

Aplikasi Agens Hayati Kombinasi Liquid Smoke Untuk Pengendalian Penyakit Busuk Buah Kakao

Application of Liquid Smoke Combination Biological Agents for Controlling Cocoa Pod Rot Disease

Lira Sonia Sianturi^{1*}, Denny Rahmad Sitepu¹, Faradise Puan Surapati¹

Abstrak

Rendahnya produksi tanaman kakao disebabkan oleh serangan patogen *Phytophthora palmivora* yang mengakibatkan busuk buah kakao. Hal ini dapat dikendalikan dengan menggunakan agen hayati (rhizobacteria dan *Trichoderma* sp.) yang dikombinasikan dengan asap cair yang membantu dalam pengelolaan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengendalikan *P. palmivora* menggunakan agen hayati tersebut dengan konsentrasi asap cair yang berbeda. Pendekatan kuantitatif digunakan, dengan uji *in vitro* dan *in vivo* menggunakan empat sampel per perlakuan. Parameter yang diamati meliputi laju infeksi penyakit dan perkembangan diameter penyakit. Data kemudian ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa kombinasi agen hayati dengan asap cair 3% memberikan pengendalian *P. palmivora* yang paling efektif, mengungguli perlakuan lain, termasuk kontrol. Untuk meningkatkan ketahanan terhadap busuk buah kakao dan meningkatkan produksi, disarankan untuk menggunakan kombinasi ini. Penelitian lebih lanjut harus dilakukan untuk menguji konsistensi hasil ini di berbagai daerah budidaya kakao di Kalimantan Timur.

Kata Kunci Laju Infeksi, Rhizobacteria, Trichoderma, *Phytophthora palmivora*

Abstract

*The low production of cocoa plants is caused by attacks from the pathogen *Phytophthora palmivora*, which leads to cocoa pod rot. This can be controlled using biological agents (rhizobacteria, and *Trichoderma* sp.) combined with liquid smoke, which aids in disease management. The research aimed to control *P. palmivora* using these biological agents with different liquid smoke concentrations. A quantitative approach was employed, with *in-vitro* and *in-vivo* tests using four samples per treatment. The observed parameters included disease infection rate and disease diameter progression. The data were then tabulated and analyzed descriptively. Results consistently showed that combining biological agents with 3% liquid smoke provided the most effective control of *P. palmivora*, outperforming other treatments, including controls. To improve resistance to cocoa pod rot and boost production, applying this combination is recommended. Further research should be conducted to test the consistency of these results in various cocoa cultivation areas in East Kalimantan.*

Keywords Infection Rate, Rhizobacteria, Trichoderma, *Phytophthora palmivora*

*Koresponden:

Lira Sonia Sianturi

lirasianturi74@gmail.com

Informasi daftar penulis tersedia di bagian akhir artikel

Pendahuluan

Tanaman kakao adalah satu tanaman perkebunan dengan nilai ekonomi tinggi. Produksi kakao Kalimantan Timur, tahun 2020 sebesar 2.537 ton dengan luas lahan 6.883 ha. Sementara pada tahun 2021 produksi tanaman kakao sebesar 2.182 ton dengan luas lahan 7.617 ha dengan produktivitas sebesar 0.37 ton ha⁻¹ (Dinas Perkebunan Kalimantan Timur, 2022). Tahun 2022 produksi 2.600 ton dengan luas lahan 7.800 ha dengan produktivitas mencapai 0.29 ton ha⁻¹ (BPS, 2023)

Berdasarkan data tersebut, produksi tanaman kakao di Kalimantan Timur mengalami penurunan meskipun luas lahan meningkat. Penyebab masih kurangnya produktivitas tanaman kakao disebabkan oleh tingginya intensitas penyakit tanaman. Penyakit yang mampu menyebabkan rendahnya produksi yaitu penyakit busuk buah yang disebabkan oleh patogen *Phytophthora palmivora* yang dapat menyebabkan penurunan hasil tanaman (Jibat & Alo, 2023). Penyakit busuk buah kakao yang disebabkan oleh di disebabkan oleh *P. palmivora*. Evizal et al. (2016). *P. palmivora* merupakan patogen yang menyerang berbagai tumbuhan budidaya yang termasuk pada genus Oomycetes dan memiliki spektrum target yang luas, baik tumbuhan monokotil maupun tumbuhan dikotil.

