



BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL

CENDAWAN ENTOMOPATOGEN (CEP) UNTUK PENGENDALIAN HAMA PENTING KEDELAI DALAM Mendukung SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
KEPAKARAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN**



**OLEH:
YUSMANI**

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

**CENDAWAN ENTOMOPATOGEN (CEP)
UNTUK PENGENDALIAN HAMA PENTING
KEDELAI DALAM MENDUKUNG SISTEM
PERTANIAN BERKELANJUTAN**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan pertama pada 2024 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**CENDAWAN ENTOMOPATOGEN (CEP)
UNTUK PENGENDALIAN HAMA PENTING
KEDELAI DALAM MENDUKUNG SISTEM
PERTANIAN BERKELANJUTAN**

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN**

**OLEH:
YUSMANI**

Reviewer:

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Widiarta, M.Sc.

Prof. Dr. Ir. Elna Karmawati, M.S.

Prof. Dr. Ir. Trizelia, M.Si.

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2024 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Cendawan Entomopatogen (CEP) untuk Pengendalian Hama Penting Kedelai dalam Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan/Yusmani–Jakarta: Penerbit BRIN, 2024.

ix + 115 hlm.; 14,8 × 21 cm

ISBN 978-623-8372-79-9 (*e-book*)

- | | |
|---------------------------|------------------|
| 1. Pengendalian hama | 2. Kedelai |
| 3. Cendawan entomopatogen | 4. Berkelanjutan |

632.9

Copy Editor : Sarah Anindita
Proofreader : Rina Kamila & Martinus Helmiawan
Penata Isi : Rina Kamila
Desainer Sampul : S. Imam Setyawan & Rina Kamila
Edisi Pertama : Juni 2024






Diterbitkan oleh:

Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B. J. Habibie, Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: +62 811-1064-6770

E-mail: penerbit@brin.go.id

Website: penerbit.brin.go.id

 PenerbitBRIN
 @Penerbit_BRIN
 @penerbit.brin

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS	1
PRAKATA PENGUKUHAN	5
I. PENDAHULUAN.....	7
II. PERKEMBANGAN PENGENDALIAN HAYATI MENGUNAKAN CEP	11
A. Pra Tahun 1945.....	11
B. Pra Revolusi Hijau (1945-1970).....	12
C. Fase Krisis dan Bencana (1971-1986).....	13
D. Fase PHT (1987-2009).....	14
E. Fase Pertanian Organik (2010–Saat ini dan Kedepan)	16
III. STATUS PENELITIAN CEP SEBAGAI PENGENDALI HAMA PENTING KEDELAI.....	19
A. Status Hama Kedelai di Indonesia.....	19
B. Teknologi CEP untuk Pengendalian Hama Penting Kedelai	20
IV. TEKNOLOGI INOVATIF CEP SEBAGAI PENGENDALI HAMA PENTING KEDELAI.....	35
A. Invensi dan Keunggulan Paten Biopestisida CEP.....	35
B. Inovasi Biopestisida CEP	41
V. POTENSI, TANTANGAN, DAN PELUANG SERTA ARAH DAN STRATEGI PENGEMBANGAN CEP	45
A. Potensi CEP sebagai Biopestisida	45
B. Tantangan dan Peluang Implementasi Biopestisida CEP	50
C. Arah dan Strategi Implementasi Biopestisida CEP.....	51
VI. KESIMPULAN	53
VII. PENUTUP.....	55

UCAPAN TERIMA KASIH	57
DAFTAR PUSTAKA.....	61
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	81
DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA.....	97
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Dendrogram pengelompokan 37 isolat CEP <i>L. lecanii</i> berdasarkan karakter fisiologi.	24
Gambar 3.2	Proses inokulasi, penetrasi, infeksi, dan kolonisasi cendawan <i>L. lecanii</i> pada permukaan korion telur <i>R. linearis</i>	27
Gambar 3.3	Telur <i>R. linearis</i> terkolonisasi cendawan <i>L. lecanii</i> yang gagal menetas.	28
Gambar 3.4	<i>R. linearis</i> nimfa instar II gagal ganti kulit (<i>moulting</i>) setelah terinfeksi cendawan <i>L. lecanii</i> pada stadia telur	29
Gambar 3.5	Tungkai, torak, dan seluruh tubuh imago kepik cokelat (<i>R. linearis</i>) yang terinfeksi CEP <i>L. lecanii</i>	29
Gambar 3.6	Imago kepik cokelat (<i>R. linearis</i>) yang terinfeksi dan terkolonisasi CEP <i>B. bassiana</i>	30
Gambar 3.7	Kelimpahan predator generalis pada teknologi budi daya kedelai non-pestisida kimia (BUDENOPI).....	33
Gambar 4.1	Produk biopestisida Bio-Lec dan BeBas yang mengandung bahan aktif konidia CEP <i>L. lecanii</i> dan <i>B. bassiana</i> , toksik terhadap kepik cokelat dan hama penting lainnya.	36
Gambar 4.2	Mortal-B formulasi biopestisida mengandung konidia CEP <i>A. aleyrodis</i> , toksik untuk membunuh kutu kebul (<i>B. tabaci</i>), kepik cokelat, dan hama penting lainnya.....	36
Gambar 5.1	Ovisidal tiga jenis biopestisida (Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B) pada tiga jenis telur hama penting kedelai.....	46
Gambar 5.2	Kemampuan parasitasi CEP <i>L. lecanii</i> pada tiga jenis spora penyakit daun kedelai <i>P. pachyrhizi</i> , <i>P. mansyurica</i> , dan <i>M. diffusa</i>	47
Gambar 5.3	Penyakit karat (<i>P. pachyrhizi</i>), <i>powdery mildew</i> (<i>M. diffusa</i>), dan <i>downy mildew</i> (<i>P. mansyurica</i>) pada kedelai dan mikoparasitisme konidia CEP <i>L. lecanii</i> pada spora penyakit obligata.	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jenis cendawan entomopatogen yang berasosiasi dengan serangga hama21
-----------	--

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BIODATA RINGKAS



Yusmani Prayogo (Yusmani), dilahirkan di Trenggalek pada tanggal 3 Maret 1963 merupakan anak kelima dari Bapak Piranata (Alm.) dan Ibu Juminah. Menikah dengan Leni Mas'udah pada tahun 1997 dan dikaruniai seorang putri Shashabilla Ajeng Prayogo dan seorang putra Muhammad Pandhu Prayogo.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 33/M Tahun 2022, tanggal 23 Agustus 2022 diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama IV/c di lingkungan Badan Riset dan Inovasi Nasional mulai 24 Agustus 2022.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Nomor 136/I/HK/2024, tanggal 10 Mei 2024 tentang Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan orasi Pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Negeri Watulimo di Trenggalek, tahun 1976, Sekolah Menengah Pertama Watulimo di Trenggalek, tahun 1981, dan Sekolah Pertanian Pembangunan-Sekolah Pertanian Menengah Atas di Tulungagung, tahun 1984. Memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Universitas Wisnuwardhana, Malang, tahun 1994, gelar Magister pada Program Studi Entomologi/Fitopatologi di Institut Pertanian

Bogor (IPB) tahun 2004, dan gelar Doktor pada Program Studi Entomologi/Fitopatologi di IPB, tahun 2009.

Mengikuti pelatihan terkait dengan bidang kompetensi, yaitu Pelatihan Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan tentang Teknik Laboratorium Biomol di IPB Bogor (2000) dan Analysis of Aflatoxin B1 Peanuts di Biotrop Bogor (2002).

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kasie Pelayanan Teknis tahun 2010–2017 di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Balitbangtan. Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Peneliti Ahli Pertama tahun 2022, Peneliti Ahli Madya tahun 2009, dan memperoleh jabatan Peneliti Ahli Utama bidang Entomologi tahun 2014.

Menghasilkan 124 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 27 KTI ditulis dalam bahasa Inggris.

Ikut serta daam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing skripsi (S-1), pembimbing (S-2), dan pembimbing disertasi (S-3) di berbagai Perguruan Tinggi, yaitu Institut Pertanian Bogor, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Universitas Negeri Surabaya, Universitas Negeri Malang, Universitas Islam Negeri Malang, Universitas Negeri Jember, dan Universitas Brawijaya Malang.

Aktif dalam profesi kegiatan ilmiah, yaitu Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI), Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI), Perhimpunan Periset Indonesia (PPI), dan

Komunitas Pertanian Terpadu Lestari Mandiri Indonesia (KPTLMI) mulai 2018– sekarang.

Patent yang dihasilkan adalah “BioLec” (Formulasi biopestisida cendawan entomopatogen [CEP] *Lecanicillium lecanii* untuk pengendalian pengisap polong), nomor IDP000039195; Be-Bas (Formulasi biopestisida CEP *Beauveria bassiana* untuk pengendalian hama pengisap polong dan berbagai jenis hama penting lainnya), nomor P00201605992; dan Mortal-B (Formulasi biopestisida CEP *Aschersonia aleyrodis* untuk mengendalikan hama kutu kebul dan hama penting lainnya), nomor P00201805983.

Menerima tanda penghargaan Peneliti Muda Berprestasi (2011) dari Bapak Menteri Pertanian RI (Dr. Suswono) tahun 2011 dan piagam penghargaan “Anugerah Kekayaan Intelektual 2017 untuk kategori WIPO Medal for Inventors” dari Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual (Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia RI), serta Satyalancana Karya Satya XXX tahun (2023) dari Presiden RI.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Assalaamu 'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua.

Shalom, Om Swastyastu, Namu Budhaya.

Salam kebajikan.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia, yang terhormat Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama saya mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah Swt., atas segala rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga kita dapat berkumpul bersama-sama dalam acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Berdasarkan latar belakang ilmu dan riset yang saya tekuni, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya pada tanggal 26 Juni 2024 untuk menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

“CENDAWAN ENTOMOPATOGEN UNTUK
PENGENDALIAN HAMA PENTING KEDELAI DALAM
MENDUKUNG SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN”

Pada orasi ini, akan disampaikan *state of the art* tentang perkembangan, peluang, dan tantangan penelitian optimasi pemanfaatan sumber keanekaragaman hayati dari berbagai jenis isolat cendawan entomopatogen (CEP) di Indonesia yang berlimpah. CEP dapat dieksplorasi dan diformulasikan serta diimplementasikan sebagai calon biopestisida prospektif untuk pengendalian hama yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan. Hasil invensi dari isolat CEP yang virulen berpotensi tinggi menjadi inovasi teknologi baru sebagai alternatif efikasi pestisida sintetik dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

Orasi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman dan pembelajaran yang berharga dari berbagai kelebihan dan keunggulan adopsi inovasi teknologi biopestisida CEP untuk pengendalian hama. Dengan demikian, pemerintah diharapkan dapat menerapkan berbagai regulasi dan bersinergi dengan beberapa pihak terkait untuk mendukung tercapainya target sistem produksi pangan berkelanjutan (*sustainable food production*), yang selalu mengutamakan kelestarian lingkungan (*go green*), dan diprediksi akan terealisasi pada tahun 2030.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan kedelai di Indonesia cukup tinggi, dengan jumlah penduduk sekitar 270 juta jiwa, sehingga membutuhkan kedelai hingga mencapai 2,77 juta ton/tahun (Badan Pusat Statistik [BPS], 2023; Nugraha, 2023). Sementara itu, produktivitas kedelai dalam negeri hanya mampu memenuhi 40%, sedangkan 60% harus impor (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian [Pusdatim], 2020). Salah satu penyebab rendahnya produksi kedelai tersebut disebabkan oleh adanya serangan beberapa jenis hama. Terdapat sekitar 16–28 jenis serangga hama yang berasosiasi dengan tanaman kedelai, mulai dari fase awal pertumbuhan hingga menjelang panen (Tengkano & Soehardjan, 1985). Fase awal pertumbuhan hingga vegetatif ditemukan hama, seperti lalat kacang (*Ophiomyia phaseoli*), penggerek batang (*Melanagromyza sojae*) dan penggerek pucuk (*M. dolichostigma*), pemakan daun (*Spodoptera litura*), dan kutu kebul (*Bemisia tabaci*).

Fase generatif hingga menjelang panen terdapat hama pengisap polong, terdiri dari kepik cokelat (*Riptortus linearis*), kepik hijau (*Nezara viridula*), kepik hijau pucat (*Piezodorus hybneri*), dan penggerek polong (*Etiella zinckenella*) (Tengkano et al., 2005). Di antara sekian banyak jenis hama di atas, terdapat beberapa jenis yang termasuk hama penting karena luas serangannya terdapat di seluruh sentra produksi kedelai di Indonesia (Tengkano et al., 2007). Selain itu, tingkat kerusakan

yang ditimbulkan dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga mencapai 80% bahkan gagal panen (Arifin & Tengkan, 2008). Sementara itu, teknologi pengendalian hama kedelai yang diandalkan petani hanya insektisida sintetik (Arifin et al., 2010). Namun, tidak disadari bahwa aplikasi insektisida secara intensif memicu terjadinya resistensi, resurgensi, dan munculnya *strain*/biotipe baru yang lebih toleran (Debach, 1973).

Hasil riset membuktikan bahwa agens hayati dari cendawan entomopatogen (CEP) dinyatakan dapat menghambat terjadinya resistensi dan resurgensi (Mantzoukas & Eliopoulos, 2020). Dari hasil riset di Indonesia, diperoleh beberapa jenis CEP yang dapat menginfeksi dan membunuh berbagai jenis hama kedelai, yaitu *Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, dan *Aschersonia aleyrodis* (Prayogo, 2012a; Prayogo, 2012c). Informasi kejadian penyakit (*disease incidence*) pada beberapa jenis hama kedelai tersebut menjadi temuan baru sebagai invensi di bidang patologi serangga untuk dikaji peran dan fungsi serta pemanfaatannya secara optimal. Isolat CEP yang sudah diperoleh selanjutnya diuji virulensi, konsentrasi, formulasi, hingga perolehan paten sebagai biopestisida untuk pengendalian hama (Prayogo & Tengkan, 2002b; Prayogo & Tengkan, 2004; Prayogo, 2013a).

Ketiga invensi CEP tersebut dinyatakan memiliki efikasi yang tinggi dalam membunuh berbagai stadia serangga, mulai dari telur, nimfa, hingga imago pada beberapa jenis hama penting tanaman kedelai (Prayogo, 2012d; Prayogo, 2012e). Keunggulan dari CEP dapat menjamin produk yang dihasilkan lebih organik sehingga kaya nutrisi dan harga yang diperoleh jauh lebih mahal

dibandingkan produk konvensional (Bayu et al., 2021a). CEP juga bersifat kosmopolit sehingga mudah dieksplorasi di berbagai lokasi (Prayogo, 2006a; Prayogo, 2006b; Prayogo, 2006c) dan mudah dikembangkan secara massal (Prayogo & Tengkan, 2002c). CEP lebih ramah lingkungan jika dibandingkan pestisida sintetik karena dapat mempertahankan kelangsungan hidup beberapa jenis serangga berguna (Prayogo et al., 2005; Bayu & Prayogo, 2014a). Keunggulan lain dari CEP, yaitu dapat diintegrasikan dengan teknologi pengendalian yang lain, seperti varietas tahan dan pestisida nabati sehingga agens hayati CEP sangat mendukung keberhasilan pengendalian hama terpadu (PHT). Oleh karena itu, invensi CEP yang sudah diperoleh berpotensi besar sebagai alternatif pengganti insektisida sintetik untuk agens pengendalian hayati hama penting kedelai (Prayogo & Tengkan, 2002d; Prayogo et al., 2004).

Rekam jejak penelitian dimulai dari perkembangan pengendalian hayati, kemudian diperolehnya beberapa isolat CEP yang virulen sebagai invensi untuk diformulasi dan diuji efikasi serta dampak keamanan lingkungan hingga diperolehnya tiga produk paten biopestisida yang menghasilkan Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B yang kemudian disajikan pada naskah orasi ini. Produk paten biopestisida CEP tersebut menjadi inovasi baru untuk teknologi pengendalian hama penting kedelai dan hama lainnya yang ramah lingkungan untuk menggantikan pestisida sintetik yang sangat dibutuhkan pengguna (*user*) dan sesuai untuk mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

II. PERKEMBANGAN PENGENDALIAN HAYATI MENGGUNAKAN CENDAWAN ENTOMOPATOGEN (CEP)

Pengendalian hama secara hayati lebih identik dengan pemanfaatan musuh alami, seperti dari kelompok parasitoid, predator, dan patogen serangga yang berfungsi menekan perkembangan populasi hama hingga di bawah ambang kerusakan. Pengendalian hayati (PH) menggunakan CEP telah dirintis sebelum revolusi hijau dengan dinamika sebagai berikut.

A. Pra-Tahun 1945

CEP ditemukan pertama kali oleh ilmuwan dari Italia bernama Agostino Bassi pada abad ke-19. Pada waktu itu, Bassi menemukan cendawan entomopatogen menginfeksi ulat sutra (*Bombyx mori* L.) yang disebut penyakit *muscardine*. Setelah melakukan riset selama 30 tahun, cendawan tersebut diberi nama *Beauveria bassiana* (Janakiraman, 1961). Sementara itu, Mechnikov juga menemukan cendawan entomopatogen yang menginfeksi serangga dari ordo Coleoptera. Cendawan tersebut diberi nama *Entomophthora anisoliae* (Latch, 1965), tetapi akhirnya cendawan tersebut diubah namanya menjadi *Metarhizium anisopliae* (Zimmermann et al., 1995).

Pada periode waktu yang sama, Zimmermann menemukan cendawan yang menginfeksi kutu kebul (*Bemisia tabaci*) yang diberi nama *Cephalosporium lecanii* (Gams, 1971). Namun,

Viegas mengubah nama dari *C. lecanii* menjadi *Verticillium lecanii*. Sementara itu, dengan pesatnya perkembangan bidang mikrobiologi, Viegas melakukan karakterisasi berdasarkan karakter molekuler sehingga nama cendawan tersebut direvisi menjadi *Lecanicillium lecanii* (Kouvelis *et al.*, 2004). Informasi diperolehnya berbagai isolat cendawan entomopatogen yang menginfeksi dan membunuh berbagai jenis serangga oleh berbagai peneliti tedahulu menjadi bukti nyata bahwa CEP dapat berkembang secara epizootik di alam. Namun, pemanfaatan CEP secara intensif sebagai agens pengendalian hayati belum banyak dilaporkan. Sementara itu, beberapa hasil temuan menunjukkan bahwa CEP *L. lecanii*, *B. bassiana*, dan *Aschersonia aleyrodis* sangat toksik dalam membunuh *B. tabaci* dan menyebabkan epizotik di berbagai lokasi (Tantawizal & Prayogo, 2012).

B. Pra-Revolusi Hijau (1945–1970)

Pemanfatan CEP untuk PH di Indonesia sudah mulai dirintis sebelum revolusi hijau, yaitu aplikasi CEP *B. bassiana* untuk pengendalian hama penggerek buah kopi (PBK) *Hypothenemus hampei* (Sembel *et al.*, 1993). Pada waktu itu, pemerintah juga gencar dan konsentrasi penuh pada program bimbingan massal (Bimas) dengan Panca Usaha Tani sehingga pengendalian hama dan penyakit lebih mengutamakan efikasi pestisida organik sintetik. Bahkan eksploitasi pestisida organik sintetik dilakukan secara berlebihan, juga didukung dengan adanya penemuan pestisida sintetik, mulai dari DDT (diklorodifeniltrikloroetana/dichlorodiphenyltrichloroethane, disusul adanya introduksi beberapa jenis insektisida berbahan aktif organoklorin,

Buku ini tidak diperjualbelikan.

organofosfat, dan karbamat (Urs et al., 1967). Program ini memang terbukti efektif dan dapat meningkatkan hasil panen. Namun, dampak negatif program ini tidak disadari sampai terjadinya resisten, resurjen pestisida, dan malapetaka akibat penggunaan pestisida sintetik yang tidak rasional di berbagai negeri. Kejadian ini tidak hanya pada padi, tetapi juga pada kedelai (Rudd, 1964; Chandler, 1968; Tengkanan et al., 1992; Heinrich, 1994).

C. Fase Krisis dan Bencana (1971–1986)

Revolusi hijau merupakan upaya modernisasi budaya pertanian bagi negara berkembang dengan menerapkan pupuk buatan, pestisida, bibit unggul, dan peralatan pertanian modern dengan tujuan meningkatkan produktivitas guna memenuhi kebutuhan pangan. Pada periode tersebut, eksploitasi pestisida sintetik berlangsung selama beberapa tahun. Sementara itu, petani berupaya meningkatkan dosis dan frekuensi aplikasi pestisida sintetik, seperti kasus yang terjadi pada peledakan hama wereng coklat di negara produsen beras di Asia (Dyck & Thomas, 1979; Purnomo, 2015).

PH hampir dilupakan ketika produksi pestisida sintetik sudah mencapai ribuan merek dagang di seluruh dunia. Dengan demikian, penggunaan pestisida sintetik semakin intensif. Bahkan, untuk menyelamatkan hasil panen, petani mencampur berbagai jenis bahan aktif sebagai sarana untuk membasmi hama. Pada kondisi ini, seluruh populasi hama yang ada menjadi mati sehingga musuh alami yang tersisa tidak memiliki mangsa

yang dapat digunakan sebagai sumber makanan. Akhirnya muncul krisis dan berbagai bencana, antara lain, resistensi, resurgensi hama, perubahan status hama sekunder menjadi hama utama, serta residu insektisida sintetik pada tanaman ataupun lingkungan (Ohsawa *et al.*, 1985).

D. Fase Pengendalian Hama Terpadu (PHT) (1987–2009)

Eksplotasi pestisida sintetik selama fase revolusi hijau menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti punahnya keragaman hayati yang berfungsi sebagai musuh alami, pencemaran sumber air ataupun lingkungan, serta keracunan. Pada kondisi tersebut, pemerintah mulai memikirkan program pengendalian hama yang didasarkan pada prinsip ekologis dan ekonomis dengan mengedepankan peran musuh alami yang dikenal dengan Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Kegiatan PHT dikembangkan pada tahun 1989 dengan hasil cukup meyakinkan sehingga program tersebut diakui oleh dunia internasional. Keberhasilan kegiatan PHT didukung dengan terbitnya Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 3/1986 yang melarang penggunaan 57 jenis formulasi pestisida kimia (Untung, 2019).

