



Teknologi Pembuatan Metabolit Sekunder Agens Hayati Secara Sederhana Untuk Mengendalikan Penyakit Karat Merah

Ruth Feti Rahayuniati^{1*}, Abdul Manan¹, Endang Mugiastuti¹, Loekas Soesanto¹

¹Program Studi Proteksi Tanaman, Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Jalan Dr. Suparno, Karangwangkal, Purwokerto, Indonesia, 53123

*Email koresponden: ruth.rahayuniati@unsoed.ac.id

ARTICLE INFO

Article history

Received: 26 Nov 2024

Accepted: 23 Mei 2025

Published: 31 Jul 2025

Kata kunci:

Agens Hayati,

Biopestisida,

Karat Merah,

Metabolit Sekunder.

Keywords:

Biological Agents,

Biopesticides,

Red Rusts,

Secondary Metabolites.

ABSTRAK

Pendahuluan: Penyakit karat merah pada tanaman buah dan tanaman keras menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen. Penggunaan pestisida kimia secara tidak bijak berisiko menimbulkan residu berbahaya. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan pengetahuan petani tentang organisme pengganggu tanaman (OPT) hortikultura tahunan serta keterampilan membuat biopestisida berbasis metabolit sekunder dari agensia hayati. **Metode:** Sasaran kegiatan adalah Gapoktan Berkah Abadi di Desa Pagerandong, Kecamatan Mrebet, Purbalingga. Teknologi ditransfer melalui pendidikan dan pelatihan pembuatan metabolit sekunder dari agensia hayati secara sederhana. **Hasil:** Kegiatan berhasil meningkatkan pengetahuan petani tentang OPT dan pengendaliannya. Petani juga mampu memproduksi metabolit sekunder secara mandiri. **Kesimpulan:** Sosialisasi meningkatkan pengetahuan petani lebih dari 75%, dan pelatihan meningkatkan keterampilan dalam memperbanyak *Trichoderma sp.*, serta membuat biopestisida dan metabolit sekunder.

ABSTRACT

Background: Red rust disease in fruit and perennial crops has reduced both the quantity and quality of agricultural yields. Improper use of chemical pesticides can leave harmful residues. This activity aimed to enhance farmers' knowledge of pests in annual horticultural crops and improve their skills in producing biopesticides using secondary metabolites from biological agents through simple methods. **Method:** The target of this program was the farmer group Gapoktan Berkah Abadi in Pagerandong Village, Mrebet Subdistrict, Purbalingga. Technology transfer was conducted through education and training on the simple production of secondary metabolites from biological agents. **Result:** The activity successfully increased farmers' understanding of pest diversity and control methods. Farmers were also able to produce secondary metabolites independently. **Conclusion:** Socialization activities improved farmers' knowledge by over 75%, while training enhanced their skills in cultivating *Trichoderma sp.*, and producing biopesticides and secondary metabolites.



© 2025 by authors. Lisensi Jurnal Solma, UHAMKA, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

PENDAHULUAN

Penyakit karat merah, disebabkan alga *Cephaleuros* sp., banyak dijumpai pada berbagai jenis tanaman termasuk juga tanaman buah (Huang et al., 2023). Penyakit ditandai dengan adanya massa berwarna karat pada permukaan daun. Intensitas serangan yang tinggi menyebabkan seluruh permukaan daun tertutup ganggang, sehingga fotosintesis terganggu (Patrice et al., 2021). Penyakit karena alga dapat berdampak negatif pada industri pertanian, terutama jika terjadi pada buah-buahan (seperti jambu biji, jeruk, dan alpukat) dan juga dedaunan, karena akan mengurangi daya jual (Baysal-Gurel et al., 2020). Penyakit karena alga *Cephaleuros* dijumpai pada berbagai tanaman buah di Kecamatan Mrebet, Kabupaten Purbalingga yang merupakan salah satu kecamatan dengan potensi produksi buah yang tinggi. Potensi pengembangan kelompok komoditi buah-buahan dan sayuran sangatlah besar bila dilihat dari ketersediaan lahan pertanian yang dapat ditanami beraneka ragam jenis tanaman buah-buahan dan sayuran (Badan Pusat Statistik, 2024).