Aktivitas patogen ini sangat tinggi di lapangan yang menyebabkan kebusukan buah pada kakao, yang jika dalam kondisi parah akan mengalami perubahan warna menjadi coklat kehitaman hingga hitam (Perrine-Walker, 2020). Hal ini tentunya jika tidak diantisipasi maka akan meyebar keseluruh buah tanaman kakao. Aktivitas penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga mencapai 80% (Acebo-Guerrero, 2012). Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan inovasi pengendalian penyakit melalui kombinasi penggunaan agens hayati dan *liquid smoke*.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang pertanian dalam mendukung pengembangan pertanian ramah lingkungan dan semakin tingginya kesadaran masyarakat akan konsumsi pangan sehat, saat ini banyak memanfaatkan agens hayati yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit tanaman (Fadil et al., 2023; Marwan et al., 2021). Banyak agens hayati yang tersebar di alam antara lain yaitu rizobakteri dan *Trichoderma* sp. Agens hayati memerlukan waktu untuk memberikan dampak positif, terkait proses adaptasi dan perkembangan untuk mencapai populasi yang optimum untuk mengkolonisasi tanaman. Penerapan antagonis agens hayati mampu menurunkan tingkat populasi patogen tanaman di dalam tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Muzdalifah et al., 2017).

Kemampuan rizobakteri tersebut berhubungan langsung dengan peran rizobakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan sebagai agens antagonis dalam menghambat perkembangan patogen tanaman (Backer et al., 2018; Ojuederie et al., 2019). Akhtar et al. (2012) melaporkan, rizobakteri mampu bersifat antagonis terhadap patogen melalui beberapa cara yaitu produksi siderofor, antibiotik, β -1,3-glucanase, enzim kitinase, sianida, parasitisme, kompetisi sumber nutrisi dan relung ekologi, dan dapat menginduksi ketahanan tanaman secara sistemik.

Selain rizobakteri *Trichoderma* sp. mempunyai sifat antagonistik terhadap aktivitas atau perkembangan patogen, terutama patogen tular tanah dan beberapa patogen udara. *Trichoderma* telah banyak dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati. Agens pengendali hayati berperan dalam memanipulasi lingkungan tumbuh sehingga tidak memberi peluang bagi patogen untuk mencapai populasi yang cukup tinggi yang berdampak terhadap penurunan keparahan penyakit (Kartikowati et al., 2019).

Selain agens hayati, *liquid smoke* juga merupakan produk pestisida alami yang berasal dari hasil pembakaran material yang terdiri atas kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin (Ketut

et al., 2016; Winarni et al., 2021). *Liquid smoke* mengandung acidity dan phenol (Silaban et al., 2022). Saat ini *liquid smoke* banyak dimanfaatkan untuk mengendalikan penyakit tanaman (Alisa & Iswandi, 2023; Ristiani et al., 2022). Berdasarkan konsep pemikiran tersebut, maka aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* diharapkan mampu mengendalikan penyakit busuk buah kakao, sehingga produksi kakao meningkat.

Berdasarkan uraian pada latar belakang tersebut diatas, maka dirumuskan permasalahan yaitu: 1) apakah aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* dengan konsentrasi berbeda mampu meningkatkan ketahanan penyakit busuk buah kakao?; 2) Jika ya, aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* dengan konsentrasi berbeda manakah yang mampu meningkatkan ketahanan penyakit busuk buah kakao?.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengendalikan penyakit *P. palmivora* penyebab busuk buah pada tanaman kakao menggunakan aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* pada konsentrasi berbeda yang selanjutnya berimplikasi terhadap peningkatan produksi tanaman kakao.