Tindak lanjut Inpres Nomor 3/1986 mendapatkan bantuan dana internasional yang berasal dari pemerintah Belanda, Amerika Serikat, dan Bank Dunia. Kemudian, pemerintah menyelenggarakan kegiatan Sekolah Lapang PHT (SLPHT). Kegiatan SLPHT berlangsung selama periode 1989–1999 dengan melatih ≥ 1 juta petani, terutama untuk tanaman padi

dan tanaman pangan lainnya. Prinsip yang dikembangkan dalam SLPHT, yaitu (1) budidaya tanaman sehat, (2) pelestarian dan pemanfaatan musuh alami, (3) pengamatan mingguan, dan (4) petani sebagai ahli PHT (Untung, 2000). Dalam konsep PHT tersebut, optimalisasi peran musuh alami menjadi salah satu komponen pengendalian untuk menurunkan populasi hama hingga di bawah nilai ambang ekonomi.

Informasi potensi CEP *B. bassiana* dan *M. anisopliae* yang dapat membunuh hama kepik hijau (*Nezara viridula*) pada tanaman kedelai pernah dilaporkan oleh Soesanto dan Darsam (1993). Selanjutnya, CEP *B. bassiana* dan *M. anisopliae* juga dilaporkan mampu menginfeksi dan membunuh kepik hijau dengan mortalitas di atas 50% (Mujiono & Tarjoko, 1993). Namun, pemanfaatan CEP sebagai komponen PHT untuk pengendalian hama kedelai juga belum banyak diimplementasikan karena jumlah pakar patologi serangga, khususnya bidang CEP di Indonesia, masih sangat terbatas (Santoso, 1993; Sumartini et al., 2021). Sementara itu, seiring berjalannya waktu, CEP baru digunakan sebagai salah satu komponen PHT kedelai di Lampung pada tahun 2003 (Tengkano et al., 2005).

Pengembangan CEP makin mendapat perhatian semenjak diperolehnya isolat *Verticillium = Lecanicillium lecanii* pada bangkai (*cadaver*) pengisap polong kedelai (*R. linearis*) dan bangkai serangga *Spodoptera litura* yang terbunuh oleh CEP *Metarhizium anisopliae* secara epizootik di berbagai lokasi (Prayogo, 2005a; Prayogo, 2005c). Pemanfaatan CEP sebagai agens pengendalian hama semakin mapan (*establish*) dan

diperhitungkan sebagai salah satu komponen PHT kedelai (Baliadi et al., 2008). Ditambah lagi dengan adanya berbagai program **Kementerian Pertanian** melalui UPSUS (upaya khusus), seperti PAT (Perluasan Areal Tanam) kedelai dan berbagai gelar teknologi pengembangan teknologi budidaya kedelai untuk meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani serta tercapainya swasembada (Busyra, 2018; Prayogo et al., 2023a).

E. Fase Pertanian Organik (2010–Saat Ini dan Kedepan)

Memasuki abad ke-21, masyarakat mulai menyadari bahaya akibat pemakaian pestisida sintetik yang tidak hanya membunuh hama sasaran, tetapi juga membunuh hampir seluruh artropoda yang ada, termasuk musuh alami (Indiati et al., 2021a). Dampak negatif yang sangat membahayakan adalah paparan residu pada hasil produk, pencemaran sumber air ataupun udara, dan dapat meracuni binatang ternak, piaraan, serta manusia. Untuk mengatasi masalah tersebut, praktik pertanian organik dengan mengedepankan CEP sebagai senjata utama dalam mengatasi serangan hama merupakan salah satu bentuk penerapan konsep pertanian berkelanjutan (*sustainable development*) yang mengacu pada pembangunan berkelanjutan (*sustainable development goal*) SDG-2 FAO atau Sustainable Development Goals Food and Agriculture Organization.

Tujuan utama dari SDG-2 FAO, yaitu mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan dan gizi yang baik, serta meningkatkan pertanian berkelanjutan (Gil et al., 2019). Untuk mencapai tujuan utama dari program SDG-2 FAO, diperlukan

penyediaan sumber makanan dalam jumlah yang cukup dan proses produksinya harus dalam kondisi lingkungan yang sehat dan bergizi untuk mencapai ketahanan pangan (Popkin, 2014). Dengan demikian, praktik budi daya yang diterapkan, dipastikan mampu menjamin hasil panen lebih organik dengan kualitas nutrisi tinggi sehingga aman dikonsumsi (*food safety*) dan ramah lingkungan (*eco-friendly*). Pada situasi tersebut, biopestisida CEP sebagai inovasi teknologi pengendalian hama menjadi pilihan utama yang dapat diandalkan di saat sekarang dan ke depan.

Penderasan inovasi teknologi CEP untuk pengendalian hama penting kedelai dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan sudah diimplementasikan di berbagai gelar teknologi dalam bentuk demplot ataupun demfarm dengan luasan hingga 50 hektar (Prayogo et al., 2021a). Bahkan, pemanfaatan inovasi teknologi CEP sebagai biopestisida untuk menggantikan pestisida sintetik sudah diterapkan, tidak hanya terbatas pada tanaman kedelai, tetapi juga berkembang untuk komoditas pangan lain (Bayu & Prayogo, 2018; Prayogo & Bayu, 2019; Prayogo & Bayu, 2020b; Prayogo & Bayu, 2020c). Implementasi CEP ke depan makin berkembang pesat seiring dengan tingginya permintaan sumber pangan sehat dan bebas residu kimia dari hasil budi daya melalui konsep organik ataupun untuk memenuhi permintaan produk pasar ekspor dengan syarat utama, yaitu produk harus bebas paparan residu pestisida kimia (Yulianto, 2020; Prayogo et al., 2021b).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

III. STATUS PENELITIAN CENDAWAN ENTOMOPATOGEN (CEP) SEBAGAI PENGENDALI HAMA PENTING KEDELAI

Hama merupakan salah satu faktor pembatas dalam upaya peningkatan produktivitas kedelai di Indonesia. Pada umumnya, sebagian besar hama yang berasosiasi dengan tanaman kedelai di Indonesia hanya menyerang pada salah satu fase pertumbuhan, yaitu pada fase vegetatif atau fase generatif. Namun, ada beberapa jenis hama yang dapat menyerang pada hampir seluruh fase perkembangan tanaman sehingga status keberadaan hama tersebut perlu diperhatikan dan mendapat tindakan pengendalian.

A. Status Hama Kedelai di Indonesia

Terdapat minimal sekitar 16 atau lebih jenis hama yang menyerang tanaman kedelai mulai dari awal pertumbuhan hingga menjelang panen (Marwoto, 2006). Namun, hanya ada sekitar empat jenis hama yang berstatus sebagai hama penting karena keberadaan dan tingkat kerusakan yang ditimbulkannya (Bayu et al., 2021b). Hama tersebut adalah pengisap polong yang disebabkan oleh kepik cokelat (*Riptortus linearis*) dan kepik hijau (*Nezara viridula*), penggerek polong (*Etiella zinckenella*), dan kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Prayogo, 2012b).

Distribusi empat jenis hama penting kedelai tersebut tersebar luas hampir di seluruh sentra produksi di Indonesia dan

dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 80% (Indiati et al., 2021a; Krisnawati & Adie, 2018; Krisnawati et al., 2023). Meskipun begitu, tingkat kerusakannya sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan karakter morfologi (Bayu et al., 2021b; Susanto et al., 2023). Kondisi biji yang sudah terindikasi rusak, ditandai dengan luka bekas tusukan dari serangan hama pengisap, maka secara kualitas dan kuantitas, kandungan biji sangat rendah (Harnowo & Prayogo, 2023). Oleh karena itu, inovasi teknologi pengendalian terhadap hama penting sangat diperlukan (Prayogo & Bayu, 2018; Schutze et al., 2022).

B. Teknologi CEP untuk Pengendalian Hama Penting Kedelai

Berbagai upaya penelitian untuk menciptakan inovasi teknologi pengendalian hama kedelai dikaji lebih serius, terutama pengendalian hama yang lebih bersifat ramah lingkungan (Prayogo & Suharsono, 2005a; Prayogo & Suharsono, 2005b). Penelitian menjadi lebih intensif setelah ditemukan dan teridentifikasinya berbagai ragam dan sebaran isolat CEP yang menginfeksi dan membunuh hama penting kedelai di Provinsi Lampung dan Jawa Timur dengan kondisi epizootik (Prayogo, 2006a; Prayogo, 2006b; Prayogo, 2006c). Isolat CEP sebagai agens hayati di alam cukup berlimpah sehingga dapat diperoleh dengan mudah dan selanjutnya dapat dimanfaatkan secara optimal (Ibrahim et al., 2022) melalui serangkaian tahapan penelitian sebagai berikut.

1. Eksplorasi dan Produksi Massal

CEP yang berasosiasi dengan serangga dan dapat menyebabkan penyakit hingga kematian serangga, terdiri dari ordo Deuteromycetes, Oomycetes, Zygomycetes, Pyrenomycetes, Laboulbeniomycetes, Basidiomycetes, Basidiobolomycetes, Neozytomycetes, dan Entomophthoromycetes (Tabel 1.1) (Tanada & Kaya, 1993). Dari sembilan ordo yang ada, diketahui hanya dua ordo, yaitu Deuteromycetes dan Entomophthoromycetes, yang memiliki genus dan spesies lebih luas sehingga banyak dimanfaatkan sebagai biopestisida untuk agens pengendalian hayati berbagai jenis hama tanaman pangan, hortikultura, ataupun perkebunan.

Tabel 1.1 Jenis cendawan entomopatogen yang berasosiasi dengan serangga hama.

Kelas	Genus	Serangga Inang
Oomycetes	<i>Leptolegnia</i>	Diptera, Lepidoptera
	<i>Lagenidium</i>	Diptera, Lepidoptera
Pyrenomycetes	<i>Cordyceps</i>	Coleoptera, Diptera, Hymenoptera
Laboulbeniomycetes	<i>Laboulbenia</i>	Acarina, Coleoptera, Hymenoptera,
Basidiomycetes	<i>Septobasidium</i>	Homoptera, Hemiptera
Basidiobolomycetes	<i>Basidiobolus</i>	Diptera, Homoptera, Hemiptera, Lepidoptera
Neozygitomycetes	<i>Neozygites</i>	Homoptera, Hemiptera

Kelas	Genus	Serangga Inang
Entomophthoromycetes	<i>Entomophthora</i>	Diptera, Lepidoptera, Coleoptera
	<i>Entomophaga</i>	Coleoptera, Lepidoptera
	<i>Massospora</i>	Hemiptera, Homoptera
	<i>Pandora</i>	Homoptera, Hemiptera
	<i>Erynia</i>	Diptera, Lepidoptera
	<i>Conidiobolus</i>	Lepidoptera, Orthoptera,
Deuteromycetes	<i>Aschersonia</i>	Homoptera, Hemiptera
	<i>Beauveria</i>	Coleoptera, Diptera, Homoptera, Hemiptera, Isoptera, Lepidoptera Orthoptera dll.
	<i>Hirsutella</i>	Homoptera, Hemiptera
	<i>Metarhizium</i>	Coleoptera, Diptera, Homoptera, Hemiptera, Isoptera, Lepidoptera. Orthoptera dll.
	<i>Verticillium = (Lecanicillium)</i>	Coleoptera, Diptera, Homoptera, Hemiptera, Isoptera, Lepidoptera
	<i>Nomuraea</i>	Coleoptera, Diptera, Lepidoptera
	<i>Paecilomyces</i>	Diptera, Hemiptera, Homoptera, Lepidoptera

Sumber: Tanada dan Kaya (1993).

CEP bersifat kosmopolit sehingga dapat dieksplorasi dengan mudah untuk memperoleh isolat CEP yang virulen. Kegiatan eksplorasi dapat dilakukan melalui beberapa metode, yaitu (1)

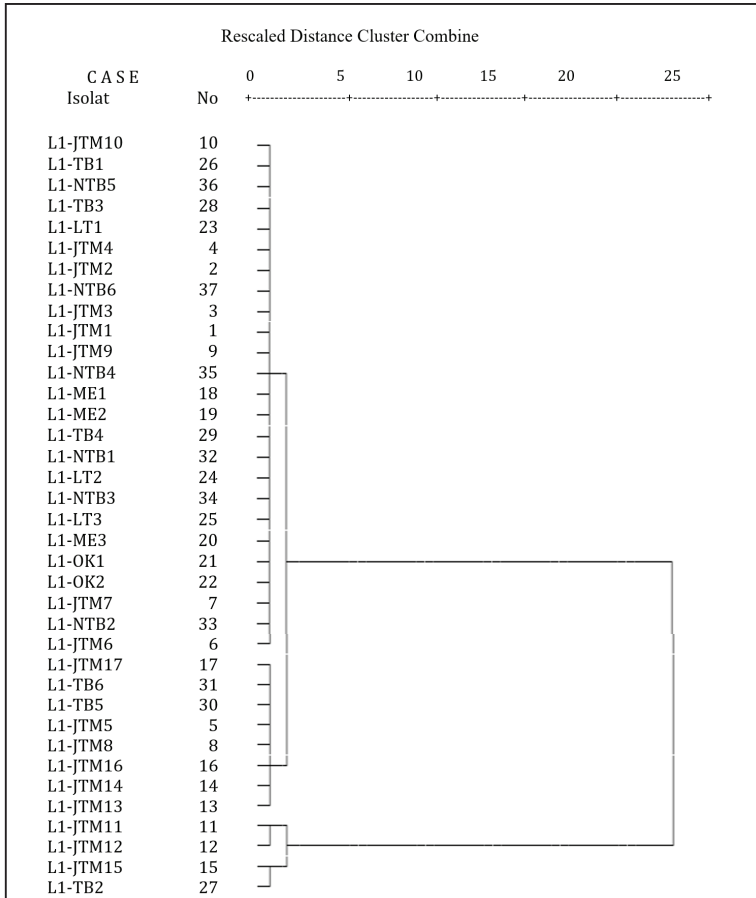
Buku ini tidak diperjualbelikan.

isolasi dari serangga mati (*cadaver*) terkolonisasi cendawan, (2) permukaan tanah (*top soil*), (3) metode pengumpanan serangga (*insect baiting*), dan (4) di dalam jaringan tanaman (Zimmermann, 1998; Baron & Rigobelo, 2021). Kegiatan eksplorasi bertujuan untuk memperoleh isolat CEP yang virulen dan patogenik sehingga isolat yang diperoleh mempunyai potensi tinggi sebagai calon biopestisida untuk pengendalian hama. Isolasi umumnya menggunakan media tumbuh *potato dextrose agar* (PDA) atau media tumbuh selektif, seperti *sabouraud dextrose agar* (SDA), yang diperkaya dengan *chitosan* atau *chitin*. Identifikasi dan karakterisasi isolat CEP yang diperoleh berdasarkan karakter morfologi dan fisiologi cendawan menggunakan referensi kunci determinasi.

Hasil eksplorasi mengindikasikan bahwa tiap isolat CEP mempunyai virulensi dan keragaman intraspecies yang ditentukan oleh serangga inang dan geografis (Prayogo et al., 2008a; Prayogo, 2010a; Prayogo, 2013a; Prayogo, 2014b) (Gambar 3.1). Isolat CEP *L. lecanii* yang virulen memiliki karakter koloni tumbuh lebih cepat membentuk *wholly*, mempunyai kemampuan memproduksi konidia lebih banyak, ukuran konidia lebih besar mencapai $6,5 \times 2,5$, serta konidia mempunyai kemampuan daya kecambah di atas 95% dalam rentang waktu kurang dari 12 jam setelah diinkubasi di dalam air. Isolat CEP yang memiliki karakter kurang virulen dan kurang patogenik masih mempunyai potensi dapat ditingkatkan efikasinya dalam membunuh serangga target, yaitu dengan menumbuhkannya pada media yang diperkaya dengan senyawa *chitin* atau *chitosan* (Prayogo & Tengkanu 2002a; Prayogo et

Buku ini tidak diperjualbelikan.

al., 2011; Prayogo et al., 2017). Kondisi ini disebabkan enzim kitinase dan protease sebagai pendegradasi dinding integumen serangga inang yang dibentuk dari kitin (Rohman *et al.*, 2017; Saputro *et al.*, 2019).



Sumber: Prayogo (2013)

Gambar 3.1 Dendrogram pengelompokan 37 isolat CEP *L. lecanii* berdasarkan karakter fisiologi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

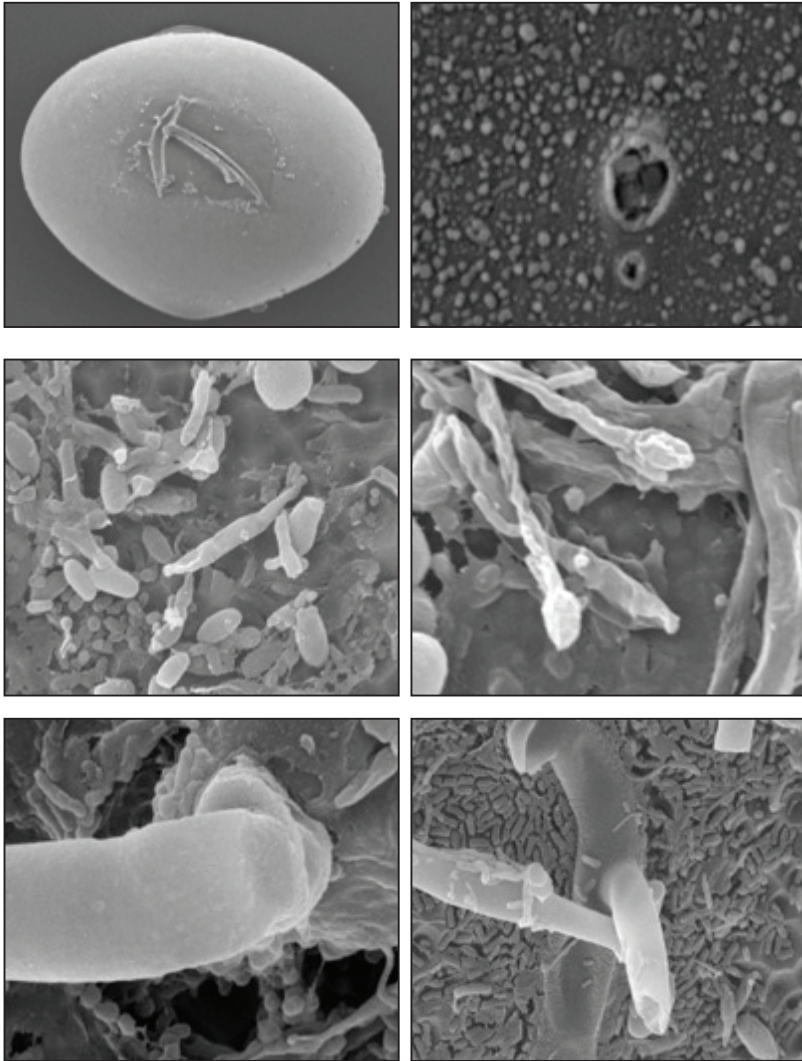
2. Mekanisme Kerja (*Mode of Action*) CEP

Proses infeksi CEP secara umum pada permukaan tubuh inang dapat berlangsung melalui dua fase, yaitu secara parasit dan saprofit. Organ infeksi dari CEP sebagai agens biopestisida, yaitu konidia yang umumnya diformulasikan dalam bentuk tepung (*powder*) atau cair (*liquid*). Kedua jenis formulasi, baik formulasi tepung maupun cair mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Sebagian besar konidia dari CEP bersifat hidrofilik, yaitu dapat menyatu dengan air, tetapi untuk konidia dari CEP *B. bassiana* bersifat hidrofobik. Konidia yang bersifat hidrofobik pada waktu sebelum aplikasi harus ditambahkan *emulsifier* agar konidia dapat menyatu dengan air.

Mekanisme kerja dari formulasi CEP Bio-Lec yang berbahan aktif konidia *L. lecanii* setelah diaplikasikan pada serangga target (nimfa/imago/telur) berlangsung sebagai berikut. Tahap inokulasi, yaitu proses menempelnya konidia pada permukaan lapisan integumen (nimfa/imago) atau permukaan *chorion* (kulit telur) serangga yang terjadi secara parasit dan/atau saprofit (Prayogo et al., 2008b). Tahap kedua, yaitu pembentukan tabung kecambah (*germ tube*) yang membutuhkan kelembapan hingga 90% dan temperatur 25–30 °C (Luz & Farques, 1997). Kelembapan yang cukup tinggi sangat diperlukan demi keberhasilan proses terbentuknya tabung kecambah dari konidia yang akan digunakan sebagai alat untuk penetrasi pada integumen serangga target dan/atau *chorion* telur.

Tahap ketiga, yaitu proses penetrasi tabung kecambah membentuk apresorium yang akan digunakan untuk menembus integumen atau *chorion*. Pada waktu tersebut, tabung kecambah akan memproduksi enzim protease, kitinase, ataupun lipase yang berfungsi untuk mendegradasi lapisan integumen/*chorion* inang (Dias et al., 2008) (Gambar 3.2). Isolat CEP dikulturkan pada media kaya nutrisi atau banyak mengandung protein atau kitin sehingga enzim protease ataupun kitinase yang dihasilkan juga akan berlimpah sehingga isolat lebih patogenik. Proses penetrasi juga dapat dilakukan oleh tabung kecambah melalui penembusan pada lapisan *chorion* dengan cara mekanis melalui mikropil (*micropyle*), yaitu lubang alami pada telur atau lubang spirakel pada permukaan tubuh serangga.

Tahap keempat adalah destruksi, yaitu CEP yang sudah berhasil menginfeksi ke dalam tubuh serangga atau telur, cendawan akan membentuk blastopora yang beredar di dalam hemolimfa nimfa/imago atau di dalam telur. CEP membentuk hifa sekunder yang memenuhi ruang *hemocoel* atau di dalam telur dengan memproduksi berbagai jenis toksin, antara lain, *beauvericin*, *beauverolides*, *bassianolide*, *isarolide*, *destruksin*, *oosporein*, dan *tenellin* yang digunakan untuk merusak organ inang. Proses infeksi pada nimfa mengakibatkan peningkatan pH darah, serangga enggan bergerak, tidak nafsu makan, akhirnya serangga mati. Infeksi CEP pada telur mengakibatkan telur tidak menetas karena isi telur teracuni oleh toksin *oosporein* yang dihasilkan CEP (Shi et al., 2008; Prayogo, 2014b).