Gabungan kelompok tani (Gapoktan) Berkah Abadi, Desa Pagerandong, Kecamatan Mrebet, Kabupaten Purbalingga, merupakan salah satu gapoktan yang membudidayakan tanaman hortikultura, termasuk buah tahunan. OPT merupakan permasalahan penting yang selalu dihadapi, baik berupa hama teruma serangga dan penyakit, salah satunya adalah penyakit karat merah pada tanaman buah. Berdasarkan data yang disampaikan anggota kelompok tani, penggunaan pestisida kimia pada tanaman yang bisa mencapai 5-10 kali aplikasi per musim, tergantung jenis tanaman. Ketergantungan petani pada penggunaan pestisida kimiawi sintetis untuk mengendalikan hama dan penyakit pada tanaman buah tahunan masih sangat tinggi. Tingginya harga pestisida kimiawi menyebabkan biaya produksi menjadi meningkat, dan pendapatan anggota kelompok tani menjadi berkurang, karena harga jual hasil tanaman relatif tetap. Disamping itu, petani pada umumnya menggunakan pestisida dengan tidak bijaksana seperti aplikasi pestisida secara terjadwal tanpa memperhatikan ambang ekonomi. Hal ini menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan, kematian musuh alami hama, serta menimbulkan resistensi hama dan penyakit dan yang lebih membahayakan lagi adalah tingginya residu pestisida pada produk pertanian yang dihasilkan. Penggunaan pestisida kimia juga belum memberikan hasil yang baik untuk mengendalikan penyakit (Riyaz et al., 2021; Sinambela, 2024).

Gapoktan Berkah Abadi masih mengandalkan penggunaan pestisida sintetis untuk mengendalikan OPT. Anggota belum mengenal teknologi pembuatan biopestisida dan metabolit sekunder secara sederhana berbahan agens hayati yang ramah lingkungan. *Trichoderma* spp. merupakan salah satu spesies agensi hayati yang mampu menghasilkan berbagai metabolit sekunder seperti antibiotika, beberapa jenis enzim, senyawa metabolit beracun maupun organisme pelarut mineral dan dekomposer (Manan et al., 2024). *Pseudomonas fluorescens* P60 merupakan satu strain bakteri antagonis yang telah diteliti kemampuannya di dalam mengendalikan beberapa patogen tanaman, khususnya patogen tular tanah, baik secara in vitro, in planta maupun in vivo (Manan et al., 2018; Soesanto et al., 2019, 2021, 2023). *Beauveria bassiana* merupakan salah satu agensi hayati yang sangat efektif mengendalikan sejumlah spesies serangga hama termasuk ulat, kutu putih, dan beberapa jenis kumbang (Fabrice et al., 2020; Islam et al., 2023). *B. bassiana* telah dimanfaatkan secara luas sebagai pengendali hayati hama tanaman (Barra-Bucarei et al., 2020; Islam et al., 2023; Pedrini, 2022). *B. bassiana* telah diketahui efektif untuk mengendalikan *Nezara viridula* (kepik hijau) (Siahaan et al., 2021). Jamur dilaporkan menghasilkan metabolit sekunder seperti bassianin, bassiacridin,

beauvericin, bassianolide, beauverolides, tenellin dan oosporein yang dapat melumpuhkan dan menyebabkan kematian serangga (Wang et al., 2021).

Oleh karena itu, maka kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan anggota Gapoktan Berkah Abadi dalam teknologi pembuatan biopestisida berbasis metabolit sekunder sederhana berbahan agens hayati, untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman hortikultura tahunan, dan meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi tanaman hortikultura tahunan. Melalui kegiatan tersebut diharapkan petani tidak tergantung pada pestisida sintetik, serta dapat mengembangkan produksi biopestisida sehingga dapat menjadi salah satu sumber keuangan gapoktan.