Metode

Penelitian dilaksanakan menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif (metode eksperimen). Penelitian dilaksanakan secara bertahap, dimulai dari uji secara laboratorium (in-vitro) dan uji lapangan (in-vivo). Pada percobaan secara in-vitro dilakukan sebanyak 4 sampel buah (ulangan) Sementara percobaan secara in-vivo dilakukan dengan menggunakan sampling sebanyak 4 buah (ulangan) untuk setiap perlakuan percobaan. Parameter yang diamati menggunakan beberapa peubah bebas (d disesuaikan dengan tujuan yang ingin dicapai) yang meliputi laju infeksi penyakit (pengamatan dilakukan secara visual setiap hari terhadap kejadian penyakit pada buah kakao) dan laju perkembangan diameter penyakit (pengamatan dilakukan setiap hari dengan mengukur diameter perkembangan penyakit yang ditandai dengan warna hitam atau kecoklatan pada buah kakao dengan menggunakan penggaris). Data hasil penelitian selanjutnya ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk Gambar dan Tabel. Guna pelaksanaan penelitian memberikan hasil yang sesuai dengan tujuan, maka terdapat beberapa tahapan kegiatan yaitu:

Perbanyak Agens Hayati. Media yang digunakan untuk perbanyak bakteri yaitu TSA dan PDA. Isolat SK03 ditumbuhkan pada media TSA (inkubasi selama 48 jam). Koloni bakteri yang tumbuh disuspensikan dalam aquades steril hingga mencapai kerapatan populasi bakteri 10^9 cfu ml⁻¹. Sementara *Tricoderma* sp. diperbanyak dengan menggunakan media PDA dan diinkubasi selama 1 minggu dan dapat disuspensikan untuk perlakuan selanjutnya.

Persiapan Buah Uji secara In-Vitro dan Perbanyak Patogen. Buah kakao yang digunakan untuk uji secara in-vitro yaitu buah sehat yang diperoleh dari Kelompok Tani Desa Batuah. Sementara patogen diperbanyak dengan media VJus padat dan ditumbuhkan selama 1 minggu dan disuspensikan dan dishaker pada kecepatan 150 rpm selama 48 jam dan patogen siap diaplikasikan.

Inokulasi Patogen. Sebelum inokulasi patogen, buah kakao sehat terlebih dahulu dibersihkan kulit buahnya menggunakan NaOCl 3% selama 5 menit. Selanjutnya patogen *P. palmivora* diambil dan ditempelkan pada buah dan ditutup dengan kapas dan dilekatkan menggunakan plastik wrapping. Buah diletakkan dalam masing-masing boks sesuai perlakuan. Sementara secara in-vivo, aplikasi dilakukan dengan metode yang sama, namun buah kakao diaplikasikan secara langsung pada buah pada tanaman di lapangan.

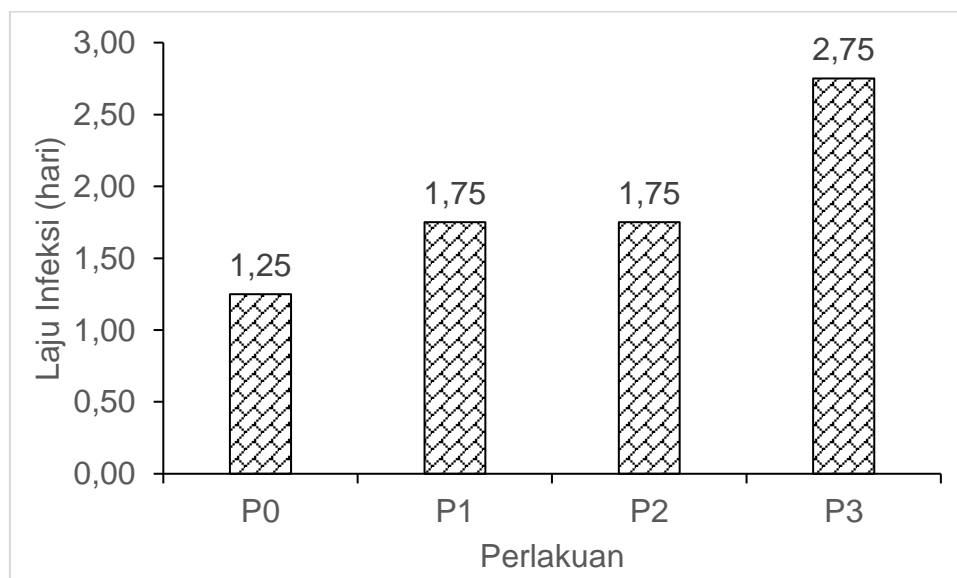
Aplikasi Agens Hayati dan Liquid Smoke. Agens hayati (25 ml) yang telah siap selanjutnya dicampur dengan *liquid smoke* (25 ml) sesuai perlakuan, selanjutnya diaplikasikan pada buah