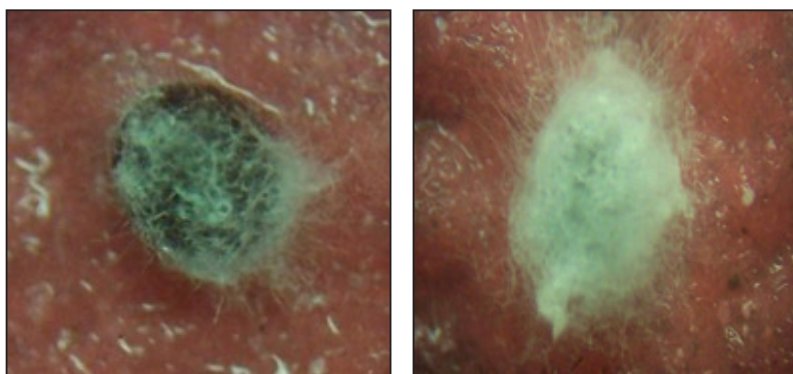


Sumber: Prayogo (2009)

Gambar 3.2 Proses inokulasi, penetrasi, infeksi, dan kolonisasi cendawan *L. lecanii* pada permukaan korion telur *R. linearis*.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

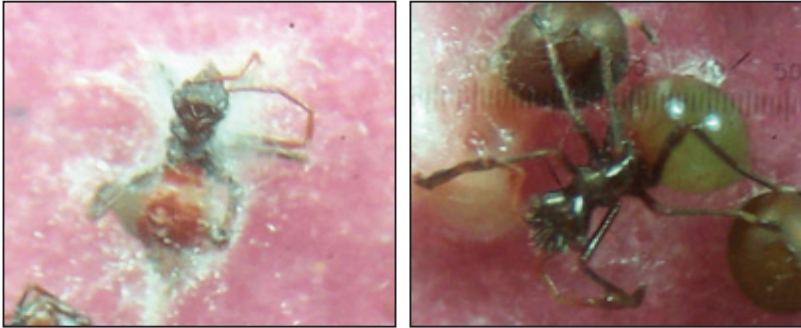
Fase saprofit terjadi setelah serangga mati atau telur tidak menetas yang ditandai dengan adanya miselium CEP mengkolonisasi seluruh jaringan tubuh inang atau telur (Gambar 3.3 dan Gambar 3.4). CEP yang menginfeksi nimfa ditandai dengan adanya miselium yang menembus keluar tubuh serangga melalui organ artikulasi atau ornamen tubuh dan alat mulut, seperti tungkai, stilet, mandibel, atau antena (Gambar 3.5 dan Gambar 3.6). Sementara itu, fase saprofit pada telur serangga tampak adanya miselium yang menembus keluar melalui lubang mikropil, kemudian mengkolonisasi seluruh permukaan telur. Kolonisasi miselium pada permukaan telur tidak menetas atau bangkai serangga yang mati, terdiri dari kumpulan konidia CEP yang berfungsi sebagai alat transmisi/diseminasi untuk menginfeksi inang baru (Dimbi et al., 2013).



Sumber: Prayogo (2009)

Gambar 3.3 Telur *R. linearis* terkolonisasi cendawan *L. lecanii* yang gagal menetas.

Buku ini tidak diperjualbelikan.



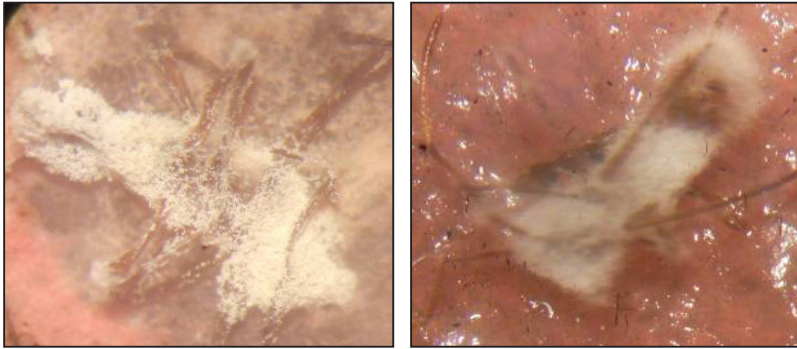
Sumber: Prayogo (2009)

Gambar 3.4 *R. linearis* nimfa instar II gagal ganti kulit (*moulting*) setelah terinfeksi cendawan *L. lecanii* pada stadia telur.



Sumber: Prayogo (2005a)

Gambar 3.5 Tungkai, torak, dan seluruh tubuh imago kepik coklat (*R. linearis*) yang terinfeksi CEP *L. lecanii*.



Sumber: Prayogo & Tantawizal (2015)

Gambar 3.6 Imago kepik coklat (*R. linearis*) yang terinfeksi dan terkolonisasi CEP *B. bassiana*.

Tingkat efikasi pengendalian hama menggunakan biopestisida CEP dipengaruhi oleh faktor internal (Prayogo, 2013c; Humairoh et al., 2016) dan eksternal (Prayogo & Tengkan, 2006b). Oleh karena itu, pengendalian telur pengisap polong, dianjurkan aplikasi suspensi konidia CEP, harus diarahkan tepat pada posisi telur (Prayogo & Tantawizal, 2015). Sementara itu, pengendalian hama pada stadia nimfa ataupun imago harus tepat mengenai lokasi serangga berada, umumnya di bagian terbentuknya polong (Prayogo, 2011a). Pengendalian hama lain, dianjurkan aplikasi suspensi konidia CEP, harus diarahkan pada lokasi atau habitat serangga (Prayogo, 2013b; Artanti & Prayogo, 2013) agar efikasi biopestisida CEP tersebut mampu menandingi efikasi insektisida kimia (Riyanti et al., 2013; Tantawizal et al., 2013).

3. Formulasi dan *Passing Culture* CEP

Formulasi CEP diperlukan untuk memudahkan cara aplikasi di lapangan. Isolat CEP diperbanyak menggunakan media cair dengan komposisi sukrose 50%, kitin 10%, dan glukose 2,5% menggunakan fermentor dengan suhu 25°C, 200–600 rpm, selama 216 jam. Supernatan konidia CEP yang terbentuk dihitung menggunakan *haemocytometer* untuk menentukan kerapatan konidia sebelum diformulasikan dalam bentuk tepung dengan bahan pembawa (*carrier*). Formulasi CEP Bio-Lec yang mengandung bahan aktif konidia cendawan *L. lecanii* diuji efikasinya terhadap serangga target pada stadia yang dihendaki. Efikasi formulasi CEP dalam bentuk tepung menggunakan bahan pembawa dari tepung ubi kayu (*powder*) mampu bertahan hingga 19–24 bulan dengan viabilitas 80% dibandingkan formulasi cair (Prayogo & Santoso, 2013).

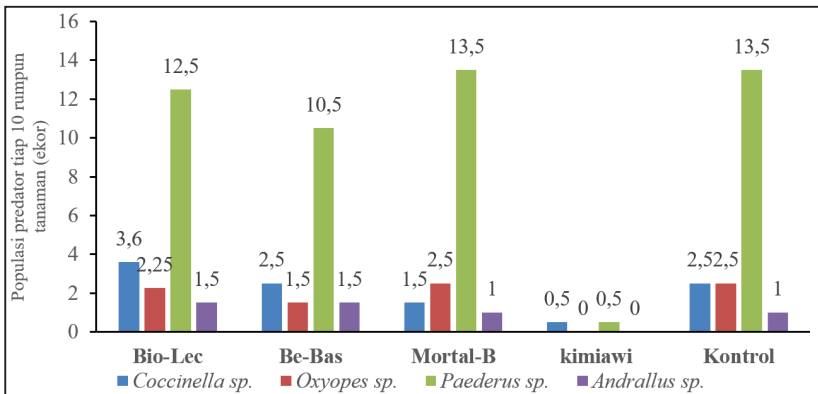
CEP merupakan mikroorganisme dari kelompok cendawan yang bersifat parasit fakultatif, yaitu fase perkembangan secara parasit yang terjadi pada tahap penetrasi hingga infeksi, yang terjadi di dalam tubuh serangga target dengan mengonsumsi hemolimfa/darah serangga sebagai sumber nutrisi yang diperlukan. Selanjutnya, cendawan akan mengubah pola menjadi saprofit apabila serangga mati dan sumber nutrisi/hemolimfa di dalam tubuh inang sudah habis. Fase saprofit yang terjadi pada waktu perbanyak (*cultivation*) di media alami berulang lebih dari lima kali, dapat menurunkan virulensi CEP sehingga agens hayati tersebut sulit menginfeksi inang hingga dapat menyebabkan epizootik (Morrow et al., 1989). Oleh karena itu,

untuk mempertahankan virulensi CEP, dapat dianjurkan untuk melakukan re-inokulasi pada serangga inang (*passing culture*) (Ezzati-Tabrizi et al., 2009; Kubilay et al., 2018). Banyak kasus yang dialami Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan)/Kelompok Tani (Poktan) di berbagai lokasi yang menyatakan bahwa isolat CEP yang baru diperoleh dari Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura (BPTPH) dan Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit (LPHP) kurang berkualitas atau tidak efektif jika diproduksi massal. Pada kondisi demikian, Gapoktan mengalami pengalaman yang kurang menguntungkan sehingga dengan mudah memutuskan untuk kembali ke konvensional (kimiawi). Fakta ini banyak ditemukan hampir di seluruh Gapoktan di negeri ini sehingga program intensif pendampingan Gapoktan sangat diperlukan agar inovasi teknologi pengendalian menggunakan CEP dapat berkembang secara masif dan tidak lagi bergantung pada pestisida sintetik.

4. CEP Ramah Lingkungan

Pada ekosistem pertanian kedelai, banyak dijumpai populasi berbagai jenis artropoda, baik serangga hama maupun serangga berguna, khususnya predator generalis, yaitu *Coccinella* sp., *Paederus* sp., *Andrallus* sp., dan *Oxyopes* sp. (Prayogo, 2004; Bayu & Prayogo, 2014; Baliadi & Prayogo, 2018). CEP sebagai agens hayati dinilai lebih konservatif dan ramah lingkungan (*eco-friendly*) karena mampu mempertahankan kelangsungan hidup serangga yang berguna.

Aplikasi CEP Bio-Lec dan Be-Bas dapat mempertahankan kelangsungan hidup predator *Oxyopes javanus*, *Paederus fuscipes*, dan *Coccinella septempunctata* dengan populasi lebih berlimpah dibandingkan kimiawi (Prayogo & Suharsono 2005c; Prayogo et al., 2005). Aplikasi biopestisida Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B masih banyak ditemukan individu predator jika dibandingkan aplikasi pestisida sintetik (Gambar 3.7). Hasil riset terkini ini cukup meyakinkan bahwa populasi predator *P. fuscipes* tidak signifikan berbeda jika dibanding dengan tanpa perlakuan (kontrol) karena ditemukan sebanyak 13,5 ekor tiap 10 rumpun tanaman. Predator *O. javanus*, *Andrallus* sp., dan *C. septempunctata* juga masih ditemukan meskipun tidak sebanyak *P. fuscipes*. Sementara itu, individu empat jenis predator generalis tersebut hampir tidak ditemukan bahkan punah akibat aplikasi insektisida sintetik (Gambar 3.7). Kelimpahan predator tersebut



Sumber: Prayogo et al. (2023a)

Gambar 3.7 Kelimpahan predator generalis pada teknologi budi daya kedelai non-pestisida kimia (BUDENOPI)

mengindikasikan bahwa biopestisida CEP kompatibel dengan teknologi pengendalian lain (Suharsono & Prayogo 2014).

Predator *P. fuscipes* merupakan pemangsa gregarius sebagai penghuni tajuk tanaman kedelai ataupun permukaan tanah. Predator tersebut sangat aktif dalam memangsa hama utama kedelai, khususnya kutu kebul (*B. tabaci*) (Prayogo et al., 2021a & Prayogo et al., 2023a). Kelimpahan populasi *P. fuscipes* disebabkan pergerakan predator *P. fuscipes* sangat aktif dalam mencari mangsa sesuai dengan karakter perilakunya, yaitu segera naik ke permukaan tanaman untuk mencari mangsa yang ada di tajuk tanaman. Jika tidak ada mangsa, predator akan turun ke permukaan tanah. Dengan demikian, peluang aplikasi biopestisida tidak dapat melakukan inokulasi (kontak inokulan dengan tubuh predator), selain lapisan lilin (*wax*) di seluruh tubuh predator yang mengalami melanisasi cukup tebal sebagai salah satu faktor antifungi (Smith et al., 2022). Fenomena ini mengindikasikan bahwa CEP tersebut lebih aman dan ramah lingkungan jika dibandingkan efikasi pestisida sintetik karena biopestisida CEP tidak mencemari sumber air dan udara, juga tidak toksik terhadap ternak maupun piaraan (Sharma et al., 2023). Keunggulan dan temuan CEP tersebut menjadi invensi baru (*novelty*) yang sudah dipatenkan sebagai calon biopestisida untuk mendukung prinsip dan konsep sistem pertanian berkelanjutan (Sikarwar & Vikram, 2023).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

IV. TEKNOLOGI INOVATIF CENDAWAN ENTOMOPATOGEN (CEP) SEBAGAI PENGENDALI HAMA PENTING KEDELAI

Cendawan entomopatogen (CEP) adalah kelompok mikroorganisme heterotrof yang hidup sebagai parasit dan dapat menyebabkan penyakit pada serangga. Di alam, terdapat keragaman berbagai jenis isolat CEP yang memiliki berbagai karakteristik. Karakter isolat CEP yang lebih virulen dan patogenik mempunyai potensi lebih besar digunakan sebagai calon biopestisida untuk pengendalian hama. Kegiatan eksplorasi untuk mendapatkan isolat lokal CEP yang virulen dan patogenik sangat diharapkan agar diperoleh invensi sehingga dapat dirakit menjadi satu inovasi teknologi pengendalian hama yang tepat, efektif, dan unggul.

A. Invensi dan Keunggulan Paten Biopestisida CEP

Invensi CEP yang diperoleh hingga saat ini, yaitu tiga jenis cendawan entomopatogen yang sudah diformulasikan dan dipatenkan sebagai calon biopestisida unggul dan ramah lingkungan untuk agens pengendalian hama penting kedelai dan beberapa jenis hama lainnya. Tiga jenis paten biopestisida tersebut, yaitu (1) Bio-Lec nomor IDP0000395 (Prayogo, 2015), (2) Be-Bas nomor P00201605992 (Prayogo, 2018) (Gambar 4.1), dan (3) Mortal-B (Gambar 4.2) dengan nomor P00201805983 (Prayogo, 2021).



Sumber: Prayogo (2015) dan Prayogo (2018)

Gambar 4.1 Produk biopestisida Bio-Lec dan BeBas yang mengandung bahan aktif konidia CEP *L. lecanii* dan *B. bassiana*, toksik terhadap kepek cokelat dan hama penting lainnya.



Sumber: Prayogo (2021)

Gambar 4.2 Mortal-B formulasi biopestisida mengandung konidia CEP *A. aleyrodis*, toksik untuk membunuh kutu kebul (*B. tabaci*), kepek cokelat, dan hama penting lainnya.

1. CEP Bio-Lec

Bio-Lec merupakan invensi formulasi biopestisida yang mengandung bahan aktif konidia CEP *Lecanicillium lecanii* untuk mengendalikan kepik cokelat *R. linearis* dan beberapa jenis hama lainnya. Isolat CEP *L. lecanii* diperoleh dari bangkai serangga kepik cokelat di lahan pertanian kedelai di Probolinggo pada tahun 2004. Hasil uji postulat Koch mengindikasikan bahwa isolat cendawan lebih efektif membunuh *R. linearis* asal isolat diperoleh. Namun, isolat cendawan tersebut juga dapat membunuh beberapa jenis hama lainnya terutama dari ordo Homoptera dan Hemiptera.

Kelebihan biopestisida Bio-Lec, yaitu bersifat ovisidal atau dapat membunuh stadia telur *R. linearis* (Prayogo, 2010b). Telur pengisap polong yang terinfeksi CEP Bio-Lec akhirnya tidak menetas hingga mencapai 85%. Bio-Lec juga toksik membunuh telur kepik hijau (*N. viridula*), penggerek polong (*Etiella zinckenella*), tungau merah (*Tetranychus bimaculatus*), kutu kebul (*B. tabaci*), dan berbagai jenis telur hama penting lainnya (Rakhmad et al., 2015). Sementara itu, keunggulan karakter ovisidal dari biopestisida ini tidak dimiliki oleh pestisida sintetik. Bio-Lec tidak hanya untuk mengendalikan hama kepik cokelat *R. linearis*, tetapi juga dapat membunuh berbagai jenis hama penting lainnya, khususnya dari ordo Homoptera pada berbagai jenis tanaman komersial lainnya. Efikasi *L. lecanii* sebagai bahan aktif Bio-Lec karena cendawan tersebut memproduksi toksin *dipicolinic acid*, *vertilecanin-A1*, *decenedioic acid*, dan *10-hydroxy-8-decenoic acid*.

2. CEP Be-Bas

Be-Bas merupakan invensi formulasi dari biopestisida yang mengandung bahan aktif konida CEP *Beauveria bassiana* untuk mengendalikan hama kedelai dan hama penting lainnya. Isolat cendawan berhasil dieksplorasi dari serangga penggerek umbi *Cylas formicarius* di daerah Tumpang (Malang) pada tahun 2010. Hasil uji postulat Koch mengindikasikan bahwa isolat CEP memiliki kisaran inang yang cukup luas dibanding kan CEP *L. lecanii*, yaitu meliputi ordo Homoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Isoptera, Diptera, dan Coleoptera. Keunggulan dari biopestisida Be-Bas, yaitu juga bersifat ovisidal pada pengisap polong, terutama kepik hijau (*N. viridula*), sehingga mampu menggagalkan penetasan telur di atas 85%. Bahkan, CEP Be-Bas mampu membunuh stadia telur hama utama penggerek ubi jalar (*Cylas formicarius*) hingga mencapai 99%. Selain itu, biopestisida Be-Bas juga toksik untuk membunuh stadia larva dan imago *C. formicarius*.

Keunggulan karakter ovisidal dari CEP *B. bassiana* menjadi invensi baru yang dapat menggantikan insektisida sintetik karena hingga saat ini, teknologi kimiawi dalam mengatasi serangan hama penggerek umbi di lapangan belum berhasil. Fakta ini terbukti dengan belum ditemukannya insektisida sintetik yang ampuh untuk membunuh telur ataupun larva *C. formicarius* karena stadia hama tersebut berada di dalam tanah sehingga sulit diprediksi gejala kerusakannya (Tantawizal & Prayogo, 2015; Tantawizal et al., 2016). Efikasi *B. bassiana*

Buku ini tidak diperjualbelikan.

karena produksi senyawa metabolit *bassianin*, *bassiancridin*, *bassianolide*, *beauvericin*, *oorporein*, dan *tenellin*.

3. CEP Mortal-B

CEP Mortal-B merupakan invensi dari formulasi biopestisida yang mengandung bahan aktif konidia cendawan *Aschersonia aleyrodis* yang efektif untuk mengendalikan hama kutu kebul *B. tabaci* dan beberapa jenis hama penting lainnya. Isolat CEP *A. aleyrodis* diperoleh dari bangkai serangga kutu kebul *B. tabaci* dan bangkai *Trialeurodes citri*. Isolat cendawan dieksplorasi dari tanaman kedelai yang ditumpangsarikan dengan tanaman jeruk pada tahun 2018 di wilayah sentral produksi kedelai terbesar di Jawa Timur. Wilayah tersebut termasuk areal pengembangan program perluasan areal tanam kedelai dari **Kementerian Pertanian**. Menurut kronologis dari Dinas Pertanian setempat, hama penyakit di lahan pengembangan kedelai tersebut sudah mengalami resistensi terhadap pestisida sintetik. Kondisi tersebut disebabkan oleh petani yang sangat intensif dalam menggunakan pestisida dan tidak mengikuti anjuran. Aplikasi pestisida sintetik dilakukan tiap hari agar petani tidak mengalami gagal panen akibat serangan hama pengisap dan penggerek serta kutu kebul.

Hasil uji postulat Koch menunjukkan bahwa isolat CEP *A. aleyrodis* toksik membunuh nimfa dan imago *B. tabaci* dengan mortalitas mencapai 90% (Prayogo et al., 2022a). Kelebihan CEP *A. aleyrodis*, yaitu bersifat ovisidal untuk membunuh stadia telur *B. tabaci* hingga 99% sehingga biopestisida tersebut

mempunyai potensi yang sangat besar untuk mengatasi hama utama kedelai. Hingga saat ini, diketahui hama *B. tabaci* menjadi masalah utama pada tanaman pangan, hortikultura, dan tanaman komersial lainnya karena serangga tersebut mempunyai inang ≥ 500 spesies tanaman dan sebagai vektor berbagai jenis virus.

Berbagai jenis virus yang dapat ditularkan oleh serangga *B. tabaci*, antara lain, *Bean Golden Mosaic Virus* (BGMV) sebagai penyebab penyakit kuning pada cabai, *Mungbean Yellow Mosaic Virus* (MYMV), *Cassava Mosaic Virus* (CMV) sebagai penyebab penyakit kuning pada ubi kayu, *Cowpea Mild Mottle Virus* (CPMMV) sebagai penyebab penyakit belang samar pada kedelai ataupun tanaman kacang-kacangan lain, dan *Chrysanthemum Stunt Virus* (CSVd). Perlu diketahui bahwa *B. tabaci* yang berkembang saat ini adalah *strain* biotipe Q. *Strain* tersebut merupakan perubahan *strain* dari biotipe B yang sudah mengalami resistensi terhadap pestisida sintetik sehingga makin sulit dikendalikan. Oleh karena itu, kelebihan dari diperolehnya invensi isolat CEP *A. aleyrodis* adalah teratasinya masalah utama hama *B. tabaci* pada tanaman kedelai

Kelebihan lain yang dapat diperoleh dari invensi ini, yaitu biopestisida tersebut juga toksik pada seluruh stadia kutu kebul (*Trialetrodes citri*) sebagai hama dan vektor virus tanaman jeruk (Singh et al., 2021). Dengan demikian, formulasi Mortal-B yang mengandung bahan aktif konidia CEP *A. aleyrodis* menjadi calon biopestisida yang multifungsi, selain toksik dalam membunuh serangga target, juga dapat mengatasi hama yang mengalami resistensi terhadap insektisida sintetik (Kandil et al., 2008).