MASALAH

Berdasarkan hasil diskusi dengan pengurus dan anggota kelompok tani mitra serta peninjauan langsung ke lapangan, di antara permasalahan yang ada di kelompok tani, permasalahan utama yang dihadapi adalah : (1) Penyakit karat merah pada tanaman buah dan perkebunan. Penyakit ditandai dengan adanya massa berwarna karat pada permukaan daun. Intensitas serangan yang tinggi menyebabkan seluruh permukaan daun tertutup ganggang, sehingga fotosintesis terganggu. Serangan tersebut secara tidak langsung menyebabkan penurunan produksi buah, bahkan dapat menyebabkan kematian tanaman; (2) Terdapat peningkatan serangan hama kutu sisik merah (*Aonidiella aurantii*) pada tanaman jeruk. Kutu sisik merah merupakan salah satu hama penting pada tanaman jeruk. Kutu tersebut memiliki kemampuan berkembang biak yang tinggi, sehingga sangat cepat menyebar ke seluruh bagian tanaman. Akibatnya, produksi dan kualitas buah jeruk akan menurun; (3) Kurangnya pemahaman dan pengenalan jenis hama dan penyakit pada tanaman buah tahunan. Anggota kelompok tani masih sulit membedakan serangan hama dan patogen penyebab penyakit (jamur, bakteri atau virus) serta faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perkembangannya. Hal ini mengakibatkan upaya pengendalian seringkali tidak tepat sasaran dan tidak memberikan hasil yang memuaskan; (4) Upaya pengendalian hama dan penyakit yang dilakukan selama ini lebih menekankan pada penggunaan pestisida kimia sintetik. Namun demikian, hasilnya kurang memuaskan, terutama untuk pengendalian hama, penyakit karena virus, dan patogen tular tanah. Penggunaan pestisida kimia sintetik untuk mengendalikan hama dan penyakit juga memerlukan biaya yang tinggi. Adanya keterbatasan biaya yang dimiliki anggota kelompok tani untuk membeli pestisida tersebut menjadi kendala tersendiri. Di samping itu, penggunaan pestisida yang tidak bijaksana dapat merusak lingkungan menimbulkan residu pada tanaman, yang juga dapat menurunkan atau mengurangi mutu buah tahunan yang dihasilkan; (5) Kurangnya pengetahuan dan ketrampilan tentang pembuatan biopestisida khususnya biopestisida berbasis metabolit sekunder sederhana berbahan agens hayati *Trichoderma* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Beauveria* sp. untuk mengendalikan hama dan penyakit. Pemanfaatan bio pestisida yang efektif dan ramah lingkungan ini belum diadopsi petani.

METODE PELAKSANAAN

Untuk mengatasi permasalahan mitra terkait hama dan penyakit pada tanaman buah tahunan maka dilakukan kegiatan transfer ilmu pengetahuan/pendidikan dan pelatihan untuk meningkatkan ketrampilan anggota kelompok tani Berkah Abadi. Kegiatan dilakukan di Gedung Pertemuan Kantor Kepala Desa Pagerandong, Mrebet, Purbalingga dan diikuti oleh anggota Gapoktan Berkah Abadi,

Desa Pagerandong. Kegiatan pendidikan dan pelatihan dilakukan dalam 1 hari, dilanjutkan pendampingan proses perbanyakan agens hayati, pembuatan metabolit sekunder, dan aplikasi biopestisida. Total durasi waktu kegiatan pengabdian adalah 6 bulan.

Pendidikan Masyarakat

Meliputi sosialisasi tentang keragaman hama dan penyakit tanaman hortikultura buah dan teknik pengelolaan penyakit karat merah pada tanaman buah. Dalam kegiatan ini, peserta diberikan pre-test untuk menggali informasi pengetahuan petani terkait OPT dan teknik pengendaliannya seperti pada [Gambar 1](#).