dengan cara disemprot pada permukaan buah hingga merata sebanyak 4 kali semprot per buah.

Aplikasi Agens Hayati secara In-Vivo. Setelah diperoleh perlakuan terbaik pada uji in-vitro selanjutnya dimabil perlakuan terbaik + kontrol sebagai pembanding untuk aplikasi pada buah kakao secara in-vivo. Cara aplikasi dilakukan dengan cara yang sama agens hayati (25 ml) yang telah siap selanjutnya dicampur dengan *liquid smoke* (25 ml) sesuai perlakuan, selanjutnya diaplikasikan pada buah dengan cara disemprot pada permukaan buah hingga merata sebanyak 50 ml per buah. Pengamatan secara in-vitro dilakukan setiap hari selama 7 hari. Sementara pengamatan secara in-vivo dilakukan selama 14 hari. Penelitian ini menggunakan RAL (skala in-vitro) terdiri dari 4 perlakuan yaitu kontrol (P0), isolat SK03 + *Trichoderma* sp. + *liquid smoke* 1% (P1), isolat SK03 + *Trichoderma* sp. + *liquid smoke* 2% (P2), dan isolat SK03 + *Trichoderma* sp. + *liquid smoke* 3% (P3). Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali pengulangan sehingga diperoleh 16 unit percobaan. Sementara pada percobaan secara in-vivo dilakukan hanya 2 perlakuan (1 perlakuan terbaik dan 1 kontrol) sesuai dengan percobaan in-vitro.

Hasil dan pembahasan

Hasil penelitian laju infeksi patogen *P. palmivora* dan laju perkembangan diameter infeksi patogen *P. palmivora* penyebab busuk buah kakao yang diberi perlakuan agens hayati dan kombinasi *liquid smoke* pada konsentrasi berbeda secara in-vitro berturut-turut disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1, sementara performanya disajikan pada Gambar 2. Hasil penelitian laju infeksi patogen *P. palmivora* dan laju perkembangan diameter infeksi patogen *P. palmivora* penyebab busuk buah kakao yang diberi perlakuan agens hayati dan kombinasi *liquid smoke* pada konsentrasi berbeda secara in-vivo disajikan Tabel 2, sementara performanya disajikan pada Gambar 3.