B. Inovasi Biopestisida CEP

Ketiga paten CEP, Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B, masing-masing produk sudah diimplementasikan dalam bentuk berbagai gelar teknologi di berbagai lokasi, sesuai dengan target hama sasaran. Kegiatan gelar teknologi dalam bentuk demplot ataupun demfarm dilakukan di lahan petani dengan luasan di atas 5 hektar bahkan hingga 50 hektar.

Implementasi inovasi teknologi CEP Bio-Lec dan Be-Bas telah dilakukan pada tahun 2018, yaitu untuk membuktikan efikasi biopestisida di sentra produksi kedelai di Banyuwangi pada kegiatan demfarm budi daya kedelai nonpestisida kimia (BUDENOPI). Implementasi CEP Bio-Lec dan Be-Bas dengan cara inundasi sebanyak delapan kali, dimulai pada umur 21 hari setelah tanam (HST) dengan frekuensi aplikasi tiap tiga hari, dinyatakan signifikan dapat menekan populasi *B. tabaci* dengan status sudah resisten terhadap insektisida deltametrin (Prayogo et al., 2021a). Sementara itu, CEP Bio-Lec dan Be-Bas belum mampu menandingi efikasi insektisida kimia untuk menekan populasi pengisap polong. Kondisi ini disebabkan pergerakan *R. linearis* sangat aktif sehingga suspensi konidia yang diaplikasikan tidak berhasil inokulasi pada integumen serangga, selain faktor metode aplikasi dari petani yang belum mengikuti anjuran.

Hasil implementasi inovasi teknologi CEP Bio-Lec dan Be-Bas untuk pengendalian hama kedelai dapat menghasilkan produk lebih organik sehingga harga jual lebih mahal dibandingkan produk konvensional. Oleh sebab itu, pendapatan petani kedelai

dapat meningkat karena memperoleh *B/C ratio* (*Benefit Cost ratio*) berkisar 2,5–3 (Prasetyaswati *et al.*, 2021a). Sementara, adopsi inovasi teknologi biopestisida CEP Be-Bas untuk pengendalian hama utama penggerek ubi jalar (*C. formicarius*) memperoleh *B/C ratio* hingga mencapai 4,3 sehingga jauh lebih unggul dari teknologi eksisting (kimia), yang hanya 1,1 (Prasetyaswati *et al.*, 2021b). Dua fakta hasil implementasi CEP membuktikan bahwa invensi tiga paten biopestisida CEP secara signifikan dapat memberi nilai tambah ekonomi petani sehingga inovasi teknologi tersebut sangat layak untuk diadopsi.

Efikasi inovasi teknologi CEP Bio-Lec dan Be-Bas yang diimplementasikan pada budi daya kedelai pasang surut (KEPAS) dan budi daya kedelai lahan sawah (BIODETAS) belum mampu menekan populasi pengisap polong. Namun, inovasi teknologi CEP cukup efektif menekan populasi kutu kebul (*B. tabaci*) pada budi daya kedelai di bawah naungan (BUDENA).

Implementasi inovasi teknologi CEP Be-Bas untuk pengendalian hama penting lainnya, terutama hama penggerek ubi jalar (*C. formicarius*), pada tahun 2021 yang dilakukan di Kabupaten Lumajang berhasil spektakuler karena lebih unggul dari insektisida kimia (Prayogo *et al.*, 2023b). Oleh karena itu, produk hasil umbi madu Pasrujambe dari “Kelompok Tani Poktan Harapan Kita” (Kabupaten Lumajang) dinyatakan sebagai komoditas organik sehingga menjadi produk ekspor unggulan ke Jepang dan Korea.

Hingga saat ini, implementasi biopestisida CEP Mortal-B masih dilakukan dalam bentuk demplot. Namun, efikasi

biopestisida tersebut sudah dibuktikan oleh Poktan Republik Melon untuk pengendalian kutu kebul (*B. tabaci*) di Kabupaten Blitar. Mortal-B juga diimplementasikan di PT Gading Mas Indonesia Teguh (GMIT), sebuah perusahaan eksportir kedelai edamame terbesar di Jember.

Keunggulan dari adopsi inovasi teknologi CEP, yaitu secara tidak langsung dapat menyelamatkan ≥ 395 juta jiwa/tahun akibat keracunan pestisida kimia, di antaranya 11.000 orang dinyatakan meninggal seperti yang dilansir World Health Organization baru-baru ini (Boedeker et al., 2020). Berbagai keunggulan yang dimiliki CEP membuat biopestisida tersebut menjadi salah satu inovasi teknologi pengendalian hama ramah lingkungan yang dapat memenuhi kebutuhan sumber pangan sehat dengan nutrisi tinggi untuk mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

V. POTENSI, TANTANGAN DAN PELUANG, SERTA ARAH DAN STRATEGI PENGEMBANGAN CENDAWAN ENTOMOPATOGEN (CEP)

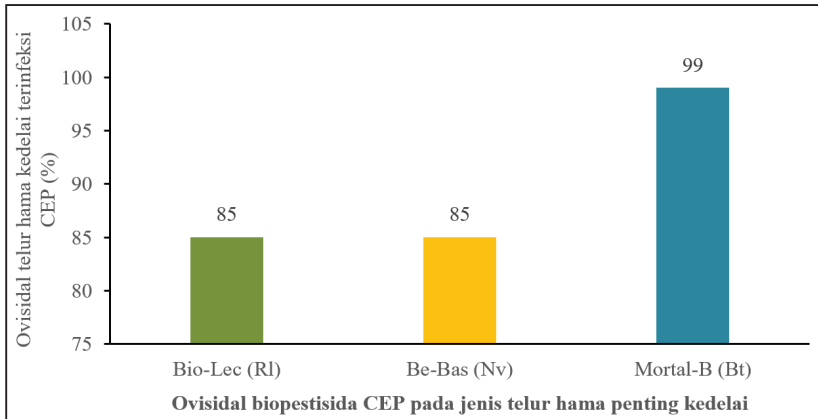
Invensi CEP yang sudah diperoleh menjadi suatu inovasi teknologi pengendalian hama yang berpotensi tinggi diadopsi dan diimplementasikan secara masif untuk menekan penggunaan pestisida sintetik. Oleh karena itu, berbagai potensi dan tantangan serta peluang dalam implementasi CEP secara masif perlu diidentifikasi.

A. Potensi CEP sebagai Biopestisida

1. CEP Bersifat Ovisidal

Salah satu keunggulan dari biopestisida Bio-Lec, BeBas, dan Mortal-B adalah bersifat ovisidal, yaitu mampu menggagalkan penetasan telur beberapa jenis hama penting kedelai ataupun hama lainnya. Kemampuan ovisidal dari CEP bergantung dari jenis CEP yang digunakan dan jenis hama target yang dikendalikan. Efikasi ovisidal dari Bio-Lec dan Be-Bas masing-masing sebesar 85% pada telur *R. linearis* dan telur *N. viridula*, sedangkan ovisidal CEP Mortal-B mampu membunuh telur *B. tabaci* hingga mencapai 99% (Gambar 5.1).

Stadia telur lebih mudah dikendalikan menggunakan biopestisida CEP karena telur tidak bergerak dan lapisan korion masih lentur sehingga mudah dipenetrasi dan diinfeksi oleh isolat CEP (Prayogo, 2006d). Keunggulan karakter ovisidal CEP



Keterangan: RI (*R. linearis*), Nv (*N. viridula*), Bt (*B. tabaci*)
 Sumber: Prayogo et al. (2023a)

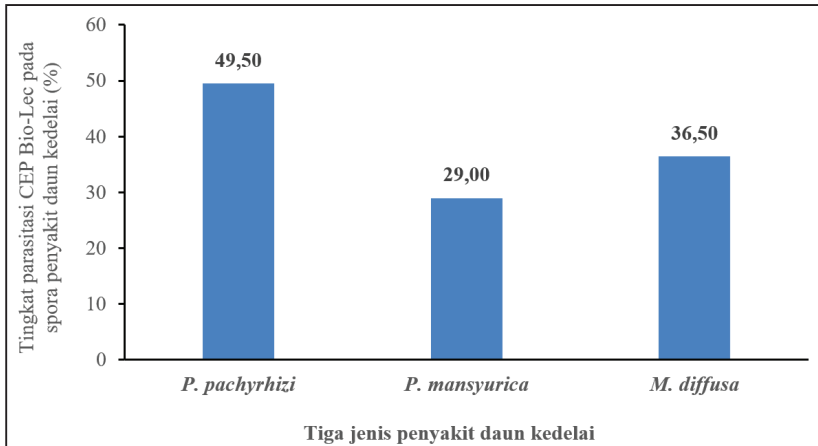
Gambar 5.1 Ovisidal tiga jenis biopestisida (Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B) pada tiga jenis telur hama penting kedelai.

ini tidak dimiliki oleh insektisida sintetik. Oleh karena itu, tiga paten biopestisida CEP yang sudah diperoleh sangat mungkin digunakan sebagai alternatif pengganti insektisida sintetik untuk mengendalikan hama penting kedelai dan beberapa jenis hama lainnya (Prayogo, 2006g; Bayu & Prayogo, 2016).

2. CEP Bersifat Mikoparasit dan Endofit

Tanaman kedelai, selain rentan terhadap serangan berbagai jenis hama, juga rentan terhadap infeksi beberapa jenis patogen (Sri Hardaningsih et al., 1988; Sri Hardaningsih et al., 1989; Prayogo & Baliadi, 1994; Asikin & Prayogo, 2014).

CEP, selain patogenik membunuh hama, juga bersifat mikoparasit pada spora karat daun (*Phakopsora pachyrhizi*)



Sumber: Prayogo (2012)

Gambar 5.2 Kemampuan parasitasi CEP *L. lecanii* pada tiga jenis spora penyakit daun kedelai *P. pachyrhizi*, *P. mansyurica*, dan *M. diffusa*

(Kim et al., 2007; Bintan et al., 2012) (Gambar 5.2). Kemampuan sebagai mikoparasit karena CEP menghasilkan enzim protease, kitinase, glukanase, ataupun pektinase yang dapat mendegradasi dan lisis dinding spora penyakit obligat, khususnya karat daun kedelai (*P. pachyrhizi*), downy mildew (*Peronospora mansyurica*), dan powdery mildew (*Microsphaera diffusa*) (Gambar 5.3) (Saksirirat & Hoppe, 1991; Prayogo, 2015). Kelebihan lain CEP adalah bersifat endofit, yaitu mampu memproduksi senyawa metabolit, seperti *bassianolides*, *beauvericin*, *oxalic acid*, *oosporein*, *bassianin*, dan *tenellin* yang dapat memengaruhi aktivitas serangga hama sehingga tanaman terhindar dari serangan berbagai jenis organisme pengganggu tanaman (OPT) (Russo et al., 2015).



Sumber: Bintan et al. (2012)

Gambar 5.3 Penyakit karat (*P. pachyrhizi*), powdery mildew (*M. diffusa*), dan downy mildew (*P. mansurica*) pada kedelai dan mikoparasitisme konidia CEP *L. lecanii* pada spora penyakit oblika.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

3. CEP Kompatibel dengan Teknologi Pengendalian Lain

Konseppengendalianhamaterpadu(PHT),yaitumengoptimalkan peran kinerja berbagai jenis agens hayati yang diaplikasikan secara terintegrasi dengan tujuan menekan populasi hama hingga di bawah ambang kerusakan (AK). CEP Bio-Lec kompatibel dengan berbagai jenis pestisida nabati (Prayogo, 2011b). Kompatibilitas CEP dengan pestisida nabati ditandai dengan adanya peningkatan pertumbuhan dan perkembangan cendawan serta peran minyak nabati yang dapat melindungi konidia CEP *L. lecanii* dari pengaruh negatif sinar ultraviolet (UV-B) pada waktu aplikasi di lapangan (Prayogo & Tengkanu, 2006a).

4. CEP Efektif Membunuh Berbagai Jenis Hama Penting

CEP *L. lecanii*, *B. bassiana*, dan *A. aleyrodis* juga dapat membunuh berbagai jenis hama utama kedelai, seperti penggerek polong, ulat grayak (*Spodoptera litura*), tungau merah (*Teranychus bimaculatus*), ataupun hama lainnya (Pranata et al., 2014; Mulyati et al., 2023). Bahkan, inovasi teknologi CEP Bebas lebih unggul dalam mengendalikan hama utama penggerek ubi jalar (*C. formicarius*), yang hingga saat ini belum ditemukan teknologi pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan (Setyaningsih et al., 2018; Sumartini & Prayogo, 2020; Prayogo et al., 2022b). Oleh karena itu, biopestisida CEP berpotensi tinggi menjadi inovasi teknologi untuk mengendalikan hama kedelai ataupun hama penting lainnya. Bahkan, CEP dapat digunakan untuk membunuh ulat bulu yang pernah meresahkan masyarakat (Prayogo, 2005c; Prayogo et al., 2012).

B. Tantangan dan Peluang Implementasi Biopestisida CEP

Berbagai tantangan yang ada dalam pengembangan CEP, yaitu: (1) kurang toleran terhadap faktor lingkungan, khususnya sinar ultraviolet (Suharsono & Prayogo, 2005) sehingga perlu penambahan bahan perekat dan waktu aplikasi yang dilakukan pada sore hari (Prayogo, 2006e; Prayogo, 2006f); (2) populasi hama penting di lapangan tumpang tindih (telur, nimfa/larva, imago) dan daya bunuhnya lambat sehingga diperlukan perbaikan metode aplikasi dan inundasi secara berlimpah (Prayogo, 2017; Prayogo & Bayu, 2020a); (3) efikasi CEP di lapangan kurang stabil akibat cekaman residu pestisida kimia (Mariyono & Irham, 2001; Prayogo, 2005b; Sudirman et al., 2009); dan (4) virulensi tiap isolat CEP. Oleh karena itu, untuk mempertahankan efikasi biopestisida CEP, isolat yang digunakan harus sering diinfeksi pada serangga inang (*passing culture*) dan adanya konservasi ekosistem agar biopestisida tersebut dapat mengkolonisasi secara masif hingga terjadi epizootik (Qayyum et al., 2021; Vandermeer et al., 2009).

Peluang CEP cukup besar sebagai biopestisida unggul yang dapat menghambat terjadinya resistensi dan resurgensi serta dapat menekan peledakan populasi hama karena bersifat ovisidal selain toksik terhadap nimfa ataupun imago (Prayogo et al., 2021b). CEP berpeluang besar sebagai biopestisida karena bersifat mikoparasit pada berbagai jenis penyakit obligat dan bersifat endofit yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan OPT (Cliftan et al., 2018). Bahan aktif dari CEP mudah terdegradasi di alam sehingga tidak mempunyai

peluang mencemari sumber air dan udara, serta tidak toksik terhadap binatang ternak, piaraan, manusia, ataupun lingkungan. Oleh karena itu, pemanfaatan biopestisida CEP sebagai inovasi teknologi pengendalian hama kedelai ataupun komoditas lainnya sangat besar. Kondisi ini disebabkan hasil produk yang diperoleh bebas residu pestisida kimia yang menjadi salah satu syarat utama bagi komoditas ekspor.

C. Arah dan Strategi Implementasi Biopestisida CEP

Arah pengembangan CEP adalah pemberdayaan dan penyediaan logistik biopestisida tersebut agar dapat diimplementasikan secara masif untuk pengendalian hama penting ataupun beberapa jenis hama utama lainnya. Harapannya petani tidak lagi bergantung pada pestisida kimia, produk yang diperoleh lebih organik, dan petani menjadi penyedia sumber pangan yang sehat serta sesuai dalam mendukung konsep sistem pertanian berkelanjutan.

Sasaran pengembangan dan implementasi CEP, antara lain: (1) tersebar dan terimplementasikannya CEP secara masif untuk pengendalian hama penting kedelai ataupun berbagai jenis hama utama lainnya; (2) tumbuh dan berkembangnya kelompok-kelompok tani yang dapat memproduksi CEP secara mandiri; (3) terlaksananya bimbingan teknis (bimtek) bagi kelompok tani untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan pemberdayaan CEP; (4) tersedianya sumber inokulum CEP yang memiliki virulensi tinggi dan konsisten di Pos Pelayanan Agens Hayati (PPAH) dengan bimbingan Balai Proteksi Tanaman

Pangan dan Hortikultura (BPTPH) ataupun pendampingan peneliti kompeten; (5) terbatasnya eksploitasi pestisida sintetik yang dapat menghambat perkembangan CEP; serta (6) tumbuh berkembangnya produk-produk organik dari pemanfaatan biopestisida CEP sehingga dapat mendukung dan menyukseskan tercapainya tujuan sistem pertanian berkelanjutan.

Strategi implementasi biopestisida CEP secara masif dapat dipercepat dengan cara kolaborasi dengan industri untuk produksi massal sehingga dapat diperoleh dengan mudah oleh pengguna. Strategi implementasi juga dapat dilakukan melalui sosialisasi atau bimtek ataupun gelar teknologi dalam bentuk demfarm.

Penderasan inovasi teknologi dalam bentuk bimtek produksi massal CEP juga dapat dilakukan dengan memberikan invensi dari isolat CEP tersebut kepada staf BPTPH atau Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit (LPHP), dan petugas Pengamat Organisme Pengganggu Tanaman (POPT), ataupun berbagai komunitas penggiat pertanian organik. Hal ini agar inovasi teknologi yang sudah dipatenkan dapat diadopsi oleh pengguna secara masif.

Strategi implementasi penderasan inovasi teknologi CEP secara masif juga dapat dilakukan dengan memberikan isolat CEP murni kepada BPTPH. Hal tersebut agar dapat segera mendorong PPAH dan berbagai kelompok tani ataupun komunitas penggiat organik dalam membumikan invensi teknologi yang prospektif dan ramah lingkungan sehingga dapat mendukung konsep sistem pertanian berkelanjutan.

VI. KESIMPULAN

Hama pengisap dan penggerek polong serta kutu kebul merupakan hama penting pada kedelai yang dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga mencapai 80% bahkan gagal panen. Saat ini hama penting tersebut sudah resisten terhadap formulasi pestisida sintetik. Pemanfaatan musuh alami seperti cendawan entomopatogen (CEP) dapat menghambat terjadinya resistensi.

Hasil invensi CEP *L. lecanii*, *B. bassiana*, dan *A. aleyrodis* efektif dan bersifat toksik yang dapat membunuh berbagai stadia hama penting kedelai, baik stadia telur, nimfa, maupun imago. Tiga invensi CEP sudah dipatenkan dalam bentuk formulasi dengan produk Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B.

Keunggulan ketiga invensi CEP dari Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B adalah biopestisida tersebut toksik pada seluruh stadia berbagai jenis hama penting kedelai ataupun hama lainnya. Selain itu, CEP dari Bio-Lec, Be-Bas, dan Mortal-B bersifat ovisidal, mikoparasit, endofit, dan mampu menghambat resistensi ataupun resurgensi serta ramah lingkungan sehingga dapat menyelamatkan ribuan jiwa akibat keracunan. Keunggulan lainnya adalah produk yang diperoleh lebih organik, harga jual lebih tinggi, dan dapat meningkatkan pendapatan petani. Hal ini menjadikan inovasi teknologi tersebut layak diadopsi dan dibumikan secara masif sebagai biopestisida yang prospektif guna menyediakan sumber pangan sehat, kaya nutrisi, dan bebas residu sehingga sesuai untuk mendukung konsep sistem pertanian berkelanjutan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

VII. PENUTUP

Upaya pemerintah untuk meningkatkan produksi kedelai guna memenuhi kebutuhan dalam negeri masih menghadapi berbagai kendala, seperti minat petani yang sangat rendah dalam menanam kedelai karena kurang kompetitif dibandingkan komoditas pangan lainnya, tidak ada jaminan harga yang layak, impor yang masih cukup besar, dan serangan hama penting penyebab puso.

Biopestisida dari cendawan entomopatogen (CEP) BioLec, Be-Bas, dan Mortal-B merupakan inovasi teknologi pengendalian hama penting kedelai ataupun hama lainnya. Inovasi biopestisida CEP perlu disosialisasikan dan diimplementasikan ke petani secara masif untuk menekan penggunaan pestisida kimia dan mendukung peningkatan produksi pangan sehat dan bergizi.

Implementasi biopestisida CEP secara masif perlu dukungan pemerintah dengan regulasi pembatasan penggunaan pestisida kimia dan pengoptimalan peran agens hayati CEP. Pemerintah sebagai pengambil kebijakan, peneliti, Pengamat Organisme Pengganggu Tanaman (POPT), dan Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) harus bersinergi dengan petani ataupun kelompok tani dalam mengimplementasikan CEP secara masif sehingga biopestisida CEP dapat menggantikan pestisida kimia untuk mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

Pemerintah diharapkan menetapkan dan menegaskan regulasi sebagai berikut: (1) membatasi izin formulasi atau impor

pestisida kimia (**Peraturan Menteri Pertanian [Permentan] No. 107/SR.104, 2014**), (2) menerapkan sistem budi daya tanaman (**Undang-Undang [UU] No.12/1992**), (3) mengimplementasikan pedoman budi daya tanaman pangan yang baik dan benar (*good agriculture practice*) (**Permentan No. 48, 2006**), serta (4) optimalisasi pengendalian hayati.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah Swt., atas izin dan rahmat serta karunia-Nya sehingga orasi ilmiah ini dapat terselenggara.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenankan saya dengan segala kerendahan hati menghaturkan penghargaan dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Presiden Republik Indonesia, Ir. H. Joko Widodo; Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Prof. Dr. Laksana Tri Handoko, M.Sc.; Wakil Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional, Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, M.Sc., DESD., ASEAN Eng.; dan Menteri Pertanian, Dr. Amran Sulaiman atas amanat dan penugasan sebagai Peneliti Ahli Utama di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN).

