hutan dan bekas kebun karet). *J Penelitian Kelapa Sawit* 14, 145–155.
- Khusna, NHS., Puspita, F., Nelvia., 2016. Respon bibit kelapa sawit yang terserang *Ganoderma* sp. terhadap aplikasi pupuk kalium dan *Bacillus* sp. endofit. *Jurnal Dinamika Pertanian* 32, 1–9.
- Kristalisasi, EN., Rusmarini, UK., Perwana, RG., 2022. Pengaruh dosis PGPR dan LCPKS terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pembibitan awal. *Jurnal Pertanian Agros* 24, 574–579.
- Kurniawan, E., Ardian, Wawan., 2014. Sifat kimia tanah dan perkembangan akar kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada berbagai dimensi rorak dengan pemberian tandan kosong. *JOM Faperta* 1, 1–12.
- Lestari, Y., Indrayati, L. 2000. Pemanfaatan *Trichoderma* dalam mempercepat perombakan bahan organik pada tanah gambut. Di dalam: Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa [Internet]; Banjarbaru, Indonesia, 5-7 Juli 2000. Banjarbaru (ID): Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Lahan Rawa.
- Lizawati. 2002. 'Analisis Interaksi Batang Bawah dan Batang Atas Pada Okulasi Tanaman Karet'. Tesis, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lubis, RE., Widanarko, A. 2011. *Buku Pintar Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka, Jakarta, Indonesia.
- [MPOB] Malaysian Palm Oil Board. 2014. Standar Operating Procedures (SOP) for *Ganoderma* Disease in Oil Palm. Workshop on Intergrated Management of *Ganoderma* Disease in Oil Palm. Kinabalu. 2014. Malaysia December 3-4. [diakses pada 2022 Maret].
- Munandar, RP., Suwandi, Suparman., 2021. Pengaruh tumpangsari dengan tanaman rimpangan terhadap infeksi awal *Ganoderma boninense* pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis*). *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam* 18, 34–43.
- Naher, L, Yusuf, UK., Tan, SG., Ismail, A., 2013. Ecological status of *Ganoderma* and basal stem rot disease of oil palms (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Aus Sci* 7, 1723–1727.
- Napitulu, HBM., Khalimi, K., Suprpta, DN., 2020. Uji efektivitas agen hayati dari rizosfer dan filofser tanaman *Solanaceae* untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika* 9, 12–22.
- Nildayanti. 2011. 'Peran Bakteri Kitinolitik dan Fungi Mikoriza Arbuskular Dalam mengendalikan Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit'. Tesis, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nini MR., 2012. Efek fitohormon PGPR terhadap pertumbuhan tanaman

- jagung (*Zea mays*). Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah 3, 27–35.
- Panjaitan, A. 2014. ‘Kemampuan Bakteri Diazotrof Endofit Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)’. Tesis, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Priwiratama, H., Susanto, A., 2014. Utilization of fungi for the biological control of insect pests and *Ganoderma* disease in the Indonesian oil palm industry. Agr Sci Tech A 4, 103–111.
- Purba, RY. 1993. Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang disebabkan oleh *Ganoderma* dan Manajemen Pengendaliannya. Materi kuliah Penyakit Tanaman Kelapa Sawit pada Kursus Manajemen dasar Perkebunan Bidang Tanaman di LPP Kampus Medan, Medan.
- Purba, A. 2020. ‘Analisis Keragaman Genetik Isolat *Ganoderma boninense* Dari Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) PT Socfin Indonesia Dengan Metode Simple Sequence Repeats (SSR)’. Tesis, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2006. *Penyakit Mematikan (Ganoderma boninense) pada Perkebunan Kelapa Sawit. Seri Kelapa Sawit Populer*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan, Indonesia.