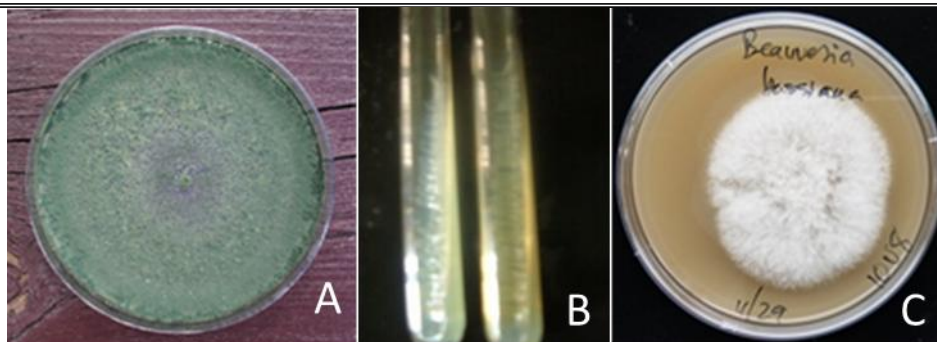
Gambar 1. Kegiatan Sosialisasi OPT dan Pengendaliannya

Pelatihan

Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan ketrampilan anggota dalam penyediaan biopestisida berbahan metabolit sekunder agens hayati. Kegiatan yang dilakukan meliputi pembuatan metabolit sekunder berbahan agens hayati *Trichoderma* spp, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Beauveria bassiana*. Langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Perbanyakan *Trichoderma* sp dan pembuatan metabolit sekunder

- Bio T10 merupakan Biopestisida yang berbasis metaabolit sekunder *Trichoderma* sp.
- Perbanyakan *Trichoderma* dilakukan pada medium padat, jagung pecah giling.
- Jagung direndam dalam air selama 60 menit. kemudian ditiriskan.
- Selanjutnya bahan pembuat media dimasukkan dalam plastik tahan panas. dan selanjutnya disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121° C selama 20 menit atau dikukus selama 60 menit.
- Setelah disterilkan medium siap diinokulasi dengan bibit jamur yang berasal dari biakan murni jamur *Trichoderma* sp. ([Gambar 2A](#)) dan diinkubasikan selama 7-14 hari
- Pembuatan metabolit sekunder *Trichoderma* sp dilakukan pada medium cair organik (air cucian beras dicampur dengan air kelapa) yang disterilkan dan ditambahkan dengan biakan padat *Trichoderma* dan digojok selama 1 minggu.
- Aplikasi untuk mengendalikan patogen penyebab penyakit dilakukan pada awal tanam. melalui perlakuan benih/bibit. perlakuan tanah atau gabungan keduanya. Konsentrasi yang diperlukan berkisar 5-10 ml/Liter.



Gambar 2. Isolat yang digunakan Dalam Kegiatan Pembuatan Metabolit Sekunder. A. *Trichoderma harzianum*; B. *Pseudomonas fluorescens* P60; C. *Beauveria bassiana*

2. Perbanyakkan *P. fluorescens* dan pembuatan metabolit sekunder

- Biopestisida Bio P60 berbasis metabolit sekunder dari *Pseudomonas fluorescens* P60
- *P. fluorescens* P60 dapat diformulasikan dalam bentuk cair ataupun padat.
- Formula cair dapat dibuat dengan fomula kaldu keong. Pembuatan kaldu dilakukan dengan merebus 400 g daging keong untuk setiap 1 liter air.
- Medium disterilkan terlebih dahulu dengan cara direbus hingga mendidih, selanjutnya dimasukkan ke dalam jerigen steril, ditutup rapat dan didinginkan.
- Medium dingin diinokulasi dengan *P. fluorescens* P60 yang berasal dari biakan murni ([Gambar 2B](#)) dan selanjutnya diinkubasikan selama 2-4 hari.
- Aplikasi *P. fluorescens* P60 untuk mengendalikan patogen penyebab penyakit dilakukan pada awal tanam, melalui perlakuan benih/bibit, perlakuan tanah atau gabungan keduanya.
- Dosis yang diperlukan berkisar 10-20 ml/tanaman

3. Perbanyakkan *Beauveria* sp dan pembuatan metabolit sekunder Bio B10 merupakan Biopestisida yang berbasis metabolit sekunder *Beauveria* sp.