Ucapan terima kasih yang sama juga saya sampaikan kepada Ketua dan Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Wimpie Agoeng Noegroho Aspar, MSCE., Ph.D., atas pengukuhan orasi Profesor Riset saya hari ini. Ucapan terima kasih setinggi-tingginya saya sampaikan pula kepada Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah yang terdiri dari Prof. Dr. Ir. I. Nyoman Widiarta, Prof. Dr. Ir. Elna Karmawati dan Prof. Dr. Ir. Trizelia, M.Si., atas segala saran dan masukan serta bimbingan untuk naskah orasi pengukuhan Profesor Riset saya di BRIN.

Ucapan terima kasih kepada Sekretaris Utama BRIN, Nur Tri Aries Suestiningtyas, M.A.; dan Kepala Biro Organisasi dan Sumber Daya Manusia BRIN, Ratih Retno Wulandari, S.Sos., M.Si.

Terima kasih banyak juga saya sampaikan kepada Kepala Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Puji Lestari, S.P., M.Si., Ph.D.; Kepala Pusat Riset Tanaman Pangan, Dr. Yudhistira Nugraha, S.P., M.P.; Kepala Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Prof. Dr. Ir. Fadry Djufry; Kepala Pusat Standardisasi Instrumen Tanaman Pangan, Dr. Ir. Priatna Sasmita, M.Si; Kepala Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Aneka Kacang, Dr. Ir. Titik Sundari yang telah memberi kesempatan dan mendukung pengembangan karier saya sehingga saat ini saya dapat menyampaikan orasi ilmiah sebagai Peneliti Ahli Utama bidang Entomologi Pertanian.

Kepada Bapak/Ibu Dosen dan Guru besar di Institut Pertanian Bogor (IPB), Dr. Ir. Teguh Santoso, DEA (alm.); Prof. Dr. Ir. Widodo, M.Si.; Prof. Dr. Syafrida Manuwoto; Prof. Dr. Aunu Rauf; Prof. Dr. Utomo Kartosuwondo, Prof. Dr. Ir. Lisdar Sudirman; Prof. Dr. Damayanti Buchori; Prof. Dr. Ir. Meity Sinaga; dan seluruh pendidik yang telah membimbing dan mengajar saya mulai dari SD, SMP, SPMA hingga di IPB sehingga saya dapat menyelesaikan studi dengan tepat.

Kepada peneliti senior, Prof. Dr. Sumarno; Prof. Dr. Suyanto; Prof. Dr. Hasil Sembiring; Prof. Dr. Marwoto; Prof. Dr. Made Jana Mejaya; Prof. Dr. Suyanto; Prof. Dr. Subandi; Prof. Dr. Nasir Saleh; Prof. Dr. Sudaryono; Prof. Dr. Titis

Adisarwanto (alm.); Prof. Dr. Astanto Kasno; Prof. Dr. Arief Harsono; Dr. Suharsono; Ir. Wedanambi Tengkanu, M.S. (alm.); Ir. Sri Hardaningsih, MS; Ir. Sri Wahyuni Indiati, M.S.; Ir. Sumartini, M.S., Dr. Yuliantoro Baliadi; Dr. Alfi Inayati; Marida SYIB; Rensi Emerensiana, M.Sc.; dan seluruh Periset Kelris PH-Elisitor Tanaman Akabi serta seluruh periset eks. Balitkabi atas dorongan maupun *support* yang diberikan kepada saya sehingga pada hari ini saya dapat melaksanakan orasi ilmiah.

Terima kasih tak terhingga saya sampaikan kepada kedua orang tua saya, alm. Ayahanda Piranata dan Ibunda Juminah, seluruh saudara saya serta istri Leny Mas'Udah serta kedua anak saya, Shashabilla Ajeng Prayogo dan Muhammad Pandhu Prayogo, atas dukungan dan doa-doanya dengan tanpa lelah sehingga saya dapat mewujudkan cita-cita ini.

Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada Sekretariat Majelis Profesor Riset BRIN, panitia penyelenggara acara Orasi Pengukuhan Profesor Riset dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Akhir kata, terima kasih kepada seluruh hadirin yang telah berkenan mengikuti acara Pengukuhan Profesor Riset ini.

Wa billahi taufik wal hidayah, wassalamualaikum wa rahmatullahi wa barokatuh. Om Shanti Shanti Shanti Om Namo Buddhaya.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., & Tengkan, W. (2008). Tingkat kerusakan ekonomi hama kepik coklat pada kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 27(1), 47–54.
- Arifin, M., **Prayogo, Y.**, & Kuswanudin, D. (2010). Insektisida biorasional untuk mengendalikan hama kepik coklat (*Riptortus linearis*) pada kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (233–245).
- Artanti, D., & **Prayogo, Y.** (2013). Cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dalam mengendalikan telur hama penggerek ubi jalar *Cylas formicarius*. *LenteraBio*, 2(1), 43–48.
- Asikin, S., & **Prayogo, Y.** (2014). Penyakit utama kedelai di lahan rawa pasang surut dan teknologi pengendaliannya. *Dalam: KEDELAI Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Swasembada Pangan dan Bioindustri*, (144–166).
- Asril, M., Ohiwal, M., Sepe, M., Bulawan, J.A., Lestari, W., Sari, S.P., Windriyati, R.D.H., Ramdan, E.P., & Apriliyantono, E. (2023). Pengendalian Hayati. *Yayasan Kita Menulis*.
- Baliadi, Y., Tengkan, W., Bedjo, & Purwantoro. (2008). Validasi rekomendasi pengendalian hama terpadu kedelai pada lahan sawah dengan pola tanam padi-kedelai-kedelai. *Agritek*, 16(3), 492–500.
- Baliadi, Y., & **Prayogo, Y.** (2018). Jenis dan populasi artropoda dan dampaknya terhadap kerusakan polong kacang hijau. *Buletin Palawija*, 16(1), 17–26.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Distribusi Perdagangan Komoditas Kedelai Indonesia Tahun 2023*. bps.go.id/id/publication/2023/02/28/18018f9896f09f03580a61b/statistik-indonesia-223.html

- Baron, N., C., & Rigobelo, E., C. (2021). Endophytic fungi: a tool for plant growth promotion and sustainable agricultura. *Mycology An International Journal on Fungal Biology*, 13(1), 39–55.
- Bayu, M. S.Y. I., & **Prayogo, Y.** (2014). Pengaruh kerapatan konidia *Lecanicillium lecanii* terhadap predator *Paederus fuscipes* dan *Coccinella* sp. pada tanaman kedelai. *Prosiding Seminar Nasional, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (418–424).
- Bayu, M.S.Y.I., & **Prayogo, Y.** (2016). Pengendalian hama penggerek ubi jalar *Cylas formicarius* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) menggunakan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 13(1), 40–48.
- Bayu, M.S.Y.I., & **Prayogo, Y.** (2018). Field efficacy of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) for the management of mungbean insect pests. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 102(1), 1–9.
- Bayu, M.S.Y.I., **Prayogo, Y.**, & Indiati, S.W. (2021a). “*Beauveria bassiana*” Biopestisida ramah lingkungan untuk mengendalikan berbagai jenis hama dan penyakit tanaman. *Buletin Palawija*, 19(1), 41–63.
- Bayu, M.S.Y.I., Susanto, G.W.A., **Prayogo, Y.**, & Indiati, S.W. (2021b). Soybean promoting lines and the level of resistance against *Etiella zinckenella*, the pod borer. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 743(2021), 012051.
- Bintan, R., Leksono, A.S., & **Prayogo, Y.** (2012). Efficacy of mycoparasite fungi *Lecanicillium lecanii* against rust disease (*Phakopsora pachyrhizi*) at soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Natural B*, 1(4), 318–327.
- Boedeker, W., Watts, M., Clausing, P., & Marquez, M. (2020). The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: estimations based on a systematic review. *BMC Public Health*, 7(20)(1), 1875.

- Busyra, R.,G. (2018). Dampak UPSUS terhadap kesejahteraan petani kedelai. *Jurnal MeA (Media Agribisnis)*, 3(2), 61.
- Chandler, R.F. (1968). The contribution of insect control to high yield of rice. *Annals of The Entomological Society of America*, 13(2), 365–368.
- Clifton, E.H., Jaronski, S.T., Coates, B.S., Hodgson, E.W., & Gassmann, A.J. (2018). Effects of endophytic entomopathogenic fungi on soybean aphid and identification of *Metarhizium* isolates from agricultural fields. *PLOS One*, 1–19.
- Debach, P. (1973). *Biological control of insect pests and weeds*. Chapman and Hall Ltd. London, 844p.
- Dias, B.A., Neves, P.M.O.J., Furlaneto-Maia, L., & Furlaneto M.C. (2008). Cuticle degrading proteases produced by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in the presence of coffee berry borer cuticle. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39, 301–306.
- Dimbi, S., Maniania, N.K., & Ekesi, S. (2013). Horizontal transmission of *Metarhizium anisopliae* in fruit flies and effect of fungal infection on egg laying and fertility. *Insects*, 4(2), 206–216.
- Dyck, V. A., & Thomas, B. (1979). The brown planthopper problem, in: Brown planthopper: threat to rice production in Asia. *International Rice Research Institute, Los Banos*, 17.
- Ezzati-Tabrizi, R., Talaei-Hassanlou, R., & Pourian, H.R. (2009). Effect of formulating of *Beauveria bassiana* conidia on their viability and pathogenicity to the onion Thrips, *Thrips tabaci* Lind. (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Plant Protection Research*, 49(1), 98–104.
- Gams, W. (1971). *Cephalosporium- articege Schimelpilze (Hyphomycetes)*. VEB Gustav Fisher Verlag Jena, 262p.
- Gil, J.D.B., Reidsma, P., Giller, K., Todman, L., Whitmore, A., & Ittersum, M.v. (2019). Sustainable development goal 2: Improved

targets and indicator for agriculture and food security. *Ambio*, 48(7), 685–698.

- Harnowo, D., & **Prayogo, Y.** (2023). The role of PME and ADH enzymes in seed deterioration and its implication for producing high quality soybean seed. *IOP Conference Series, Earth and Environmental Science*, 1246(2023), 012021.
- Heinrichs, E.A. (1994). Impact of insecticides on the resistance and resurgence of rice planthoppers. Dalam R. F. Denno & T. J. Perfect (Eds.). *Planthoppers: Their Ecology and Management*. (571–598).
- Humairoh, D., Hidayat, M.T., Isnawati., & **Prayogo, Y.** (2016). Patogenisitas kombinasi jenis cendawan entomopatogen dan kerapatan konidia terhadap mortalitas larva ulat grayak. *Biomedika*, 9(1), 1–5.
- Ibrahim, E., Firmansyah., Mansyur., & **Prayogo, Y.** (2022). Eksplorasi dan identifikasi cendawan entomopatogen isolat lokal Sulawesi Selatan sebagai calon biopestisida potensial. *Buletin Palawija*, 20(2), 59–71.
- Indiati, S.W., Bayu, M.S.Y.I., & **Prayogo, Y.** (2021a). Soybean pest control in tidal swamp, South Kalimantan. *IOP Conference Series, Earth and Environmental Science*. (743).
- Indiati, S.W., Hapsari, R.T., **Prayogo, Y.**, Sholihin, Sundari, T., & Mejaya, J.M. (2021a). Resistance level of mungbean genotypes to pod borer *Maruca testulalis* Geyer. *Legume Research*, 44(5), 602–607.
- Janakiraman, A.I. (1961). Disease affecting the Indian silkworm races. *Journal of Silkworm*, 13, 91–101.
- Kandil, M.A., Saleh, A.Y., Dieb, W.H.El., & Farghaly, A.F. (2008). Resistance mechanisms of whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to thiamethoxam and prefenofos. *Asian Journal of Biological Sciences*, 1(1), 33–38.
- Kim, J.J., Goettel, M.S., & Gillespie, D.R. (2007). Potential of *Leucanicillium* species for dual microbial control of aphids and the

- cucumber powdery mildew fungus, *Sphaerotheca fuliginea*. *Biological Control*, 40(3), 327–332.
- Kouvelis, V. N., Ghikasa, D.V., & Typas, M. A. (2004). The analysis of the complete mitochondrial genome of *Lecanicillium lecanii* (syn. *Verticillium lecanii*) suggests a minimum common gene organization in mtDNAs of Sordariomycetes: Phylogenetic Implications. *Fungal Genetics and Biology*, 41, 930–940.
- Krisnawati, A., & Adie, M.M. (2018). Evaluation of soybean resistance to pod sucking bug, *Riptortus linearis* F. and performance of its agronomic characters. *Biosaintifika Journal of Biology & Biology Education*, 10(1), 213–222.
- Krisnawati, A., Adie, M.M., Krisdiana, R., **Prayogo, Y.**, Soehendi, R., & Baliadi, Y. (2023). Differential levels of soybean resistance to the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) under controlled and uncontrolled environments are associated with plant age, damage intensity, and trichome density. *Bioscience Journal*, 39, e39024.
- Kubilay, Er. M., Baris, C., Tunaz, H., & Isikber A,A. (2018). Effect of passing *Beauveria bassiana* through alkane based media on the adult mortalities of *Rhyzopertha dominica* and *Sitophilus oryzae*. *12th International working conference on stored product protection (IWCSPP)*. (513–463).
- Latch, G. C. M. (1965). *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin strains in New Zealand and their possible use for controlling pasture inhabiting insects. *Zew Zealand Journal of Agricultural Research*, 8(2), 384–396.
- Luz, C., & Farques, J. (1997). Temperature and moisture requirements for conidial germination of an isolates of *Beauveria bassiana* against *Psorptes* spp. (Acari: Psoroptidae). *Vet Parasitol*, 139, 198–202.
- Mariyono, J., & Irham. (2001). Usaha menurunkan penggunaan pestisida kimia dengan program pengendalian hama terpadu. *Manusia & Lingkungan VII*, (1), 30–36.

- Marwoto. (2006). Status hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* dan cara pengendaliannya. *Buletin Palawija*, 12, 69–74.
- Montzoukas, S., & Eliopoulos, P. (2020). Endophytic entomopathogenic fungi: A valuable biological control tool against plant pests. *Applied Sciences*, 10(1).
- Morrow, B.J., Boucias, D.G., & Heath, M.A. (1989). Loss of virulence in an isolate of an entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* after serial in vitro passage. *Journal Economic Entomology*, 82, 404–407.
- Mujiono, & Tarjoko. (1993). Patogenisitas beberapa mikroba terhadap nimfa *Nezara viridula*. *Prosiding Simposium Patologi Serangga I*, 311–315
- Mulyati, Y., Zubaidah, S., & **Prayogo, Y.** (2023). Efficacy of biopesticide *Lecanicillium lecanii* against soybean sucking bugs *Riptortus linearis* during field application. *Biodiversitas*, 24(9), 4829–4836.
- Nugraha, H.L. (2022). Kebutuhan kedelai Indonesia. *Bisnis Indonesia*. <https://bisnisindonesia.id/article/keutuhan-kedelai-indonesia>. <https://bisnisindonesia.id/article/kebutuhan-kedelai-> [diakses 2 Mar 2024].
- Ohsawa, K., Hartati, S., Nugrahati, S., Sastrohamidjoyo, H., Untung, K., Arya, N., Sumiartha, K., & Kuwatsuka, S. (1985). Residue analysis of organochlorin and organophosphorous pesticides in soil, water, and vegetables from central Java Science and Bali, ecol/ impact of IPM in Indonesia. (59–70).
- Popkin, B.M. (2014). Nutrition, agriculture, and the global food system in low and middle income countries. *Food Policy*, 1, 47–91.
- Pranata, D., Ratnasari, E., Isnawati, & **Prayogo, Y.** (2014). Penggunaan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* untuk menanggulangi hama penggerek polong kedelai *Etiella zinckella* secara in vitro. *LeteraBIO*, 3(3), 168–173.
- Prasetyaswati, N., **Prayogo, Y.**, Elisabet, D., Susanto, G.W.A., Bayu, M.S.Y.I., Harnowo, D., & Mejaya, I.M.J. (2021a). Economic fea-

sibility of soybean cultivation using biopesticide technology. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, 756012081.

Prasetyaswati, N., **Prayogo, Y.**, Bayu, M.S.Y.I., Sumartini, Widodo, Y., Indiati, S.W., Rozi, F., & Mejaya, I.M.J. (2021b). Financial feasibility assessment of sweet potato cultivation technology packages application in tidal land. *J. Agric. Sci.*, 13(3), 113–23.

Prayogo, Y. (2004). Biologi *Paederus fuscipes* Curt. (Coleoptera: Staphylinidae) dan *Andrallus spinidens* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) sebagai predator terhadap hama *Spodoptera litura* (F.). *Jurnal Ilmiah SAINTEKS*, 12(1), 40–48.

Prayogo, Y. (2005a) Potensi cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal Ilmu Pertanian*. MAPETA, 7(2), 74–79.

Prayogo, Y. (2005b). Pengaruh residu fungisida triadimefon terhadap pertumbuhan dan viabilitas jamur entomopatogen *Verticillium lecanii*. *Jurnal AGRIVITA*, 27(3), 160–169.

Prayogo, Y. (2005c). Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera litura*) pada kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1), 19–29.

Prayogo, Y. (2006a). Ragam cendawan entomopatogen di lahan kering masam. *Jurnal AGRITEK*, 14(1), 1–10.

Prayogo, Y. (2006b). Cendawan entomopatogen di pertanaman kedelai di Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Pengembangan Ilmu-ilmu Pertanian SAINTEKS*, 13(3), 168–179.

Prayogo, Y. (2006c). Sebaran dan efikasi berbagai genus cendawan entomopatogen terhadap *Riptortus linearis* pada kedelai di Lampung dan Sumatra Selatan. *Jurnal HPT Tropika*, 6(1), 14–22.

Prayogo, Y. (2006d). Effect of adding botanical oils on the effectiveness of entomopatogenic fungi *Verticillium lecanii* in controlling eggs of pod sucking bug *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae). *AGRIKULTURA*, 17, 87–95.

- Prayogo, Y.** (2006e). Pengaruh minyak nabati terhadap keefektifan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis*. *Jurnal AGRITEK*, 14(2), 383–392.
- Prayogo, Y.** (2006f). Pengaruh penambahan perekat dan pembawa pada cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tungau merah (*Tetranychus bimaculatus*) pada ubi kayu. *Jurnal WACANA Pertanian*, 5(1), 51–56.
- Prayogo, Y.** (2006g). Penggunaan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae) dan dampaknya pada predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae). *Jurnal AGROTROPIKA*, 11(1), 47–55.
- Prayogo, Y.** (2010a). Efikasi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) untuk pengendalian hama kepik coklat pada kedelai. *Buletin Palawija*, 20, 47–61.
- Prayogo, Y.** (2010b). *Lecanicillium lecanii* sebagai biopestisida untuk pengendalian telur kepik coklat pada kedelai. *IPTEK Tanaman Pangan*, 5(2), 169–182.
- Prayogo, Y.** (2011a). Pengendalian dini hama kepik coklat pada kedelai dengan pemanfaatan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii*. *IPTEK Tanaman Pangan*, 6(1), 99–115.
- Prayogo, Y.** (2011b). Sinergisme cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dengan insektisida nabati untuk meningkatkan efikasi pengendalian telur kepik coklat *Riptortus linearis* pada kedelai. *Jurnal HPT Tropika*, 11(2), 166–177.
- Prayogo, Y.** *bassiana* Bals. Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) terhadap kepik hijau (*Nezara viridula*). *Jurnal Suara Perlindungan Tanaman*, 2(1), 27–40.
- Prayogo, Y.** (2012b). Distribusi peletakan telur kepik coklat (*Riptortus linearis*) (Hemiptera: Alydidae) pada pertanaman kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering*. (184–197).

- Prayogo, Y.**(2012c). Toksisitas cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* Bals. Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) terhadap kepik hijau (*Nezara viridula*). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (738–754).
- Prayogo, Y.** (2012d). Keefektifan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) terhadap *Bemisia tabaci* Genn. sebagai vektor *soybean mosaic virus* (SMV) pada tanaman kedelai. *Jurnal Suara Perlindungan Tanaman*, 2(1), 11–21.
- Prayogo, Y.** (2012e). Virulensi beberapa isolat cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* Vuill. untuk mengendalikan penggerek ubi jalar *Cylas formicarius*. *Prosiding Seminar Nasional, Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (738–754).
- Prayogo, Y.** (2013a). Karakterisasi fisiologi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* sebagai calon bahan aktif bioinsektisida untuk pengendalian telur kepik coklat (*Riptortus linearis*) pada kedelai. *Buletin Plasma Nutfah*, 19(1), 33–44.
- Prayogo, Y.** (2013b). Patogenisitas cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) pada berbagai stadia kepik hijau (*Nezara viridula* L.). *Jurnal HPT Tropika*, 13(1), 75–86.
- Prayogo, Y.** (2013c). Toksisitas cendawan *Beauveria bassiana* Vuill. (Balsamo.) terhadap telur dan larva penggerek ubi jalar *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (669–681).
- Prayogo, Y.**(2014a). Isolat virulen cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* sebagai bioinsektisida untuk pengendalian telur kepik coklat *Riptortus linearis* (F.) pada kedelai. *Buletin Palawija*, 21, 39–54.
- Prayogo, Y.** (2014b). Efikasi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* terhadap *Bemisia tabaci* (Homoptera: Alydidae) pada kedelai. *Jurnal HPT Tropika*, 14(2), 187–200.
- Prayogo, Y.** (2015). Bio-Lec: Bioepstisida Berbahan Aktif Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* untuk Pengendalian Telur

Hama Pengisap Polong Kedelai dan Cara Pembuatannya. Paten Nomor: IDP000039195

- Prayogo, Y.** (2017). Perbandingan metode aplikasi jamur entomopatogen untuk pengendalian *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal HPT Tropika*, 17(1), 84–95.
- Prayogo, Y.** (2018). Be-Bas: Proses Pembuatan Biopestisida Berbahan Aktif Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* dan Komposisinya. Paten Nomor P0020165992.
- Prayogo, Y.** (2021). Mortal-B: Biopestisida Berbahan Aktif Konidia Cendawan Entomopatogen *Aschersonia aleyrodis* Bersifat Ovisidal untuk Membunuh Telur Hama Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*) dan Cara Pembuatannya. Paten Nomor: P00201805983.
- Prayogo, Y., & Baliadi Y.** (1994). Tingkat kerentanan empat varietas kedelai terhadap infeksi penyakit tular tanah *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfsii*. *Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah*. (297–302).
- Prayogo, Y., & Tengkanu, W.** (2002a). Pengaruh tempat dan lama penyimpanan suspensi spora *Metarhizium anisopliae* terhadap tingkat mortalitas larva *Spodoptera litura*. *Seminar Nasional dan Pameran Pertanian Organik*. (259–268).
- Prayogo, Y., & Tengkanu W.** (2002b). Pengaruh umur larva *Spodoptera litura* terhadap efektivitas *Metarhizium anisopliae* isolat Kendalpayak. *BIOSFERA*, 19(3), 70–76.
- Prayogo, Y., & Tengkanu, W.** (2002c). Pengaruh media tumbuh terhadap daya kecambah, sporulasi, dan virulensi *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin isolat Kendalpayak pada larva *Spodoptera litura*. *Jurnal Ilmiah SAINTEKS*, 9(4), 233–242.
- Prayogo, Y., & Tengkanu, W.** (2002d). Potensi jamur *Beauveria* sp. isolat Probolinggo untuk mengendalikan hama pengisap polong kacang-kacangan (*Riptortus* sp.). *Seminar Nasional Perkembangan Terkini Pengendalian Hayati Di Bidang Pertanian dan Kesehatan*. 19 hlm.