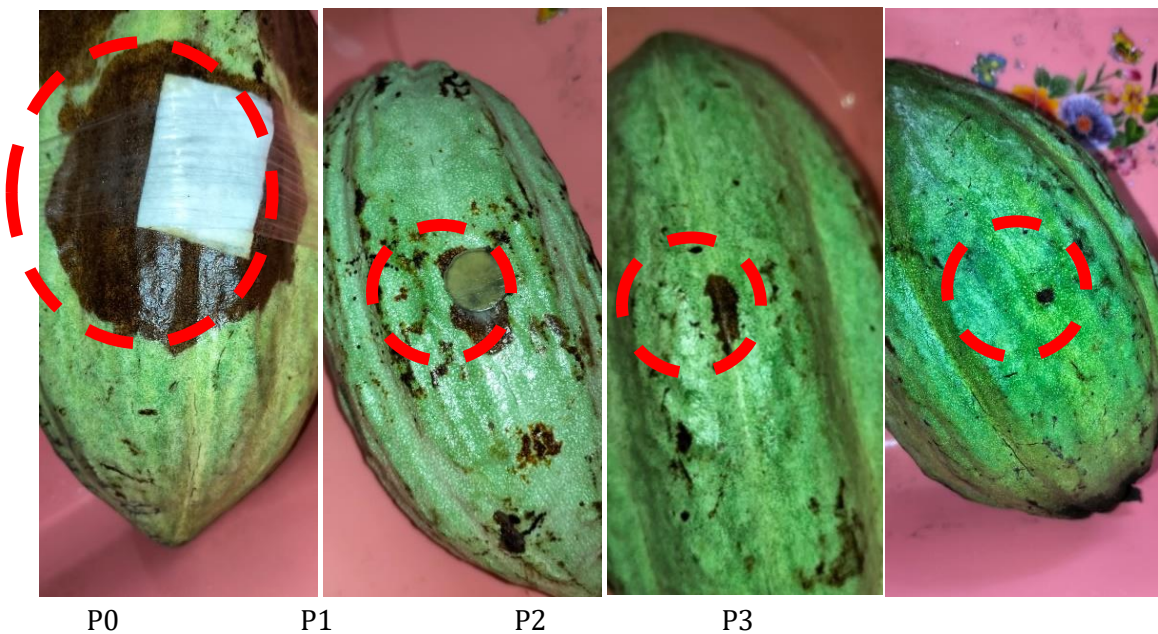
Gambar 2. Laju Infeksi Patogen *P. palmivora* Penyebab Busuk Buah Kakao yang Diberi Perlakuan Agens Hayati dan Kombinasi *Liquid Smoke* pada Konsentrasi Berbeda Secara In-vitro

Hasil penelitian pada Gambar 1 menunjukkan bahwa aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* 3% memberikan hasil terbaik yang ditandai dengan lama laju infeksi patogen hingga mencapai 2.75 hari, yang relatif lebih lama bila dibandingkan dengan kontrol hingga mencapai 1.25 hari. Hal ini menunjukkan bahwa agens hayati kombinasi *liquid smoke* mampu meningkatkan ketahanan sehingga mampu menekan laju infeksi patogen *P. palmivora*.

Tabel 1. Laju Perkembangan Diameter Infeksi Patogen *P. palmivora* Penyebab Busuk Buah Kakao yang Diberi Perlakuan Agens Hayati dan Kombinasi *Liquid Smoke* pada Konsentrasi Berbeda Secara In-Vitro

Perlakuan	Waktu Pengamatan (hari)						
	1	2	3	4	5	6	7
P0	0.39	1.19	1.69	2.24	2.70	3.70	4.80
P1	0.08	0.56	0.95	1.43	1.94	2.83	4.03
P2	0.05	0.51	0.80	1.16	1.70	2.75	3.99
P3	0.00	0.03	0.41	0.89	1.25	1.70	2.41

Hasil penelitian (Tabel 1) menunjukkan bahwa laju perkembangan diameter infeksi patogen *P. palmivora* yang diberi perlakuan agens hayati dan liquid smoke secara invitro memberikan hasil yang berbeda-beda setiap waktu pengamatan. Diameter infeksi tertinggi diperoleh secara umum terdapat pada perlakuan P0 dan diameter infeksi terendah diperoleh pada perlakuan P3. Hal ini menunjukkan bahwa, adanya agens hayati dan *liquid smoke* mampu menekan perkembangan patogen *P. palmivora*.



Gambar 2. Performa Infeksi Patogen *P. palmivora* Penyebab Busuk Buah Kakao yang Diberi Perlakuan Agens Hayati dan Kombinasi *Liquid Smoke* pada Konsentrasi Berbeda Secara In-vitro

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa rata-rata laju infeksi patogen sebesar 3.00 hari, lebih cepat bila dibandingkan dengan perlakuan selama 6.25 hari. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* 3% mampu laju infeksi patogen secara in-vivo. Sementara hasil penelitian terhadap pengamatan laju perkembangan diameter infeksi patogen *P. palmivora* secara in-vivo pada setiap waktu pengamatan menunjukkan bahwa laju perkembangan infeksi tertinggi diperoleh pada perlakuan P0 (kontrol) baik pada hari kedua hingga hari ketujuh berturut-turut sebesar 0.05 cm; 0.83 cm; 2.48 cm; 4.10 cm; 5.00 cm dan 6.60 cm. Sementara pada perlakuan P1 laju perkembangan patogen dimulai pada hari keenam sebesar 0.18 cm dan pada hari ketujuh sebesar 0.71 cm. Hal ini menunjukkan bahwa, adanya pengaruh aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* mampu menekan perkembangan patogen *P. palmivora*. Hasil penelitian

secara konsisten mampu menekan laju infeksi dan perkembangan patogen *P. palmivora* secara in-vivo.