- Perbanyakkan *Beauveria* sp. dilakukan pada medium padat
- Untuk medium padat terdapat beberapa bahan yang dapat digunakan untuk perbanyakkan *Beauveria* sp. di antaranya jagung pecah giling, beras ataupun ampas tahu.
- Untuk media jagung sebelumnya bahan direndam dalam air selama 60 menit. kemudian ditiriskan. Sedangkan untuk medium ampas tahu tanpa perendaman.
- Selanjutnya bahan pembuat media dimasukkan dalam plastik tahan panas. dan selanjutnya disterilkan dengan cara dikukus selama 60 menit.
- Setelah disterilkan medium siap diinokulasi dengan bibit jamur yang berasal dari biakan murni jamur *Beauveria* sp. ([Gambar 2C](#)). dan diinkubasikan selama 7-14 hari.
- Pembuatan metabolit sekunder *Beauveria* sp. dilakukan pada medium cair organik (air cucian beras ditambahkan dengan air kelapa) yang disterilkan dan ditambahkan dengan biakan padat *Beauveria* dan digojok selama 1 minggu.



Gambar 3. Pelatihan Pembuatan Metabolit Sekunder. A. Proses Pencucian Bahan; B. Proses Pemiakan Massal Isolat di dalam Medium Cair

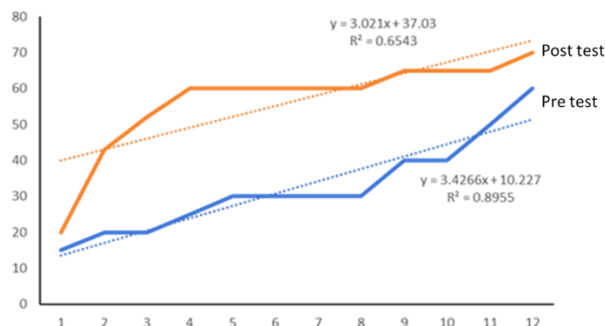
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan alih teknologi melalui pendidikan dan ketrampilan diikuti secara antusias oleh 20 orang anggota Gapoktan Berkah Abadi, Desa Pagerandong. Hal tersebut nampak pada diskusi yang dilakukan pada saat sosialisasi. Demikian pula kegiatan pelatihan pembuatan biopestisida diikuti dengan antusias oleh seluruh peserta. Indikator keberhasilan apabila terjadi peningkatan yang signifikan nilai post-test dari masing-masing peserta. Apabila persentase peserta yang mengalami kenaikan nilai signifikan mencapai nilai rata-rata 20-40 persen berarti materi tidak terserap, bila berkisar 41-60 persen berarti materi cukup terserap, bila berkisar antara 61-80 materi terserap dengan baik, dan bila berkisar antara 81-100 materi terserap sangat baik.