- Prayogo, Y., & Tengkan, W.** (2004). Pengaruh konsentrasi dan frekuensi aplikasi *Metarhizium anisopliae* isolat Kendalpayak terhadap tingkat kematian *Spodoptera litura*. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian SAINTEK*, 10(3), 209–216.
- Prayogo, Y., & Suharsono.** (2005a). Optimalisasi pengendalian hama pengisap polong kedelai (*Riptortus linearis*) dengan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii*. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(4), 123130.
- Prayogo, Y., & Suharsono.** (2005b). Pengendalian telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* L. (Hemiptera: Alydidae) dengan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* dan *Paecilomyces fumosoroseus*. *Jurnal Ilmu Pertanian MAPETA*, 7(3), 145–150.
- Prayogo, Y., & Suharsono.** (2005c). Integrasi antara cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* dengan predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae) untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis*. *HABITAT*, 16(4), 241–250.
- Prayogo, Y., & Tengkan, W.** (2006a). Pengaruh konsentrasi minyak nabati terhadap keefektifan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal AGRITEK*, 14(4), 808–814.
- Prayogo, Y., & Tengkan, W.** (2006b). Pengaruh penambahan minyak nabati terhadap viabilitas cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* di tanaman kedelai. *Jurnal AGRITEK*, 14(4), 852–856.
- Prayogo, Y., & Santoso, T.** (2013). Viabilitas dan Infektivitas Formulasi Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* sebagai Biopestisida Pengendalian Telur Kepik Coklat *Riptortus linearis*. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 32(1), 57–66.
- Prayogo, Y., & Tantawizal.** (2015). Efikasi biopestisida *Beauveria bassiana* pada kepik coklat. *Prosiding Seminar Nasional*. Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. (284–295).

- Prayogo, Y., Bayu, M.S.I.** (2018). Status and population of arthropod on mungbean. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 197(1), 1–12.
- Prayogo, Y., & Bayu, M. S. Y. I.** (2019). Efficacy of biopesticide Be-Bas against sweet potato weevils (*Cylas formicarius* Fab.) in tidal land. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 23(1), 6–15.
- Prayogo, Y., & Bayu, M. S. Y. I.** (2020a). Biological control of whitefly (*Bemisia tabaci*) Gennadius using entomopathogenic fungi of *Aschersonia aleyrodalis*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 456, 1–8.
- Prayogo, Y., & Bayu, M. S. Y. I.** (2020b). Validation of technology components for peanuts pod borer (*Etiella zinckenella* Triet.) control. *Jurnal HPT Tropika*, 20(1), 1–12.
- Prayogo, Y., & Bayu, M. S. Y. I.** (2020c). Pengembangan teknologi pengendalian hama utama kacang hijau menggunakan biopestisida. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 17(2), 70–80.
- Prayogo, Y., Tengkan, W., & Suharsono.** (2004). Potensi cendawan *Beauveria bassiana* isolat Probolinggo untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai (*Riptortus linearis*). *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA*, 21(3), 95–99.
- Prayogo, Y., Santoso, T., & Widodo.** (2005). Keefektifan cendawan entomopatogen dalam mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* L. dan dampaknya terhadap predator *Oxyopes javanus* Thorell. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 24(2), 53–60.
- Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., Sudirman, L. I., & Marwoto.** (2008a). Efektivitas beberapa isolat cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* Zimm. (Viegas) terhadap telur hama pengisap polong kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian*, 27(2), 81–89.
- Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., Sudirman, L.I. & Marwoto.** (2008b). Uji konsentrasi konidia cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas (Deuteromycotina:

Hyphomycetes) pada berbagai umur telur *Riptortus linearis* L. (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal AGRITEK*, 16(6), 1039–1052.

- Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., & Sudirman, L. I.** (2011). Peningkatan efikasi cendawan *Lecanicillium lecanii* untuk mengendalikan telur hama kepik coklat pada kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian*, 30(1), 58–70.
- Prayogo, Y., Marwoto, & Suharsono.** (2012). Efikasi cendawan entomopatogenik untuk mengendalikan ulat bulu. *Jurnal Biologi Indonesia*, 8(1), 85–86.
- Prayogo, Y., Afandi, A., Puspitarini, R., & Rachmawati, R.** (2017). Penambahan senyawa kitin untuk peningkatan virulensi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana*. *Buletin Palawija*, 15(1), 31–43.
- Prayogo, Y., Bayu, M. S. Y. I., Susanto, G. W. A., & Indiati, S. W.** (2021a). Impact of biopesticide inundation on the diversity of soybean pests and disease. *Conference Series Earth Environmental Science*, 743, 012003.
- Prayogo, Y., Bayu, M. S. Y. I., Indiati, S. W., Harnowo, D., & Mejaya, M. J.** (2021b). Biopesticide efficacy against main pests, diseases, and natural enemies of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 20(2), 931–945.
- Prayogo, Y., Bayu, M. S. Y. I., Indiati, S. W., & Mejaya, M. J.** (2022a). Morphological characters and efficacy of thirteen entomopathogenic fungi of *Aschersonia aleyrodis* Webber isolates on whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). *AIP Conference Proceedings*, 2462, 060008.
- Prayogo, Y., Setyaningsih, N., Hariono, D., & Suminarti, N. E.** (2022b). Integrasi komponen pengendalian hama penggerek ubi jalar (*Cylas formicarius* Fab.) (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 19(1), 42–54.
- Prayogo, Y., Bayu, M. S. Y. I., Indiati, S. W., Sumartini., Mejaya, I. M. J., Harnowo, D., Susanto, G. W. A., & Baliadi, Y.** (2023a). Innovation of main pest and disease control technology using bio-

pesticides on soybean (*Glycine max* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 21(1), 589–608.

Prayogo, Y., Bayu, M. S. Y. I., Indiaty, S. W., Sumartini., Susanto, G. W. A., Harnowo, D., Baliadi, Y., Widiarta, I. N., Harsono, A., Budiono, R., Mejaya M. J. & Supriadi, K. (2023b). Control measure of sweet potato weevil (*Cylas formicarius* Fab.) (Coleoptera: Curculionidae) in endemic land of entisol type using mulch and entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Open Agriculture*, 8:20220237. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0237>

Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2020). Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2020.

Qayyum, M. A., Bilal, H., Ullah, U. N., Ali, H., Raza, H., & Wajid, M. (2021). Factors affecting the epizootics of entomopathogenic fungi: A Review. *J. Biores. Manag.*, 8(4), 78–85.

Rakhmad, R., Rahayu, S. E., & **Prayogo, Y.**, (2015). Efficacy of entomopathogenic fungi *Verticillium (=Lecanicillium) lecanii* Zimm. (Hypocreales: Clavicipitaceae) toward controlling *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) on soybean. *Knowledge E Life Sci*, 2(1), 410–414.

Riyanti, N., Isnawati, Trimulyono, G., & **Prayogo, Y.**, (2013). Pengaruh cara aplikasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk mengendalikan hama boleng (*Cylas formicarius*) dan tingkat kerusakan yang ditimbulkan pada ubi jalar. *Lentera BIO*, 2(1): 49-56.

Rohman, F. L., Saputro, T.B., & **Prayogo, Y.**, (2017). Pengaruh penambahan senyawa berbabsis kitin terhadap pertumbuhan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana*. *Jurnal Sains dan Seni*, 6(2), 13–16.

Rudd, R. L. (1964). Pesticides and the living landscape. *The University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin*, 320 pp.

Russo, M. L., Pelizza, S. A., Cabello, M. N., Stenglein, S. A., & Scorsetti, A. C. (2015). Endophytic colonization of tobacco, corn, wheat and soybeans by the fungal entomopathogen *Beauveria*

- bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Biocontrol Science Technology*, 25, 475–480.
- Saksirirat, W., & Hoppe, H.H. (1991). Degradation of uredospores of the soybean rust fungus (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) by cell-free culture filtrates of the mycoparasite *Verticillium psalliotae* Treschow. *Journal Phytopathology*, 132, 33–45.
- Santoso, T. (1993). Dasar-dasar patologi serangga. *Prosiding Makalah, Simposium Patologi Serangga I*. (1–13).
- Saputro, T. B., **Prayogo, Y.**, Rohman, F. L., & Alami, N. H. (2019). The virulence improvement of *Beauveria bassiana* in infecting *Cylas formicarius* modulated by various chitin based compounds. *Biodiversitas*, 20(9), 2486–2493.
- Schutze, I. X., Naranjo, S. E., & Yamamoto, P. T. (2022). Impact of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) on soybean yield and quality under field conditions. *Journal of Economic Entomology*, 115(3), 757–766.
- Sembel, D. T., Kandowangke, D.S., & Rimbing, J. (1993). Studi tentang penggunaan beberapa patogen untuk pengendalian hama bubuk buah kopi (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) pada tanaman kopi. *Simposium Patologi Serangga I*. (223–238).
- Setyaningsih, N., **Prayogo, Y.**, Suminarti, N. E., & Hariyono, D. (2018). Paket teknologi budidaya ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) varietas Cilembu. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(8), 1891–1899.
- Sharma, A., Sharma, S., & Yadav, P. K. (2023). Entomopathogenic fungi and their relevance in sustainable agriculture: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 9, 2180857.
- Sikarwar, P.S., & Vikram, B. (2023). *Beauveria bassiana* : An ecofriendly entomopatogenic fungi for agriculture and environmental sustainable. In Book. *Industrial Applications of Soil Microbes*, 2, 219–233.
- Singh, S., Ramanujam, B., Sandhu, R.K., Kandan, A., Poornesha, B., & Kundhu, R. (2021). Natura; occurrence of entomopathogenic fungus, *Aschersonia aleyrodidis* on citrus whitefly, *Daileurodes*

- citri* (Ashmead) in Kinnow Mandarin in Punjab, India. *Journal of Biological Control*, 35(3), 181–186.
- Smith, D.Q., Dragotakes, Q., Kulkarni, M., Hardwick, M., & Casadevall, A. (2022). Melanization is an important antifungal defense mechanism in *Galleria mellonella* host. *Biorxiv The Preprint Server For Biology*.
- Soesanto, L., & Darsam. (1993). Mikroba entomopatogenik: Patogenisitasnya terhadap telur *Nezara viridula*. *Prosiding Simposium Patologi Serangga I*. (333–342).
- Sri Hardaningsih, Cook, A.A., & **Prayogo, Y.** (1988). Foliar disease of palawija crops caused by species of *Cercospora* and related fungal genera. *Penelitian Palawija*, 3(2), 77–83.
- Sri Hardaningsih, Cook, A.A., & **Prayogo, Y.** (1989). Evaluation of soybean cultivars and accessions for resistance to bacterial pustule. *Penelitian Palawija*, 4(1), 44–50.
- Sudirman, L.I., **Prayogo, Y.**, Yunimar., & Ginting, S. (2009). Effect of leaf liters and soils on viability of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Hayati J of Biosci*, 15(3), 169–182.
- Suharsono, & **Prayogo, Y.** (2005). Pengaruh lama pemaparan pada sinar matahari terhadap viabilitas jamur entomopatogen *Verticillium lecanii*. *Jurnal Ilmiah HABITAT*, 16(2), 122–131.
- Suharsono, & **Prayogo, Y.**, (2014). Integration of botanical pesticide and entomopathogenic fungi to control the brown stink bug (*Riptortus linearis* F.) (Hemiptera: Alydidae) on soybean. *Jurnal HPT Tropika*, 14(2), 41–50.
- Sumartini, & **Prayogo, Y.** (2020). Integrated crop management to minimize scab disease and tuber borer on sweet potato in tidal land. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 499, 012012.
- Sumartini, **Prayogo, Y.**, Indiati, S., & Hardaningsih, S. (2021). Pemanfaatan jamur *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan pengisap polong pada kedelai. *Symposium Pengendalian Hayati Serangga*. (154–157).

- Susanto, G.W.A., Harnowo, D., Soehendi, R., **Prayogo, Y.**, Purwanto, Mejaya, M.J., & Karyawati, A.S. (2023). Genetic parameters estimation of high yielding and large seed size of soybean (*Glycine max* L.). *Legume Research*, 46(5), 562–567.
- Tanada, Y., & Kaya, H.K. (1993). *Insect Pathology*. San Diego, Academic Press, 666 pp.
- Tantawizal, & **Prayogo, Y.**, (2012). Virulensi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* terhadap kutu kebul dan kemampuannya sebagai vektor virus CMMV pada tanaman kedelai. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (248–256).
- Tantawizal, & **Prayogo, Y.**, (2015). Efikasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk mengendalikan hama boleng *Cylas formicarius* pada ubi jalar. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (596–604).
- Tantawizal, Bayu, M. S. Y. I., & **Prayogo, Y.**, (2013). Pengaruh cara aplikasi dan frekuensi aplikasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap tingkat serangan hama pada ubi jalar. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (662–668).
- Tantawizal, Inayati, A., & **Prayogo, Y.** (2016). Potensi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin untuk mengendalikan hama boleng *Cylas formicarius* F. pada tanaman ubi jalar. *Buletin Palawija*, 29, 46–53.
- Tengkano, W., Harnoto, Taufiq, M., & Iman, M. (1992). Dampak negative insektisida terhadap musuh alami pengisap polong. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pendukung Pengendalian Terpadu*, (29–49).
- Tengkano, W., Supriyatin, Suharsono, Bedjo, **Prayogo, Y.**, & Purwanto. (2005). Status hama kedelai dan musuh alaminya di lahan kering masam Provinsi Lampung. *Prosiding Nasional Peningka-*

tan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. (221–246).

Tengkano, W., Supriyatin, Suharsono, Bedjo, **Prayogo, Y.**, & Purwan-toro. (2007). Status hama kedelai dan musuh alami pada agroeko-sistem lahan kering masam Lampung. *IPTEK Tanaman Pangan.* (3), 93–109.

Untung, K. (2000). Pelembagaan konsep pengendalian hama terpadu di Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 6(1), 1–8.

Untung, K. (2019). Pengantar pengelolaan hama terpadu (edisi kedua). *Yogyakarta UGM Press*, 347 hlm.

Urs, R. N.V., Govindu, H.C., & Shastry, S.K.S. (1967). The effect of certain isecticides on the entomogenous fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 9(3), 398–403.

Vandermeer, J., Perfecto, I., Liere, H. (2009). Evidence fo hyperpaer-asitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. *Plant Pathol*, 58, 636–641.

Yulianto. (2020). Memacu ekspor, mendorong Kawasan bebas resi-du pestisida. *Tabloid Sinartani.com*, <https://tabloidsinartani.com/detail/indeks/horti/13801-Memacu-Ekspor-Mendorong-Kawasan-Bebas-Residu-Pestisida> [diakses 21 Maret 2024].

Zimmermann, G., Papierok, B., & Glare, T. (1995). A Pioneer in in-sect pathology, the first describe of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* and how to translate a Russian name. *Bio-control Science and Technology*, 5, 527–530.

Zimmermann. (1998). Suggestion for a standardized method for reiso-lation of entomopathogenic fungi from soil using the bait method. *IOBC Bulletin*, 21(4), 289–298

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Buku

1. Harnowo, D., Susanto, G. W. A., & **Prayogo, Y.** (2016). *Inovasi teknologi budi daya untuk peningkatan produktivitas kedelai*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
2. **Prayogo, Y.** (2022). *Hama Penting Kacang Tanah dan Cara Pengendaliannya*. Universitas Negeri Malang.

Bagian dari Buku

3. Rahmiana, A. A., Sudaryono, Adisarwanto, T., & **Prayogo, Y.** (1999). Groundnut cultivation after rice in lowland areas under rice based cropping systems in Blitar. Dalam *Improving yield productivity and stability of legumes and cereals* (54–59). RILET Special Edition 14.
4. **Prayogo, Y.** (2013). Identifikasi penyakit utama kedelai dan cara pengendaliannya. Dalam *Teknik produksi benih kedelai bagi petugas UPBS dan penangkar benih* (91–118). Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
5. Asikin, S., & **Prayogo, Y.** (2014). Penyakit utama kedelai di lahan rawa pasang surut dan teknologi Pengendaliannya. Dalam *KEDELAI Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Swasembada Pangan dan Bioindustri* (144–166). Balai Pengujian Standar Instrumen Pertanian Lahan Rawa.
6. **Prayogo, Y.** (2016). Biopestisida untuk pengendalian hama dan penyakit kedelai. Dalam *Bimbingan Teknis Teknik Produksi Benih Kedelai 2016* (1–16). Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

7. **Prayogo, Y.** (2017). Biopestisida untuk pengendalian hama penyakit kedelai. Dalam *Bunga Rampai: Teknik Produksi Benih Kedelai (75–94)*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.

Jurnal Internasional

8. Sudirman, L. I., **Prayogo, Y.**, Yunimar, & Ginting, S. (2009). Effect of leaf litters and soils on viability of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. *Hayati Journal of Bioscience*, 15(3), 169–182.
9. Indiati, S. W., Hapsari, R. T., **Prayogo, Y.**, Sholihin, Sundari, T., & Mejaya, M. J. (2021). Resistance level of mungbean genotypes to pod borer *Maruca testulalis* Geyer. *Legume Research*, 44(5), 602–607.
10. **Prayogo, Y.**, & Bayu, M. S. Y. I. (2020). Validation of technology components for peanut pod borer (*Etiella zinckenella* Triet.) control. *JHPT Tropika*, 20(1), 1–12.
11. **Prayogo, Y.**, Bayu, M. S. Y. I., & Susanto, G. W. A. (2021). Integrated biological technology to control mungbean pests and diseases. *Journal of Agricultural Science*, 22(1), 8–16.
12. **Prayogo, Y.**, Bayu, M. S. Y. I., Indiati, S. W., Harnowo, D., & Mejaya, M. J. (2022). Biopesticide efficacy against main pests and natural enemies of mungbean (*Vigna radiata* L.). *Journal Applied Ecology Environmental Research 2022*, 20(2), 931–945.
13. Krisnawati, A., Adie. M. M., Krisdiana, R., & **Prayogo, Y.** (2023). Differential levels of soybean resistance to the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) under controlled and uncontrolled environments are associated with plant age, damage intensity, and trichome density. *Bioscience Journal*, 39, e39024, 1–13.
14. Susanto, G. W. A., Harnowo. D., Soehendi, R., **Prayogo, Y.**, Purwantoro, & Mejaya, M. J. (2023). Genetic parameters estima-

tion of high yielding and large seed size of soybean (*Glycine max* L. Merril) genotypes. *Legume Research*, 46(5), 562–567.

15. **Prayogo, Y.**, Bayu, M. S. Y. I., Indiaty, S. W., Sumartini, Me-
jaya M. J., Harnowo, D., Susanto, G. W. A., & Baliadi, Y. (2023).
Innovation of main pest and disease control technology using bio-
pesticides on soybean (*Glycine max* L.). *Applied Ecological and
Environmental Research*, 21(1), 589–608.

Jurnal Nasional

16. **Prayogo, Y.**, & Tengkano, W. (2002). Pengaruh umur larva
Spodoptera litura terhadap efektivitas *Metarhizium anisopliae*
isolat Kendalpayak. *BIOSFERA*, 19(3), 70–76.
17. **Prayogo, Y.**, & Tengkano, W. (2002). Pengaruh media tumbuh
terhadap daya kecambah, sporulasi, dan virulensi *Metarhizium
anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin isolat Kendalpayak pada larva
Spodoptera litura. *Jurnal Ilmiah SAINTEKS*, 9(4), 233–242.
18. **Prayogo, Y.** (2004). Biologi *Paederus fuscipes* Curt. (Coleoptera:
Staphylinidae) dan *Andrallus spinidens* (F.) (Hemiptera: Pentato-
midae) sebagai predator terhadap hama *Spodoptera litura* (F.).
Jurnal Ilmiah Pengembangan Ilmu-ilmu Pertanian SAINTEKS,
12(1), 40–48.
19. **Prayogo, Y.**, & Tengkano, W. (2004). Pengaruh konsentrasi dan
frekuensi aplikasi *Metarhizium anisopliae* isolat Kendalpayak
terhadap tingkat kematian *Spodoptera litura*. *Jurnal Ilmu-ilmu
Pertanian*, 10(3), 209–216.
20. **Prayogo, Y.**, Tengkano, W., & Suharsono. (2004). Potensi
cendawan *Beauveria bassiana* isolat Probolinggo untuk men-
gendalikan hama pengisap polong kedelai (*Riptortus linearis*).
Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA, 21(3): 95–99.
21. **Prayogo, Y.**, & Marwoto. (2004). Kerentanan jamur entomopato-
gen *Verticillium lecanii* terhadap beberapa jenis fungisida. *Jurnal
AGRIVITA*, 26(3), 271–279.