Tabel 2. Hasil Laju Infeksi Patogen dan Perkembangan Diameter Infeksi Infeksi Patogen *P. palmivora* yang Diberi Perlakuan Agens Hayati dan *Liquid Smoke* Secara In-vivo

Perlakuan	Ulangan	Laju Infeksi Penyakit (hari)	Waktu Pengamatan (hari)						
			1	2	3	4	5	6	7
P0	I	2.00	0.00	0.20	2.30	3.20	4.60	5.30	7.40
	II	4.00	0.00	0.00	0.00	0.40	1.90	2.80	4.40
	III	3.00	0.00	0.00	0.90	2.60	4.80	5.60	7.50
	IV	3.00	0.00	0.00	1.00	3.70	5.10	6.30	7.10
Rataan		3.00	0.00	0.05	0.83	2.48	4.10	5.00	6.60
P1	I	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
	II	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.90
	III	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.20
	IV	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60
Rataan		6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.71



Gambar 3. Performa Infeksi Patogen *P. palmivora* Penyebab Busuk Buah Kakao yang Diberi Perlakuan Agens Hayati dan Kombinasi *Liquid Smoke* pada Konsentrasi Berbeda Secara In-Vivo (kiri = P0 dan kanan = P1)

Hasil penelitian ini diduga disebabkan bahwa penekanan populasi *P. Palmivora* oleh *Trichoderma* sp. dan rizobakteri yang diaplikasikan serta *liquid smoke*. Laju pertumbuhan *Trichoderma* sp. jauh lebih cepat dari pada cendawan patogen tanaman. oleh karena itu, dapat secara efektif menghambat pertumbuhan cendawan patogen tanaman (Mohiddin et al., 2021). Selain itu, *Trichoderma* sp. menghasilkan berbagai metabolik sekunder seperti pigmen, antibiotik, dan enzim yang berperan dalam biokontrol patogen (Maruyama et al., 2020).

Trichoderma sp. menghasilkan zat pentaibol yang dapat menghambat berbagai cendawan patogen tanaman dan juga dapat bekerja sama dengan enzim pengurai dinding sel pada cendawan patogen untuk secara efektif menghambat pertumbuhannya (Tamizi et al., 2022).

Selain *Trichoderma* sp., rizobakteri juga dilaporkan mampu menghasilkan senyawa antibiotik yang mampu membunuh atau menghambat pertumbuhan. Rizobakteri mampu bersaing lebih efektif dengan patogen untuk mendapatkan nutrisi dan ruang. Dengan semakin berkembangnya populasi rizobakteri, dapat lebih efisien menghabiskan sumber daya yang dibutuhkan oleh patogen, sehingga menghambat pertumbuhan patogen (Arfaui et al., 2018; Kalay et al., 2020). Hal ini juga semakin didukung oleh adanya *liquid smoke* (asap cair) yang dapat berperan dalam pengendalian penyakit. *Liquid smoke* mengandung acidity dan phenol (Silaban et al., 2022). *Liquid smoke* memiliki kadar asam asetat dan senyawa fenolik yang cukup tinggi sehingga dapat berperan dalam mengendalikan organisme pengganggu tanaman (Wuryantini et al., 2021). Lebih lanjut dilaporkan bahwa *liquid smoke* banyak dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman (Alisa & Iswendi et al., 2023; Ristiani et al., 2022). Penelitian Hernani et al. (2021) bahwa *liquid smoke* memiliki kandungan fenol yang bersifat toksik, yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati pada tanaman pangan, lebih *ecofriendly*, dan bersifat terbarukan.