Tabel 1. Rerata nilai Pretest, Posttest, dan Peningkatan Nilai

No	Pertanyaan	Nilai Pre test	Nilai Post test	Peningkatan nilai (%)
1	Apakah dapat mengetahui/mengenal jika tanaman bapak terserang hama dan penyakit?	50	70	40,0
2	Apakah dapat membedakan antara hama dan penyakit tanaman?	40	60	50,0
3	Apakah dapat mengetahui cara mengendalikan hama dan penyakit tersebut ?	30	65	83,3
4	Tindakan pengendalian yang pernah dilakukan dengan cara:			
	a. Disemprot dengan pestisida ?	60	60	0
	b. Dibersihkan hama dan penyakitnya (misal diambil dengan tangan, dipotong bagian yang sakit, ditebang)	40	60	50
	c. Dibiarkan saja	30	20	-33,3
5	Apakah bapak mengetahui pengaruh negatif penggunaan pestisida yang terus menerus?	30	65	83,3
6	Apakah bapak mengetahui cara pengendalian hama dan penyakit yang ramah lingkungan?	25	60	140
7	Apakah bapak mengetahui jamur Trichoderma dan Beauveria untuk mengendalikan hama dan penyakit?	20	52	160
8	Apakah bapak mengetahui cara memperbanyak jamur Trichoderma dan Beauveria untuk mengendalikan hama dan penyakit?	20	60	200
9	Apakah bapak mengetahui cara membuat pestisida organik dari jamur Trichoderma dan Beauveria untuk mengendalikan hama dan penyakit?	15	43	186
10	Apakah bapak mengetahui cara aplikasi pestisida organik dari jamur Trichoderma dan Beauveria untuk mengendalikan hama dan penyakit?	30	65	116

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai peserta setelah dilakukan kegiatan sosialisasi dan pelatihan pembuatan metabolit. Berdasarkan persentase peningkatan nilai tersebut, dapat dinyatakan bahwa materi yang disampaikan dapat diserap dengan sangat baik oleh peserta. Demikian pula berdasarkan analisis regresi terhadap nilai pre test dan post test, diketahui bahwa terjadi peningkatan nilai yang cukup signifikan seperti pada **Gambar 3**.



Gambar 4. Peningkatan Nilai Test Peserta

Pemahaman terhadap materi pendidikan dan pelatihan merupakan modal dasar dalam pengembangan produk biopestisida. Berdasarkan **Tabel 1** dan **Gambar 4**, tampak bahwa anggota gapoktan yang semula tidak memahami OPT baik pada tanaman hortikultura maupun tanaman pangan dan pengelolaannya menjadi lebih memahami pengetahuan tersebut. Peningkatan tersebut dapat diketahui dari aktivitas diskusi, yang direncanakan berlangsung 30 menit tetapi berubah menjadi lebih dari 1 jam. Pertanyaan umum yang diajukan adalah pengendalian hama dan penyakit baik pada tanaman buah maupun tanaman pangan yaitu padi dan jagung. Pertanyaan lain yang banyak muncul adalah agens hayati dan aplikasinya, karena selama ini petani belum mengetahui cara budidaya dan aplikasinya. Penjelasan terkait agens hayati dapat dipahami oleh peserta, sehingga hasil post test peserta menjadi lebih baik dibandingkan pre test. Untuk lebih memahami budidaya agens hayati dan aplikasinya, maka dilakukan pelatihan dan praktek budidaya agens hayati dan pembuatan biopestisida dan berbahan metabolit sekunder agens hayati (**Gambar 3**).

Praktek perbanyakan agens hayati *Trichoderma* sp. dan *Beauveria* sp. dilakukan secara oleh KWT Gapoktan Berkah Abadi (**Gambar 5**) setelah mengikuti kegiatan pelatihan. Hal ini menunjukkan bahwa peserta mampu menyerap ilmu dengan baik, dan mampu mempraktekannya secara mandiri. Praktek berjalan dengan lancar meskipun terkendala oleh kapasitas alat pengukus yang kecil, sehingga kegiatan dilakukan beberapa kali. Oleh karena itu, KWT akan memperbaikinya dengan menyediakan alat pengukus yang lebih besar, untuk mencapai produksi tinggi guna memenuhi kebutuhan agens hayati bagi anggota kelompok tani.



Gambar 5. Perbanyakan Agens Hayati *Trichoderma* sp. dan *Beauveria* sp.