22. **Prayogo, Y.** (2005). Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera litura*) pada kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1), 19–29.
23. **Prayogo, Y.** (2005). Potensi, kendala, dan upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Buletin Palawija*, 10, 53–65.
24. **Prayogo, Y.** (2005). Potensi cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal Ilmu Pertanian MAPETA*, 7(2), 74–79.
25. **Prayogo, Y., & Suharsono.** (2005a). Optimalisasi pengendalian hama pengisap polong kedelai (*Riptortus linearis*) dengan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii*. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(4), 123–130.
26. **Prayogo, Y., & Suharsono.** (2005b). Integrasi antara cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* dengan predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae) untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis*. *HABITAT*, 16(4), 241–250.
27. **Prayogo, Y., & Suharsono.** (2005c). Pengendalian telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* L. (Hemiptera: Alydidae) dengan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* dan *Paecilomyces fumosoroseus*. *Jurnal Ilmu Pertanian. MAPE-TA*, 7(3), 145–150.
28. **Prayogo, Y.** (2005). Eksplorasi cendawan dan bakteri antagonis sebagai agens pengendalian patogen tular tanah (*Sclerotium rolfsii*). *Jurnal Ilmiah Pengembangan Ilmu-ilmu Pertanian SAINTEKS*, 13(1), 24–33.
29. **Suharsono, Prayogo, Y.** (2005). Pengaruh lama pemaparan pada sinar matahari terhadap viabilitas jamur entomopatogen *Verticillium lecanii*. *Jurnal Ilmiah HABITAT*, 16(2), 122–131.
30. **Prayogo, Y., Santoso, T., & Widodo.** (2005). Keefektifan cendawan entomopatogen dalam mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* L. dan dampaknya terhadap

predator *Oxyopes javanus* Thorell. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 24(2), 53–60.

31. **Prayogo, Y.** (2005). Pengaruh residu fungisida triadimefon terhadap pertumbuhan dan viabilitas jamur entomopatogen *Verticillium lecanii*. *Jurnal AGRIVITA*, 27(3), 160–169.
32. **Prayogo, Y.** (2006). Cendawan entomopatogen di pertanaman kedelai di Jawa Timur. *Jurnal Ilmiah Pengembangan Ilmu-ilmu Pertanian SAINTEKS*, 13(3), 168–179.
33. **Prayogo, Y.** (2006). Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2), 47–54.
34. **Prayogo, Y.** (2006). Sebaran dan efikasi berbagai genus cendawan entomopatogen terhadap *Riptortus linearis* pada kedelai di Lampung dan Sumatra Selatan. *Jurnal HPT Tropika*, 6(1), 14–22.
35. **Prayogo, Y.** (2006). Ragam cendawan entomopatogen di lahan kering masam. *Jurnal AGRITEK*, 14(1), 1–10.
36. **Prayogo, Y.** (2006). Pengaruh penambahan perekat dan pembawa pada cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tungau merah (*Tetranychus bimaculatus*) pada ubi kayu. *Jurnal WACANA Pertanian*, 5(1), 51–56.
37. **Prayogo, Y.** (2006). Penggunaan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae) dan dampaknya pada predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopidae). *Jurnal AGROTROPIKA*, 11(1), 47–55.
38. **Prayogo, Y.** (2006). Pengaruh minyak nabati terhadap keefektifan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis*. *Jurnal AGRITEK*, 14(2), 383–392.
39. **Prayogo, Y.** (2006). Effect of adding botanical oils on the effectiveness of entomopathogenic fungi *Verticillium lecanii* in controlling eggs of pod sucking bug, *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal AGRIKULTURA*, 17, 87–95.

40. **Prayogo, Y., & Tengkanu W.** (2006a). Pengaruh konsentrasi minyak nabati terhadap keefektifan cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* untuk mengendalikan telur hama pengisap polong kedelai (*Riptortus linearis*) (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal AGRITEK*, 14(4), 808–814.
41. **Prayogo, Y., & Tengkanu, W.** (2006b). Pengaruh penambahan minyak nabati terhadap viabilitas cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* di tanaman kedelai. *Jurnal AGRITEK*, 14(4), 852–856.
42. Tengkanu, W., Supriyatin, Suharsono, Bedjo, **Prayogo, Y., & Purwantoro.** (2007). Status hama kedelai dan musuh alami pada agroekosistem lahan kering masam Lampung. *IPTEK Tanaman Pangan*, 1, 93–109.
43. **Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., Sudirman, L.I., & Marwoto.** (2008a). Efektivitas beberapa isolat cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* Zimm. (Viegas) terhadap telur hama pengisap polong kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian*, 27(2), 81–89.
44. **Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., Sudirman, L.I., & Marwoto.** (2008). Uji konsentrasi konidia cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas (Deuteromycotina: Hyphomycetes) pada berbagai umur telur *Riptortus linearis* L. (Hemiptera: Alydidae). *Jurnal AGRITEK*, 16(6), 1039–1052.
45. **Prayogo, Y., Santoso, T., Kartosuwondo, U., Sudirman, L.I., & Marwoto.** (2008). Pengaruh perbedaan temperatur terhadap pertumbuhan dan perkembangan beberapa isolat cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams). *Jurnal AGRITEK*, 17(7), 1679–1693.
46. **Prayogo, Y.** (2010). Efikasi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) untuk pengendalian hama kepik coklat pada kedelai. *Buletin Palawija*, 20, 47–61.
47. **Prayogo, Y.** (2010). *Lecanicillium lecanii* sebagai biopestisida untuk pengendalian telur kepik coklat pada kedelai. *IPTEK*, 5(2), 169–182.

48. **Prayogo, Y.** (2011). Isolat virulen cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* sebagai bioinsektisida untuk pengendalian telur kepik coklat *Riptortus linearis* (F.) pada kedelai. *Buletin Palawija*, 21, 39–54.
49. **Prayogo, Y.** (2011). Pengendalian dini hama kepik coklat pada kedelai dengan pemanfaatan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii*. *IPTEK Tanaman Pangan*, 6(1), 99–115.
50. **Prayogo, Y.** (2011c). Bio-Lec: Biopestisida yang efektif mengendalikan hama dan penyakit kedelai. *WARTA Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 33(6), 8–9.
51. **Prayogo, Y.** (2011e). Sinergisme cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dengan insektisida nabati untuk meningkatkan efikasi pengendalian telur kepik coklat *Riptortus linearis* pada kedelai. *Jurnal HPT Tropika*, 11(2), 166–177.
52. **Prayogo, Y.**, Santoso, T., Kartosuwondo, U., & Sudirman, L.I. (2011). Peningkatan efikasi cendawan *Lecanicillium lecanii* untuk mengendalikan telur hama kepik coklat pada kedelai. *Jurnal Penelitian Pertanian*, 30(1), 58–70.
53. **Prayogo, Y.**, Marwoto, & Suharsono. (2011). Ulat bulu yang meresahkan. *WARTA Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 33(4), 5–6.
54. **Prayogo, Y.** (2012). Keefektifan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zare & Gams) terhadap *Bemisia tabaci* Genn. sebagai vektor *soybean mosaic virus* (SMV) pada tanaman kedelai. *Jurnal Suara Perlindungan Tanaman*, 2(1), 11–21.
55. **Prayogo, Y.** (2012). Efikasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* Bals. Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) terhadap kepik hijau (*Nezara viridula*). *Jurnal Suara Perlindungan Tanaman*, 2(1), 27–40.
56. **Prayogo, Y.** Marwoto, & Suharsono. (2012). Efikasi cendawan entomopatogenik untuk mengendalikan ulat bulu. *Jurnal Biologi Indonesia*, 8(1), 85–102.

57. **Prayogo, Y.** (2013). Patogenisitas cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) pada berbagai stadia kepik hijau (*Nezara viridula* L.). *Jurnal HPT Tropika*, 13(1), 75–86.
58. **Prayogo, Y.** (2013). Karakterisasi fisiologi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* sebagai calon bahan aktif bioinsektisida untuk pengendalian telur kepik coklat (*Riptortus linearis*) pada kedelai. *Buletin Plasma Nutfah*, 19(1), 33–44.
59. Artanti, D., & **Prayogo, Y.** (2013). Cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dalam mengendalikan telur hama penggerek ubi jalar *Cylas formicarius*. *LenteraBio*, 2(1), 43–48.
60. **Prayogo, Y.**, & Santoso, T. (2013). Viabilitas dan Infektivitas Formulasi Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* sebagai Biopestisida Pengendalian Telur Kepik Coklat *Riptortus linearis*. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 32(1), 57–66.
61. Riyanti, N., Isnawati., Trimulyono, G., & **Prayogo, Y.** (2013). Pengaruh cara aplikasi dan frekuensi pemberian cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk mengendalikan hama bolong (*Cylas formicarius*) dan tingkat kerusakan yang ditimbulkannya pada ubi jalar. *LenteraBio*, 2(1), 49–56.
62. Humairoh, D., Hidayat, M.T., Isnawati, & **Prayogo, Y.** (2013). Pengaruh kombinasi jenis dan kerapatan konidia cendawan entomopatogen terhadap intensitas serangan larva ulat grayak. *LenteraBio*, 2(1): 19-23.
63. Juniawan, M.F., Faizah, U., Isnawati, & **Prayogo, Y.** (2013). Pengaruh kombinasi jenis cendawan entomopatogen dan frekuensi aplikasi terhadap mortalitas kutu kebul (*Bemisia tabaci*). *LenteraBio*, 2(1), 37–41.
64. Putra, G.M., Hadiastono, T., Afandhi, A., & **Prayogo, Y.** (2013). Patogenisitas jamur entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) terhadap *Bemisia tabacai* (Genn.) sebagai vektor virus *cowpea mild mottle virus* (CMMV) pada tanaman kedelai. *Jurnal HPT*, 1(1), 27–39.

65. **Prayogo, Y.** (2014). Efikasi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* terhadap *Bemisia tabaci* (Homoptera: Alydidae) pada kedelai. *Jurnal HPT Tropika*, 14(2), 187–200.
66. Suharsono, & **Prayogo, Y.** (2014). Integration of botanical pesticide and entomopathogenic fungi to control the brown stink bug (*Riptortus linearis* F.) (Hemiptera: Alydidae) on soybean. *Jurnal HPT Tropika*, 14(2), 41–50.
67. **Prayogo, Y.** Marwoto, & Suharsono. (2014). Efikasi cendawan entomopatogen untuk mengendalikan ulat bulu. *Jurnal Biologi Indonesia*, 8(1), 85–102.
68. Pranata, D., Ratnasari, E., Isnawati, **Prayogo, Y.** (2014). Penggunaan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* untuk menanggulangi hama penggerek polong kedelai *Etiella zinckenella* secara in vitro. *Jurnal Lentera BIO*, 3(3), 168–173.
69. Tantawizal, Inayati, A., & **Prayogo, Y.** (2015). Potensi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin untuk mengendalikan hama boleng *Cylas formicarius* F. pada tanaman ubi jalar. *Buletin Palawija*, 29, 46–53.
70. Bayu, M.S.Y.I., & **Prayogo, Y.** (2016). Pengendalian hama penggerek ubi jalar *Cylas formicarius* (Fabricus) (Coleoptera: Curculionidae) menggunakan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 13(1), 40–48.
71. Humairoh, D., Hidayat, M.T., Isnawati, & **Prayogo, Y.** (2016). Patogenisitas kombinasi jenis cendawan entomopatogen dan kerapatan konidia terhadap mortalitas larva ulat grayak. *Jurnal BIOMEDIKA*, 9(1), 1–5.
72. **Prayogo, Y.** Afandi, A., Puspitarini, R., & Rachmawati, R. (2017). Penambahan senyawa kitin untuk peningkatan virulensi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana*. *Buletin Palawija*, 15(1), 31–43.
73. Rohman, F.L., Saputro, T.B., & **Prayogo, Y.** (2017). Pengaruh penambahan senyawa berbasis kitin terhadap pertumbuhan

cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana*. *Jurnal Sains dan Seni*, 6(2), 13–16.

74. **Prayogo, Y.** (2017). Perbandingan metode aplikasi jamur entomopatogen untuk pengendalian *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal HPT Tropika*, 17(1), 84–95.
75. Baliadi, Y., & **Prayogo, Y.** (2018). Jenis dan populasi arthropoda dan dampaknya terhadap kerusakan polong kacang hijau. *Buletin Palawija*, 16(1), 17–26.
76. Setyaningsih, N., **Prayogo, Y.** Suminarti, N.E., & Hariyono, D. (2018). Paket teknologi budidaya ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) varietas Cilembu. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(8), 1891–1899.
77. **Prayogo, Y.** (2019). Kedelai tanpa pestisida kimia. *Trubus* No. 590 Edisi Januari 2019, 104–105.
78. Damayanti, T.A., Hondo, A., **Prayogo, Y.** (2019). Infeksi alami *Pepper Yellow Cuf Virus* dan *Sweet Potato Virus C* pada ubi jalar di Malang, Jawa Timur. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 15(6), 248–254.
79. **Prayogo, Y.** & Bayu, M.S.Y.I. (2020). Pengendalian hayati hama penyakit utama kacang hijau. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 17(2), 70–80.
80. **Prayogo, Y.** (2020). Pengendalian hayati hama penggerek ubi jalar (*Cylas formicarius*). *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 42(2), 6–7.
81. **Prayogo, Y.** (2020). Biopestisida *Aschersonia aleyrodis* untuk pengendalian hama kutu kebul *Bemisia tabaci*. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 43(1), 4–6.

Prosiding Internasional

82. Rakhmad, R., Rahayu, S.E., & **Prayogo, Y.**(2015). Efficacy of entomopathogenic fungi *Verticillium (=Lecanicillium) lecanii* Zimm. (Hypocreales: Clavicipitaceae) toward controlling *Bemisia*

tabaci Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) on soybean. *Knowledge E-Life Science*, 2(1), 410–414.

83. Bayu, M.S.Y.I., & **Prayogo, Y.** (2018). Field efficacy of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo.) for the management of mungbean insect pests. *Earth and Environmental Science*, 102(1), 1–9.
84. **Prayogo, Y.**, & Bayu, M.S.Y.I. (2018). Status and population of arthropod on mungbean. *Earth and Environmental Science*, 197(1), 1–12.
85. **Prayogo, Y.**, & Bayu, M.S.Y.I. (2019). Efficacy of biopesticide Be-Bas against sweet potato weevils (*Cylas formicarius* Fab.) in tidal land. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 23(1), 6–15.
86. Sumartini, & **Prayogo, Y.** (2019). Integrated crop management to minimize scab and tuber borer attacked on sweet potato in tidal land. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 499, 012012 doi:101088/1755-13115/499/1/012012.
87. **Prayogo, Y.**, & Bayu, M.S.Y.I. (2020). Biological control of whitefly (*Bemisia tabaci*) using entomopathogenic fungi of *Aschersonia aleyrodalis*. *Earth and Environmental Science*, 456: 1–8.
88. Prasetiaswati, N., **Prayogo, Y.**, Elisabet, D., Susanto, G.W.A., Bayu, M.S.I.Y., Harnowo, D., & Mejaya. I.M.J. (2021). Economic feasibility of soybean cultivation using biopesticide technology. *IOP Conf. Ser. Earth. Environ. Sci.*, 756012081.
89. Prasetiaswati, N., **Prayogo, Y.**, Bayu, M.S.Y.I., Sumartini, Widodo, Y., Indiati, S.W., Rozi, F., & Mejaya, I.M.J. (2021). Financial feasibility assessment of sweet potato cultivation technology packages application in tidal land. *J Agric Sci*, 13(3), 113–23.
90. **Prayogo, Y.**, Bayu, M.S.Y.I., Susanto, G., & Indiati, S.W. (2023). Impact of biopesticide inundation on the diversity of soybean pests and disease. *Conference Series Earth Environmental Science*, 743012003.

Prosiding Nasional

91. **Prayogo, Y., & Baliadi, Y.** (1994). Tingkat kerentanan empat varietas kedelai terhadap infeksi penyakit tular tanah *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfsii*. *Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah PFI*. (297–302).
92. **Prayogo, Y., & Sri Hardaningsih.** (1994). Inokulasi jamur embun tepung (*Erysiphe polygoni*) pada berbagai umur kacang hijau varietas No. 129. *Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah PFI*, (581–586).
93. Rahayu, M., Iriani, E., & **Prayogo, Y.** (1994). Penyakit kacang gude di Jawa Timur. *Prosiding Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan*. (300–306).
94. Harnowo, D., Sri Hardaningsih, & **Prayogo, Y.** (1994). Pengaruh penundaan saat panen dan pengeringan brangkasan terhadap kerusakan biji dan daya tumbuh benih kedelai hasil panen musim hujan. *Seminar Regional II PFI Komda Jateng & DIY*.
95. **Prayogo, Y., & Sri Hardaningsih.** (1994). Identifikasi gulma pada lahan kacang hijau sebagai tanaman inang jamur embun tepung (*Erysiphe polygoni* DC.). *Seminar Regional II PFI Komda Jateng & DIY*.
96. **Prayogo, Y., & Baliadi, Y.** (1994). Infeksi silang cendawan *Rhizoctonia solani* pada beberapa tanaman inang. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan*. (147–151).
97. Harnowo, D., Hardaningsih, S., & **Prayogo, Y.** (1994). Pengaruh penundaan saat panen dan pengeringan brangkasan terhadap kerusakan biji dan daya tumbuh benih kedelai hasil panen musim hujan. *Prosiding Seminar Regional II, Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI) Komda Jateng*.
98. Indiati, S.W., **Prayogo, Y., & Supriyatin.** (2001). Pengembangan teknologi PHT tanaman ubi kayu dan ubi jalar. *Gelar Teknologi PHT*.

99. **Prayogo, Y., & Hardaningsih, S.** (2001). Potensi jamur *Gliocladium roseum* untuk pengendalian penyakit antraknosa *Colletotrichum manihotis* pada ubi kayu. *Seminar Nasional PFI*.
100. **Prayogo, Y., & Tengkanu, W.** (2002). Pengaruh tempat dan lama penyimpanan suspensi spora *Metarhizium anisopliae* terhadap tingkat mortalitas larva *Spodoptera litura*. *Prosiding Seminar Nasional dan Pameran Pertanian Organik*. (259–268).
101. **Hardaningsih, S., & Prayogo, Y.** (2001). Identifikasi dan patogenesis jamur entomopatogen untuk mengendalikan hama pengisap polong *Riptortus linearis* dan hama boleng *Cylas formicarius*. *Prosiding Lokakarya Nasional Strategi Pengelolaan Sumberdaya Alam Hayati dalam Era Otonomi Daerah*. (145–150).
102. **Sumartini, Rahayuningsih, S.A., Yusuf, M., & Prayogo, Y.** (2001). Penyaringan ketahanan klon-klon ubi jalar terhadap penyakit kudis. *Prosiding Kongres XVI dan Seminar Nasional PFI*.
103. **Sumartini, Prayogo, Y., Indiati, S., & Hardaningsih, S.** (2001). Pemanfaatan jamur *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan pengisap polong pada kedelai. *Prosiding Simposium Pengendalian Hayati Serangga, Sukamandi*. (154–157).
104. **Sumartini, & Prayogo, Y.** (2001). Identifikasi bahan nabati untuk pengendalian penyakit karat pada kedelai. *Prosiding Kongres XVI dan Seminar Nasional PFI*. (99–105).
105. **Prayogo, Y., & Hardaningsih, S.** (2001). Potensi jamur *Gliocladium roseum* untuk pengendalian penyakit antraknosa (*Colletotrichum manihotis*) pada ubi kayu. *Prosiding Kongres XVI dan Seminar Nasional PFI*. (106–111).
106. **Prayogo, Y., & Tengkanu, W.** (2002). Potensi jamur *Beauveria* sp. isolat Probolinggo untuk mengendalikan hama pengisap polong kacang-kacangan (*Riptortus* sp.). *Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Terkini Pengendalian Hayati Di Bidang Pertanian dan Kesehatan*.

107. Tengkanu, W., **Prayogo, Y.**, & Suharsono. (2002). Hama pada tanaman kedelai dan cara pengendaliannya. Disampaikan pada *Apresiasi petugas OPT kacang-kacangan dan umbi-umbian*.
108. **Prayogo, Y.**, Tengkanu, W., & Bedjo. (2002). Efektivitas *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin isolat Probolinggo terhadap hama pengisap polong kacang-kacangan. *Prosiding Seminar Nasional. Inovasi Teknologi Palawija. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian*, (337–348).
109. Tengkanu, W., Supriyatin, Suharsono, Bedjo, **Prayogo, Y.**, & Purwantoro. (2006). Status hama kedelai dan musuh alami di lahan kering masam Lampung. *Dalam* Suharsono dkk. (Penyunting). *Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan*, Puslitbangtan. (511–526).
110. Sumartini, & **Prayogo, Y.** (2007). Kerentanan beberapa varietas kedelai unggul terhadap penyakit tular tanah *Cladosporium* sp. *Prosiding Seminar Nasional Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (418–424).
111. Arifin, M., **Prayogo, Y.**, & Kuswanudin, D. (2010). Insektisida biorasional untuk mengendalikan hama kepik coklat (*Riptortus linearis*) pada kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (233–245).
112. **Prayogo, Y.** (2011d). Kombinasi pestisida nabati dan cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* untuk meningkatkan efikasi pengendalian telur kepik coklat *Riptortus linearis* pada kedelai. *Prosiding Seminar Pestisida Nabati IV*. (127–144).
113. **Prayogo, Y.** (2012). Virulensi beberapa isolat cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* Vuill. untuk mengendalikan penggerak ubi jalar *Cylas formicarius*. *Prosiding Seminar Nasional, Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (738–754).
114. **Prayogo, Y.** (2012). Toksisitas cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* Bals. Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes) terhadap kepik hijau (*Nezara viridula*). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (211–222).

115. **Prayogo, Y.** (2012). Distribusi peletakan telur kepik coklat (*Rip-tortus linearis*) (Hemiptera: Alydidae) pada pertanaman kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Pertanian Lahan Kering*, (184–197).
116. Bayu, M.S.Y.I., & **Prayogo, Y.** (2012). Dampak aplikasi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* terhadap kelangsungan hidup predator *Oxyopes javanus*. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (233–245).
117. Tantawizal, & **Prayogo, Y.** (2012). Virulensi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* terhadap kutu kebul dan kemampuannya sebagai vektor virus CMMV pada tanaman kedelai: *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (248–256).
118. **Prayogo, Y.** (2013). Toksisitas cendawan *Beauveria bassiana* Vuill (Balsamo) terhadap telur dan larva penggerek ubi jalar *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (669–681).
119. Tantawizal, Bayu, M.S.Y.I., **Prayogo, Y.** (2013). Pengaruh frekuensi dan cara aplikasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap tingkat serangan hama boleng pada ubi jalar. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (662–668).
120. Bayu, M.S.Y.I., Tantawizal, & **Prayogo, Y.** (2013). Efektivitas frekuensi aplikasi *Lecanicillium lecanii* dalam mengendalikan populasi *Bemisia tabaci*. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (238–244).
121. Bayu, M.S.Y.I., Tantawizal, & **Prayogo, Y.** (2014). Pengaruh kerapatan konidia *Lecanicillium lecanii* terhadap predator *Paederus fuscipes* dan *Coccinella* sp. pada tanaman kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Balitkabi*. (418–424).
122. **Prayogo, Y.**, & Tantawizal. (2015). Efikasi biopestisida *Beauveria bassiana* pada kepik coklat. *Prosiding Seminar Nasional, Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (284–295).