Adanya kemampuan daya hambat terhadap laju infeksi dan perkembangan diameter busuk buah diduga disebabkan oleh kandungan phenol yang terdapat pada *liquid smoke* sehingga berperan sebagai antifungi dikarenakan dapat merusak membran sel dan mengurangi aktivitas enzim sehingga menghambat pertumbuhan patogen (Kandar, 2021). Penelitian relevan juga dilaporkan bahwa *liquid smoke* dengan konsentrasi 50 mL.tanaman⁻¹, memiliki potensi dalam menekan penyakit jamur akar putih pada karet (Dalimunthe & Tistama, 2018).

Kesimpulan

Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa aplikasi agens hayati (rizobakteri + *Trichoderma* sp.) kombinasi *liquid smoke* 3% memberikan hasil terbaik terhadap pengendalian patogen *P. palmivora* penyebab busuk buah kakao secara in-vitro maupun secara in-vivo, bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya terutama kontrol. Sebaiknya untuk meningkatkan ketahanan penyakit busuk buah kakao dapat dilakukan dengan aplikasi agens hayati kombinasi *liquid smoke* 3% sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman kakao. Selain itu, disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji konsistensi perlakuan pada berbagai lokasi pengembangan tanaman kakao di Kalimantan Timur.

Detail penulis

¹Jurusan Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

Received: 10 Agustus 2024

Accepted: 10 Oktober 2024

Published online: 14 Oktober 2024

Daftar pustaka

Alisa, N., & Iswendi. (2023). Potensi asap cair hasil pirolisis tempurung kelapa sebagai biopestisida terhadap ulat penggerek polong (*Maruca testulalis*) tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis*). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 12, 39-44.

- Acebo-Guerrero, Y., Hernández-Rodríguez, A., Heydrich-Pérez, M., El Jaziri, M., & Hernández-Lauzardo, A. (2012). Management of black pod rot in cacao (*Theobroma cacao* L.): A review. *Fruits*, 67, 41–48.
- Akhtar, A., Hisamuddin, M. I., Robab, Abbasi, & Sharf, R. (2012). Plant growth promoting rhizobacteria: An overview. *Journal of Natural Product and Resource*, 2, 19-31.
- Arfaui, A., Adam, R. L., Bezzahou, A., & Daya, F. (2018). Isolat and identification of cultivated bacteria associated with soybeans and their biocontrol activity against *Phytophthora sojae* -v 63 607-617.
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., . . . , & Smith, D. L. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Front Plant Sci* 871, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01473>.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2023).
- Dalimunthe, C. I. & Tistama, R. (2018). Potensi asap cair dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *TALENTA Conference Series, ANR Conference Series*, 1, 105-109.
- Dinas Pertanian Kalimantan Timur. (2022). Produksi Tanaman Kakao Kalimantan Timur, Kalimantan Timur Samarinda.
- Evizal, R., Sumaryo, N., Sa'diyah, Prasetyo, J., Prasmatiwi, F. E., & Nurmayasari, I. (2016). Farm performance and problem area of cocoa plantation in Lampung Province. Indonesia, *In: Conference Proceeding IISF The USR International Seminar on Food Security, 23-24 August 2016*, Bandar Lampung.
- Fadil, M., Yanti, Y., & Khairul, U. (2023). Penapisan aktinobakteria rhizosfer padi sebagai agens pengendali hayati *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* pathogen penyebab penyakit hawar daun bakteri. *Jurnal AGRO*, 10, 1–15. <https://doi.org/10.15575/19798>.
- Hernani, Yuliani, S., & Rahmini. 2021. Natural biopesticide from liquid rice hull smoke to control brown planthopper. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 733:012067. <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012067>.
- Jibat, M., & Alo, S. (2023). integrated management of black pod (*Phytophthora palmivora*) disease of cocoa through fungicides and cultural practices in Southwestern Ethiopia. *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, 4, 43–45. <https://doi.org/10.46676/ij-fanres.v4i3.150>.
- Kalay, A. M., Adelina, S., Alexander, S., & Abraham, T. (2020). Application of biological agents from bamboo roots and elephant grass for controlling leaf blight disease and increasing crop yields in mustard greens (*Brassica rapa*). *Jurnal Agro.*, 7, 32-41.
- Kandar, C. C. (2021). Bioactive natural products for pharmaceutical applications, advanced structured materials. *Springer*, 140, 329-377.
- Kartikowati, E., Haris, R., Karya, & Anwar, S. (2019). Aplikasi agen hayati (*Paenibacillus polymixa*) terhadap penekanan penyakit hawar daun bekeri serta hasil dan pertumbuhan padi hitam (*Oryza sativa*) Var. Lokal. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 7, 9–15.
- Ketut, I., Arnim, B., Marlida, Y., & Bulanin, U. (2016). Liquid smoke production quality from raw materials variation and different pyrolysis temperature. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6, 306-15, doi:10.18517/ijaseit.6.3.737.
- Maruyama, C. R., Bilesky-José, N., de Lima, R., & Fraceto, L. F. (2020). Encapsulation of *Trichoderma harzianum* preserves enzymatic activity and enhances the potential for biological control. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 8:225. doi: 10.3389/fbioe.2020.00225.
- Marwan, H., Nusifera, S., & Mulyati, S. (2021). Potensi bakteri endofit sebagai agens hayati untuk mengendalikan penyakit blas pada tanaman padi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26, 328–333. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.3.328>.
- Mohiddin, F. A., Padder, S. A., Bhat, A. H., Ahanger, M. A., Shikari, A. B., & Wani, S. H. (2021). Phylogeny and optimization of *Trichoderma harzianum* for Chitinase production: evaluation of their antifungal behaviour against the prominent soil borne Phyto-pathogens of temperate India. *Microorganisms*, 9:1962. doi: 10.3390/microorganisms9091962.
- Musdalifa, Ambar, A. A., & Putera, M. I. (2017). Pemanfaatan agensi hayati dalam mengendalikan pertumbuhan perakaran dan penyakit layu fusarium cabai besar (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Galung Tropika*, 6, 224-233.