Praktek aplikasi metabolit sekunder agens hayati telah dilakukan pada tanaman kopi yang terinfeksi oleh *Chepaleuros* sp (ganggang merah), penyebab penyakit karat merah. Aplikasi dilakukan dengan cara disemprotkan dengan dosis 1 mL/L. Penyemprotan dilakukan 2 kali seminggu secara merata pada permukaan atas dan bawah daun. Pemilihan teknik aplikasi, formulasi, dan waktu aplikasi yang tepat mampu memberikan hasil yang baik (Vermelho et al., 2024). Hal ini dibuktikan pada aplikasi metabolit pada tanaman kopi yang menunjukkan hasil positif, ditunjukkan dengan luruhnya ganggang merah (Gambar 6). Metabolit sekunder yang diaplikasikan mampu menghambat perkembangan *Chepaleuros* sp. dan bertindak sebagai elisitor ketahanan tanaman (Buddhika & Abeysinghe, 2020).



Gambar 6. Tanaman Kopi Terinfeksi *Cepaleuros* sp.. A. Sebelum Aplikasi Metabolit Sekunder; B. Setelah Aplikasi Metabolit Sekunder

KESIMPULAN

Kegiatan alih teknologi pembuatan metabolit sekunder secara sederhana dapat terlaksana dengan baik, Kelompok Tani Berkah Abadi mampu memahami OPT dan teknik pengendaliannya dengan baik. Ilmu yang diperoleh dalam kegiatan pelatihan telah diaplikasikan dalam perbanyakan agens hayati dan pembuatan metabolit sekunder. Aplikasi metabolite sekunder telah menunjukkan hasil yang signifikan. Permasalahan terkait penyakit karat merah dan teknologi pembuatan biopestisida pada Gapoktan Berkah Abadi sudah terselesaikan. Kegiatan berdampak positif terhadap ketrampilan anggota kelompok dalam teknologi sederhana pembuatan dan penyediaan biopestisida bagi tanaman. Kegiatan PKM ini sebaiknya terus dilanjutkan dan pengetahuan serta ketrampilan terkait teknologi sederhana pembuatan biopestisida dapat didesiminasi pada kelompok tani lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada lppm unsoed melalui pendanaan BLU program PKM IPTEKS dengan nomor kontrak 26.762/un23.35.5/pt.01/ii/2024. Terima kasih disampaikan juga kepada para penyuluh pertanian, mahasiswa, dan seluruh anggota Gapoktan Berkah Abadi yang telah berperan aktif dalam kegiatan pengabdian.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik, P. (2024). Kabupaten Purbalingga Dalam Angka 2024. In B. Purbalingga (Ed.), *Badan Pusat Statistik Kabupaten Purbalingga* (Vol. 41, Issue 1). Badan PUsat Statistik Kabupaten Purbalingga.