- Puspita, F., Zul, D., Khoiri, A. 2013. Potensi *Bacillus* sp. asal rizosfer giam siak kecil bukit batu sebagai rhizobacteria pemacu pertumbuhan dan antifungi pada pembibitan kelapa sawit. Di dalam: Seminar Nasional Peranan Teknologi dan Kelembagaan Pertanian dalam Mewujudkan Pembangunan Pertanian yang Tangguh dan Berkelanjutan [Internet]; Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia. Pekanbaru (ID): Prosiding Seminar Nasional 2013. hlm 7–15; [diunduh 2022 Juni]. <<https://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/7405/1%20Fifi%20Puspita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- Rees, RW., Flood, J., Hasan, Y., Wills, MA., Cooper, RM., 2012. *Ganoderma boninense* basidiospores in oil palm plantations: evaluation of their possible role in stem rots of *Elaeis guineensis*. Plant Pathology J 61, 567–578.
- Rupaedah, B., Amanda, DV., Indrayanti, R., Asiani, A., Sukmadi, B., Ali, A., Wahid, A., Firmansyah, T., Sugianto, M., 2018. Aktivitas *Stenotrophomonas rhizophila* dan *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense*. Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia 5, 53–63.
- Santoso, H., Susanto, A., 2020. Dampak serangan sekunder pada budidaya tanaman kelapa sawit di lahan sulfat masam dengan tata kelola air yang tidak optimal. Warta PPKS 25, 101–108.
- Salsabila, A., Ramdan, EP., Asnur, P., Hidayat, H., 2022. Survei penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit di kebun Cikasungka, PT Perkebunan Nusantara VIII, Bogor. AGROSAINS: Jurnal Penelitian Agronomi 24, 1–5.
- Sudarmaji, I. 2007. *Strategi Pengembangan Keterkaitan Kebun Inti Plasma Dengan Kapasitas Pabrik Kelapa Sawit Pada Perkebunan PT. Kurnia Luwuk Sejati Banggai Sulawesi Tengah*. Fakultas Petanian Universitas Muhammadiyah Luwuk, Luwuk, Indonesia.

- Sumarsih, S., 2003. *Mikrobiologi Dasar*. UPN Veteran, Yogyakarta, Indonesia.
- Susanto, A., Prasetyo, AE, Priwiratama, A., Wening, S., Suriyanto., 2013. *Ganoderma boninense* penyebab penyakit busuk batang atas kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 9, 123–126.
- Susanto, A., Prasetyo, AE., Wening, S., 2013. Laju infeksi *Ganoderma* pada empat kelas tekstur tanah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 9, 39–46.
- Wahyuni, M., Yosephine, IO., 2020. Resistensi bibit kelapa sawit dengan perlakuan *Trichoderma* Sp., mikoriza, dan pupuk kcl terhadap infeksi inokulum *Ganoderma boninense*. *Jurnal Agrotekma* 5, 55–63.
- Yanti, Y., Arneti, Rifai, I. 2019. Screening isolat rizobakteri indigenos asal
- Yulianti, T., 2012. Menggali potensi endofit untuk meningkatkan kesehatan tanaman tebu mendukung peningkatan produksi gula. *Perspektif* 11, 111–122.
- Zafitra, Elfina, Y., Ali, M., 2017. Uji antagonitas cendawan *Trichoderma*, *Verticillium* dan *Turolomyces* terhadap *Ganoderma boinense* Pat. secara in vitro. *JOM Faperta* 4, 1–6.
- simalungun untuk meningkatkan pertumbuhan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di prenursery. Di dalam: Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Indonesia (FKPTPI) 2018. Banda Aceh (ID): Prosiding Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Indonesia (FKPTPI) 2018. hlm 1 - 9; [diunduh 2022 Jun]. <<http://fkptpi.usk.ac.id/images/PDF%20PROSIDING/PDF/pdf%20protaksi%20tanaman/457-465.pdf>>
- Yanti, Y., Rifai, I., Pratama, YA., Harahap, MI., 2019. Penapisan isolat rizobakteri indigenus untuk pengendalian *Ganoderma boninense* di pre-nursery kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agro* 6, 110–122.
- Yudiarti, T. 2007. *Ilmu Penyakit Tanaman*. Graha Ilmu, Yogyakarta, Indonesia.
- Zani, RZ., Anhar, A., 2021. Respon *Trichoderma* spp. terhadap indeks vigor benih dan berat kering kecambah padi varietas sirandah batuampa. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya* 8, 1–6.