123. Tantawizal, & **Prayogo, Y.** (2015). Efikasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk mengendalikan hama boleng *Cylas formicarius* pada ubi jalar. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (596–604).
124. Bayu, M.S.Y.I., & **Prayogo, Y.** (2015). Tingkat serangan pengerek polong pada genotipe kedelai toleran ulat grayak. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. (310–315).

Lisensi

125. **Prayogo, Y.** (2015). Bio-Lec: Bioepstisida Berbahan Aktif Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* untuk Pengendalian Telur Hama Pengisap Polong Kedelai dan Cara Pembuatannya. Nomor: IDP000039195
126. **Prayogo, Y.** (2018). Be-Bas: Proses Pembuatan Biopestisida Berbahan Aktif Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* dan Komposisinya. Nomor P0020165992.
127. **Prayogo, Y.** (2021). Mortal-B: Biopestisida Berbahan Aktif Konidia Cendawan Entomopatogen *Aschersonia aleyrodis* Bersifat Ovisidal untuk Membunuh Telur Hama Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*) dan Cara Pembuatannya. Nomor: P00201805983.

DAFTAR PUBLIKASI LAINNYA

1. Sumartini, Anwari, M., & **Prayogo, Y.** (2001). Pengendalian penyakit embun tepung dan karat pada kacang hijau. *Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian*. (14–20).
2. **Prayogo, Y.**, dkk. (2018). Budidaya kedelai No (Bebas) Pestisida kimia mendukung swasembada. *Laporan Akhir Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*, 67 hlm.
3. **Prayogo, Y.**, Sutrisno, Sriwahyuningsih, Sumartini, & Widodo, Y. (2018). Perbaikan komponen teknologi budidaya untuk peningkatan produktivitas tanaman ubi kayu dan ubi jalar di lahan pasang surut. *Laporan Akhir Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*, 2018. 44 hlm.
4. **Prayogo, Y.** (2011). Metode eksplorasi dan perbanyak cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) sebagai biopestisida untuk pengendalian hama dan penyakit kedelai. *Seminar pemanfaatan agens hayati untuk pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) pada tanaman pangan dan Hortikultura bagi Pengamat hama dan penyakit seluruh DIY*. Yogyakarta, 3 Oktober 2011.
5. **Prayogo, Y.** (2014). Pelatihan produksi benih sumber kedelai bagi penangkar dan petugas perbenihan di Propinsi Nangroe Aceh Darussalam. BPTP Aceh, 24–28 November 2014.
6. **Prayogo, Y.** (2015). Biopestisida untuk pengendalian hama penyakit kedelai dalam Teknik produksi benih kedelai bagi petani, penangkar kedelai di Kabupaten Banyuwangi. KP. Genteng, Banyuwangi 2015.
7. **Prayogo, Y.** (2015). Diklat teknis kedelai berbasis GAP, GHP, dan GMP bagi Bintara Pembina Desa angkatan I s/d IV se Propinsi Jawa Timur. Balitkabi Malang, 9–12 Juni 2015.

8. **Prayogo, Y.** (2016). Pemanfaatan biopestisida dan pestisida nabati untuk pengendalian hama dan penyakit kedelai pada Bimbingan teknis produksi benih sumber kedelai. Balitkabi Malang 21–24 Maret 2016.
9. **Prayogo, Y.** (2016). Hama penyakit utama kedelai dan cara pengendaliannya. Pengawalan/Pendampingan teknik produksi benih kedelai bagi calon penangkar benih di Propinsi Sulawesi Selatan.
10. **Prayogo, Y.** (2017). Organisme Pengganggu Tanaman Kedelai dan Pembuatan Biopestisida pada Bimtek Pengawalan dan Pendampingan PAT Kedelai bagi Aparatur Pertanian Angkatan IV s/d VII Propinsi Jawa Timur. BBPP Batu, 5 November 2017.
11. **Prayogo, Y.** (2017). Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Kedelai pada Bimbingan Teknis bagi Aparatur Pertanian Angkatan VIII s/d XII Propinsi Jawa Timur. Batu, 5–6 Desember 2017.
12. **Prayogo, Y.** (2018). Hama utama pada tanaman kedelai. Bahan ajar Diklat perlindungan kedelai angkatan I. Balitkabi, 28 April 2018.
13. **Prayogo, Y.** (2018). Bimbingan teknis pengendalian jenis hama penyakit kacang tanah di fase awal dan vegetatif bagi produsen kacang tanah di Kabupaten Magetan.
14. **Prayogo, Y.** (2018). Bimbingan teknis pengenalan jenis hama dan penyakit serta pasca panen kacang hijau bagi petani penangkar dan staf PT. East West Jember.
15. **Prayogo, Y.** (2018). Training of Trainers (TOT) pengendalian hama penyakit serta pengelolaan prapanen dan pascapanen komoditas kacang tanah bagi staf Garuda Food TBK.
16. **Prayogo, Y.** (2018). Identifikasi hama penyakit kedelai dan cara pengendaliannya bagi tenaga Penyuluh Pertanian/Perkebunan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Sumba Tengah.
17. **Prayogo, Y.** (2018). Strategi dan antisipasi menghindari serangan hama penyakit tanaman. Temu Teknis dalam rangka Peningka-

tan produksi pertanian bagi kelompok tani dan PPL Kabupaten Nganjuk.

18. **Prayogo, Y.** (2018). Budidaya tanaman kedelai dan pengendalian hama penyakitnya. Lokakarya Peningkatan Produksi Kedelai bagi Penyuluh Pertanian se Kabupaten Bojonegoro.
19. **Prayogo, Y.** (2018). Hama pada tanaman ubi jalar dan talas serta cara pengendaliannya. Peningkatan kapasitas dan ketrampilan Guru SMKN 1 Nabire.
20. **Prayogo, Y.** (2019). Pengenalan dan pengendalian hama penyakit kedelai bagi penangkar menengah dan kecil dari 13 propinsi di Indonesia. *Penguatan Penangkar Benih Kedelai Berbasis Komunal*.
21. **Prayogo, Y.** (2019). Hama penyakit kedelai, kacang hijau, kacang tanah, dan ubi kayu serta cara pengendaliannya. Bimbingan Teknis Peningkatan Kapasitas Penyuluh Pertanian/Perkebunan. Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan Kabupaten Sumba Tengah (Balitkabi, 8–12 Juli 2019).
22. **Prayogo, Y.** (2019). Workshop Produksi Massal Biopestisida bagi Komunitas Pertanian Berkelanjutan Indonesia (KPBI). Balitkabi, 20–21 Agustus 2019.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama Lengkap	: Dr. Ir. Yusmani, M.Si.
Tempat, Tanggal Lahir	: Trenggalek, 03 Maret 1963
Anak ke	: Lima dari enam bersaudara
Nama Ayah Kandung	: Piranata
Nama Ibu Kandung	: Juminah
Nama Istri	: Leni Mas'udah
Jumlah Anak	: 2 (dua)
Nama Anak	: 1. Shashabilla Ajeng Prayogo 2. Muhammad Pandhu Prayogo
Nama Instansi	: Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Judul Orasi	: Cendawan Entomopatogen untuk Pengendalian Hama Penting Kedelai dalam Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan
Ilmu	: Pertanian
Bidang	: Entomologi
Kepakaran	: Hama dan Penyakit Tanaman
No. SK Pangkat Terakhir	: Keppres. No. 14/K Tahun 2021, tanggal 16 April 2021
No. SK Peneliti Ahli Utama	: Keppres. No.33/M Tahun 2022, Tanggal 23 Agustus 2022

Buku ini tidak diperjualbelikan.

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah	Tempat/Kota	Tahun Lulus
1.	SD	SDN Watulimo	Trenggalek	1976
2.	SLTP	SMP Watulimo	Trenggalek	1981
3.	SLTA	SPP-SPMA	Tulungagung	1984
4.	S1	UNIDHA	Malang	1994
5.	S2	IPB	Bogor	2004
6.	S3	IPB	Bogor	2009

C. Pendidikan Nonformal

No.	Nama Kursus/Pelatihan	Tempat/ Kota	Tahun
1.	Pelatihan Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Teknisi tentang Teknik Laboratorium Biologi Molekuler	IPB Bogor	2000
2.	Analysis of Afatoxin B1 Peanuts	Biotrop Bogor	2002
3.	International Conference of Crops Security	UB Malang	2005
4.	Dikat Kepemimpinan IV	CIAWI	2015
5.	International Symposium on Food and AgroBiodiversity	UNDIP Semarang	2017

D. Jabatan Struktural

No.	Jabatan / Pekerjaan	Tahun
1.	Kasie Pelayanan Teknik (YANTEK)	2010–2017

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Asisten Peneliti Pertama (Gol. III/a)	1 April 2001
2.	Peneliti Madya (Gol. III/d)	1 Oktober 2009
3.	Peneliti Ahli Utama (Gol. IV/a)	1 April 2016
4.	Peneliti Ahli Utama (Gol. IV/b)	1 Oktober 2018
5.	Peneliti Ahli Utama (Gol. IV/c)	1 April 2021

F. Penugasan Khusus Nasional

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
1.	Pendamping SLPTT Kedelai di Provinsi Gorontalo dan Kaltim	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2012
2.	Pendamping SLPTT Kedelai di Provinsi Jateng dan Kaltim	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2013
3.	Pelatihan peningkatan kemampuan teknis dalam pelaksanaan kebun percobaan di lapangan (Badan Litbang Pertanian 2013)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2013
4.	Pendamping SLPTT Kedelai di Provinsi Jateng	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2014

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
5.	Pelatihan produksi benih sumber kedelai bagi penangkar dan petugas perbenihan di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2014
6.	Pendamping mandiri benih & GPPTT TA. 2015 (Sulawesi Tenggara)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2015
7.	Diklat teknis berbasis GAP, GHP, dan GMP bagi Bintara Pembina Desa angkatan I s/d VI se-Jawa Timur	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2015
8.	Penguatan perbenihan kedelai nasional bagi petani penangkar kedelai kab. Banyuwangi “biopestisida untuk pengendalian hama penyakit kedelai”	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2015
9.	Bimbingan teknis produksi benih kedelai bagi penangkar kedelai di 10 provinsi di Indonesia “pemanfaatan biopestisida untuk agens pengendalian hama penyakit utama kedelai”	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2016
10.	Bimbingan teknis bagi aparatur pertanian angkatan VIII Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
11.	Bimbingan teknis bagi aparaturnya pertanian angkatan IX Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017
12.	Bimtek pengawalan dan pendampingan PAT kedelai bagi aparaturnya pertanian angkatan II Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017
13.	Bimtek pengawalan dan pendampingan PAT kedelai bagi aparaturnya pertanian angkatan IV Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017
14.	Bimtek pengawalan dan pendampingan PAT kedelai bagi aparaturnya pertanian angkatan VI Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017
15.	Bimtek pengawalan dan pendampingan PAT kedelai bagi aparaturnya pertanian angkatan VII Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017
16.	Bimtek pengawalan dan pendampingan PAT kedelai bagi aparaturnya pertanian angkatan IX Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
17.	Bimtek pengawalan dan pendampingan PAT kedelai bagi aparatur pertanian angkatan XII Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017
18.	Bimtek pengawalan dan pendampingan PAT kedelai bagi aparatur pertanian angkatan XII Jawa Timur (Batu)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2017
19.	Pelatihan pengendalian hama penyakit kacang tanah dan cara pengendaliannya di Kecamatan Tuban (PT Prisma)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2018
20.	Pelatihan pengendalian hama penyakit kacang tanah dan cara pengendaliannya di Kecamatan Magetan (PT Prisma)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2018
21.	Pelatihan pengendalian hama penyakit kacang tanah dan cara pengendaliannya bagi Staf Mitra PT Prisma Kecamatan Tuban (PT Prisma)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2018

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
22.	Peningkatan produksi pertanian (Gapoktan Kab. Nganjuk)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2018
23.	Budidaya tanaman kedelai dan pengendalian hama penyakit bagi Petugas Penyuluh Pertanian se-Kabupaten Bojonegoro	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2018
24.	Pelatihan pengenalan hama dan penyakit tanaman ubi jalar dan talas bagi Guru SMK Negeri Nabire	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2018
25.	Pendamping Komunitas Pertanian Terpadu Lestari Mandiri Indonesia KPTLI	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2020
26.	Hama penyakit ubi jalar dan cara pengendaliannya PPL Kabupaten Malang	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2021
27.	Hama penyakit ubi jalar dan cara pengendaliannya PPL Kabupaten Blitar	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2021
28.	Pendamping petani eksportir ubi jalar Kabupaten Lumajang	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2021

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
29.	Strategi pengelolaan hama dan penyakit ubi jalar (Pro Paktani)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
30.	Strategi pengelolaan hama dan penyakit ubi kayu (Pro Paktani)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
31.	Pengelolaan hama dan penyakit porang dan talas (Pro Paktani)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
32.	Penggunaan input produksi ramah lingkungan menggapai swasembada kedelai (Pro Paktani)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
33.	Pengelolaan hama pengerek ubi jalar (<i>Cylas formicarius</i>) (Pro Paktani)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
34.	Pengelolaan hama dan penyakit kacang hijau dan kacang tanah (Pro Paktani)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
35.	Pendampingpetanieksportirtalas dan bentul Kabupaten Sampang, Jatim (2023)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2023
36.	Dosen luar biasa Universitas Ciputra Surabaya 2022 (Basic Microbiology for Food Science)	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Jabatan	Pemberi Tugas	Tahun
37.	Praktisi mengajar mata kuliah pengendalian hayati dan pengelolaan habitat di Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
38.	Praktisi mengajar mata kuliah “Academic Writing” Universitas Ciputra Surabaya	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2022
39.	Praktisi mengajar mata kuliah Hama dan Penyakit Tanaman di Universitas Tribuwana Tunggaladewi	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2023
40.	Praktisi mengajar mata kuliah Hama Penting Tanaman Utama di Universitas Bengkulu	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2023
41.	Bimbingan Teknis Pengelolaan Hama dan Penyakit Kacang Tanah bagi Staf PT Garuda Food TBK.	Kepala Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi	2023

G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Tempat	Tahun
1.	The 2 nd International Symposium on Food and Agrobiodiversity	Presenter	Universitas Diponegoro	2017

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Tempat	Tahun
2.	International Symposium The 2 nd ICoBio	Presenter	Bogor, Indonesia	2017
3.	11 th International Conference Green Technology	Presenter	Malang, Indonesia	2019 2020
4.	5 th International Symposium on Wetlands Environmental Management	Presenter	Banjarbaru, November	2019
5.	International Conference on Biodiversity	Presenter	Solo, Indonesia	2019
6.	International Conference on Biodiversity	Presenter	Mataram, Indonesia	2019
7.	The 11 th International Conference on Global Resource Conservation	Presenter	Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia	2021
8.	The Second International Conference on Genetic Resources and Biotechnology	Presenter	Balai Besar Bioteknologi, Biogen, Bogor	2022
9.	2 nd International Conference on Agriculture, Food and Environment	Presenter	Universitas Pembangunan Nasional, Yogyakarta	2023
10.	The 13 th International Green Technology	Presenter	Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim, Malang	2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

H. Keterlibatan dalam Pengelolaan Jurnal

No.	Nama Jurnal	Peran/ Tugas	Tahun
1.	Buletin Palawija	Penyunting	2010 s/d sekarang
2.	Jurnal Entomologi Indonesia	Mitra Bestari	2012 s/d sekarang
3.	Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia	Mitra Bestari	2014 s/d sekarang
4.	Jurnal Hama Penyakit Tumbu- han Tropika	Mitra Bestari	2012 s/d sekarang
5.	Jurnal Proteksi Tanaman	Editor	2021 s/d sekarang
6.	Jurnal Agrokreatif (LPPM IPB)	Mitra Bestari	2015 s/d sekarang
7.	Asian Food Science Journal (AFSJ India)	Reviewer	2022 s/d sekarang
8.	Asian Journal of Applied Chemistry Research (AJACR India)	Reviewer	2022 s/d sekarang
9.	International Journal of Plant and Soil Science (IJPSS India)	Reviewer	2022 s/d sekarang

I. Publikasi Ilmiah

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	29
2.	Penulis Utama	60
3.	Penulis Bersama Peneliti Lainnya	35
Total		124

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	97
2.	Bahasa Inggris	27
Total		124

J. Pembinaan Kader Ilmiah

No.	Nama	Universitas	Peran/ Tugas	Tahun
1.	Fathurohman	Program Sarjana S-1 Universitas Brawijaya	Pembimbing	2010
2.	Bayu Widiatmoko	Program Sarjana S-1 Universitas Negeri Malang	Pembimbing	2011
3.	Zulfa Inayati	Program Sarjana S-1 Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim	Pembimbing	2011
4.	A Deni Luqman	Program Sarjana S-1 Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang	Pembimbing	2011
5.	M. Risky	Program Sarjana S-1 Universitas Brawijaya	Pembimbing	2012
6.	Dita Ariyani	Program Sarjana S-1 Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2012

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Universitas	Peran/ Tugas	Tahun
7.	Faradiba Lazuardi Rohman	Magister S-2, Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2012
8.	M. Igbal	Magister S-2, Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2013
9.	Rendy Lesmono	Program Sarjana S-1, Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2013
10.	Nurika Rianti	Program Sarjana S-1, Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2013
11.	Thamrin Hidayat	Program Sarjana S-1, Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2013
12.	Juniawan MF	Program Sarjana S-3, Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2014
13.	Hanif Khulaifi	Program Sarjana S-1 Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim	Pembimbing	2014
14.	Lia Fatra Nur L.	Program Sarjana S-1 Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim	Pembimbing	2014
15.	Diza Nurdiasari	Program Sarjana S-1 Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim	Pembimbing	2014

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Universitas	Peran/ Tugas	Tahun
16.	Rianti Bintang	Program Sarjana S-1, Universitas Brawijaya	Pembimbing	2015
17.	Dendy Pranata	Program Sarjana S-1, Universitas Brawijaya	Pembimbing	2015
18.	Geppy M Putra	Program Sarjana S-1, Universitas Brawijaya	Pembimbing	2015
19.	Durroh Humairoh	Program Sarjana S-1, Universitas Negeri Surabaya	Pembimbing	2016
20.	Reddy Rakhmad	Program Sarjana S-2, Universitas Negeri Malang	Pembimbing	2016
21.	Dendik Anas W	Program Sarjana S-1, Universitas Negeri Jember	Pembimbing	2017
22.	Ulum Ramadhan	Program Sarjana S-1, Universitas Negeri Jember	Pembimbing	2017
23.	Gilang Fathoni	Program Sarjana S-1, Universitas Negeri Jember	Pembimbing	2019
24.	Choirul Anam	Program Sarjana S-3, Universitas Negeri Malang	Pembimbing	2019

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Universitas	Peran/ Tugas	Tahun
25.	Yayuk Mulyati	Program Sarjana S-1, Universitas Brawijaya	Pembimbing	2019
26.	Nurul Setyaningsih	Program Sarjana S-1, Universitas Ciputra Surabaya	Pembimbing	2019
27.	Shalsha Nabila	Program Sarjana S-1, Universitas Ciputra Surabaya	Pembimbing	2020
28.	Lutfi Handoko	Program Sarjana S-1, Universitas Gajah Mada	Pembimbing	2020
29.	Lusi Handayani	Program Sarjana S-1, Universitas Brawijaya	Pembimbing	2020

K. Organisasi Profesi

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Anggota	Perhimpunan Entomologi Indonesia	2006– sekarang
2.	Anggota	Perhimpunan Fitopatologi Indonesia	2004– sekarang
3.	Anggota	Perhimpunan Periset Indonesia	2019– sekarang
4.	Pembina	Komunitas Pertanian Terpadu Lestari Mandiri Indonesia (KPTLMI)	2020– sekarang

Buku ini tidak diperjualbelikan.

L. Tanda Penghargaan

No.	Nama/Jenis Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Peneliti Muda Berprestasi	Menteri Pertanian Republik Indonesia	2012
2.	Anugerah Kekayaan Intelektual 2017 untuk kategori WIPO Medal for Inventors	Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia	2017
3.	Satyalancana Karya Satya XX	Presiden Republik Indonesia	2012
4.	Satyalancana Karya Satya XXX	Presiden Republik Indonesia	2023

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Kebutuhan kedelai di Indonesia terbilang cukup tinggi, tetapi produktivitas kedelai di dalam negeri masih sangat rendah, hanya memenuhi 40%, dan sisanya dipenuhi dengan kedelai impor. Salah satu penyebab dari rendahnya produksi kedelai di negeri ini adalah adanya serangan beberapa jenis hama. Dari sekian banyaknya hama, terdapat beberapa jenis hama penting karena luas serangannya terdapat di pusat produksi kedelai di Indonesia. Tingkat kerusakannya mencapai 80%, bahkan kemungkinan gagal panen. Petani hanya dapat mengendalikan hama melalui insektisida sintetik dan tidak menyadari bahwa penggunaan insektisida tersebut dapat memicu terjadinya resistensi, resurgensi, dan munculnya biotipe baru yang lebih toleran.

Orasi berjudul *Cendawan Entomopatogen (CEP) untuk Pengendalian Hama Penting Kedelai dalam Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan* hadir untuk menganalisis, menginformasikan, dan memberikan wawasan untuk para masyarakat dan petani tentang jenis hama penting kedelai serta bagaimana cara mengendalikannya dengan menggunakan agens hayati yang ramah lingkungan. Buku ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber referensi bagi para petani, akademisi, dan masyarakat yang meneliti jenis hama penting kedelai.

BRIN Publishing
The Legacy of Knowledge

Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Gedung B.J. Habibie Lt. 8,
Jln. M.H. Thamrin No. 8,
Kota Jakarta Pusat 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin-others.1204



ISBN 978-623-8372-79-9



9 786238 372799