http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MEL_ESTARI

- Barra-Bucarei, L., Iglesias, A. F., González, M. G., Aguayo, G. S., Carrasco-Fernández, J., Castro, J. F., & Campos, J. O. (2020). Antifungal activity of *Beauveria bassiana* endophyte against *Botrytis cinerea* in two Solanaceae crops. *Microorganisms*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010065>
- Baysal-Gurel, F., Bika, R., Jennings, C., Palmer, C., & Simmons, T. (2020). Comparative performance of chemical and biological-based products in management of algal leaf spot on magnolia. *HortTechnology*, 30(6), 733–740. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04692-20>
- Buddhika, U. V. A., & Abeysinghe, S. (2020). Secondary Metabolites from Microbes for Plant Disease Management 15. In K. P. Singh, S. Jahagirdar, & B. K. Sarma (Eds.), *Emerging Trends in Plant Pathology* (pp. 1–844). <https://doi.org/10.1007/978-981-15-6275-4>
- Fabrice, D. H., Elie, D. A., Kobi, D. O., Valerien, Z. A., Thomas, H. A., Joëlle, T., Maurille, E. I. A. T., Denis, O. B., & Manuele, T. (2020). Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. *Journal of Cotton Research*, 3(24), 1–21.
- Huang, Y. C., Tsai, C. Y., & Wang, C. L. (2023). Host Invasion Type Is a Phylogenetically Conserved Characteristic of Cephaleuros. *Plant Disease*, 107(10), 3222–3229. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-22-2338-RE>
- Islam, S. M. N., Chowdhury, M. Z. H., Mim, M. F., Momtaz, M. B., & Islam, T. (2023). Biocontrol potential of native isolates of *Beauveria bassiana* against cotton leafworm *Spodoptera litura* (Fabricius). *Scientific Reports*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35415-x>
- Manan, A., Mugiastuti, E., & Soesanto, L. (2018). Kemampuan Campuran *Bacillus* sp., *Pseudomonas fluorescens*, dan *Trichoderma* sp. untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Tomat. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 14(2), 63. <https://doi.org/10.14692/jfi.14.2.63>
- Manan, A., Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R. F. (2024). Pendampingan Demplot Teknik Budidaya Bawang Merah pada Musim Hujan Secara Ramah Lingkungan. *Jurnal SOLMA*, 13(1), 452–459. <https://doi.org/10.22236/solma.v13i1.13551>
- Patrice, N. D. J., Bertrand, M. S., Alain, H., Norbert, K. T. W., Baba, A. D., Brice, T. T. D., Bouba, D., & Zachee, A. (2021). Characterization of Red Rust Disease Caused By *Cephaleuros Virescens* Kunze on Cashew Nutin Thesudano-Sahelian Ecological Zone of Cameroon. *Pakistan Journal of Phytopathology*, 33(1), 17–27. <https://doi.org/10.33866/PHYTOPATHOL.033.01.0634>
- Pedrini, N. (2022). The Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Shows Its Toxic Side within Insects: Expression of Genes Encoding Secondary Metabolites during Pathogenesis. *Journal of Fungi*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/jof8050488>
- Riyaz, M., Shah, R. A., & Sivasankaran, K. (2021). *Pesticide Residues: Impacts on Fauna and the Environment*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98379>
- Siahaan, P., Wongkar, J., Wowiling, S., & Mangais, R. (2021). Patogenisitas *Beauveria bassiana* (Bals.) Viull. yang Diisolasi dari Beberapa Jenis Inang Terhadap Kepik Hijau, *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). *Jurnal Ilmiah Sains*, 21(1), 26. <https://doi.org/10.35799/jis.21.1.2021.31172>
- Sinambela, B. R. (2024). Dampak Penggunaan Pestisida Dalam Kegiatan Pertanian Terhadap Lingkungan Hidup dan Kesehatan. *Jurnal Agrotek*, 8(2), 178–187. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v8i2.625>
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Khoeruriza. (2019). Granular formulation test of *Pseudomonas fluorescens* P60 for controlling bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) of tomato in planta. *Agrivita*, 41(3), 513–523. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i3.2318>
- Soesanto, L., Pradipta, C. N., & Mugiastuti, E. (2021). Raw Secondary Metabolites of Chitosan-enriched *Pseudomonas fluorescens* P60 to Control Corn Sheath Blight. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 13(1), 113–120. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v13i1.28775>

- Soesanto, L., Saputra, D. A., Wisnu, M., Sastyawan, R., Mugiastuti, E., Suprpto, A., & Rahayuniati, R. F. (2023). Secondary metabolites of the granular form of *Pseudomonas fluorescens* P60 and its applications to control tomato bacterial wilt. *Biodiversitas*, 24(4), 2475–2482. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240463>
- Vermelho, A. B., Moreira, J. V., Akamine, I. T., Cardoso, V. S., & Mansoldo, F. R. P. (2024). Agricultural Pest Management: The Role of Microorganisms in Biopesticides and Soil Bioremediation. *Plants*, 13(2762), 49p. <https://doi.org/10.3390/plants13192762>
- Wang, H., Peng, H., Li, W., Cheng, P., & Gong, M. (2021). The Toxins of *Beauveria bassiana* and the Strategies to Improve Their Virulence to Insects. *Frontiers in Microbiology*, 12(August), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.705343>