- Ojuederie, O. B., Olanrewaju, O. S., & Babalola, O. O. (2019). Plant growth promoting rhizobacterial mitigation of drought stress in crop plants: Implications for sustainable agriculture. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy9110712>.
- Perrine-Walker, F. (2020). Review: *Phytophthora palmivora*–cocoa interaction. *Journal of Fungi*, 6, 167; doi:10.3390/jof6030167.
- Ristiani, W., Yuniati, R., Lestari, R., & Wardhana, W. (2022). Application of coconut shell liquid smoke to control fusarium wilt disease on *Hevea brasiliensis* Muell. *Arg. Agrivita* 44, 11–20. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v44i1.2355>.
- Silaban, R., Lubis, I., Siregar, R. E., & Agus, N. P. (2022). Production of liquid smoke from the combination of coconut shell and empty fruit bunch through pyrolysis process. *European Alliance for Innovation* n.o. <https://doi.org/10.4108/eai.11-10-2022.2325589>.
- Tamizi, A. A., Mat-Amin, N., Weaver, J. A., Olumakaiye, R. T., Akbar, M. A., Jin, S., . . . , Alberti, F. (2022). Genome sequencing and analysis of *Trichoderma* (Hypocreaceae) isolates exhibiting antagonistic activity against the papaya dieback pathogen, *Erwinia mallotivora*. *J. Fungi*, 8:246. doi: 10.3390/jof8030246.
- Winarni, I., & Gusmailina, K. S. (2021). A review: The utilization and its benefits of liquid smoke from lignocellulosic waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. *IOP Publishing Ltd*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/914/1/012068>.
- Wuryantini, S., Endarto, O., Wicaksono, R. C., Yudistira, R. A. (2021). Utilization of plant waste as botanical pesticide for citrus pest control. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 749:012022. <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/749/1/012022>.

Catatan Penerbit

Borneo Novelty Publishing tetap netral sehubungan dengan klaim yurisdiksi dalam peta yang diterbitkan dan afiliasi kelembagaan.