

Eksplorasi Jamur Entomopatogen Lalat Buah (*Bactrocera* spp.) pada Tanaman Jambu Kristal di Berbagai Ketinggian Tempat di Jawa Barat

Salma Khaira Naza^{1*}, Agus Susanto², Yusup Hidayat² dan Endah Yulia²

¹Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: asusanto@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 06-06-2025	Exploration of entomopathogenic fungi of fruit flies (<i>Bactrocera</i> spp.) on guava (<i>Psidium guajava</i> L.) at various altitudes in West Java
Direvisi: 29-10-2025	
Dipublikasi: 31-12-2025	
Keywords: <i>Beauveria bassiana</i> , Diversity, Dominance, Environmental factor, <i>Metarhizium anisopliae</i>	Crystal guava (<i>Psidium guajava</i> L.) is one of the horticultural commodities favored by the Indonesian public. One of the main constraints in crystal guava cultivation is infestation by fruit flies (<i>Bactrocera</i> spp.). A sustainable biological control approach for controlling fruit flies is the use of biological agents, such as entomopathogenic fungi. This study aimed to explore and identify entomopathogenic fungi infecting fruit flies (<i>Bactrocera</i> spp.) on crystal guava plants at different altitudes in West Java, Indonesia. The research was conducted from October 2024 to February 2025 at three locations with different altitudes: Karyamukti Village, Sumedang Regency (lowland, 63 m a.s.l.), Cikadu Village, Subang Regency (mid-altitude, 547 m a.s.l.) and Cimaung Village, Bandung Regency (highland, 873 m a.s.l.). Isolation of entomopathogenic fungi was carried out at the Microbial Pesticide Laboratory using the bait method with mealworms (<i>Tenebrio molitor</i>). The results revealed two species of entomopathogenic fungi, namely <i>Metarhizium anisopliae</i> and <i>Beauveria bassiana</i> . The diversity index ranged from 0.17 to 0.42 (low), with the lowest value observed in the highland area. The dominance index ranged from 0.37 to 0.64 (low to moderate), with the highest dominance in the midland area by <i>B. bassiana</i> . The evenness index ranged from 0.25 to 0.60 (low to moderate), and the richness index ranged from 0.37 to 0.59 (low). These findings indicate that environmental factors and cultivation practices influence ecological indices across different altitudes, which can be considered in the development of biological control strategies for fruit flies.
Kata Kunci: <i>Beauveria bassiana</i> , Dominansi, Faktor lingkungan, Keanekaragaman, <i>Metarhizium anisopliae</i>	Jambu kristal merupakan salah satu komoditas hortikultura yang diminati masyarakat Indonesia. Salah satu kendala yang ditemui pada budidaya jambu kristal ialah adanya serangan lalat buah (<i>Bactrocera</i> spp.). Alternatif pengendalian lalat buah yang ramah lingkungan salah satunya dengan pemanfaatan agen hayati seperti jamur entomopatogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi jamur entomopatogen yang menyerang lalat buah (<i>Bactrocera</i> spp.) pada tanaman jambu kristal di berbagai ketinggian tempat di Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 hingga Februari 2025 di tiga lokasi dengan ketinggian berbeda, yaitu: Desa Karyamukti Kabupaten Sumedang (dataran rendah, 63 mdpl), Desa Cikadu Kabupaten Subang (dataran sedang, 547 mdpl) dan Desa Cimaung Kabupaten Bandung (dataran tinggi, 873 mdpl). Isolasi jamur entomopatogen dilakukan di Laboratorium Pestisida Mikroba menggunakan

metode umpan dengan ulat hongkong (*Tenebrio molitor*). Hasil penelitian menunjukkan adanya dua spesies jamur entomopatogen, yaitu *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*. Indeks keanekaragaman berkisar 0,17-0,42 (rendah) dengan nilai keanekaragaman paling rendah di dataran tinggi, Indeks dominansi berkisar 0,37-0,64 (rendah-sedang) dengan dominansi paling tinggi di dataran sedang oleh *B. bassiana*, indeks pemerataan 0,25-0,60 (rendah-sedang) dan indeks kekayaan 0,37-0,59 (rendah). Temuan ini menunjukkan faktor lingkungan dan praktik budidaya memengaruhi indeks ekologi pada lokasi dengan ketinggian berbeda yang dapat menjadi pertimbangan dalam pengembangan pengendalian hayati lalat buah.

PENDAHULUAN

Jambu kristal memiliki keunggulan dibandingkan varietas jambu biji lainnya, antara lain biji yang sedikit (3% dari massa buah), ukuran buah besar, daging tebal dan rasa manis (Ardiana *et al.*, 2023). Jambu kristal memiliki peluang besar yang cukup menjanjikan sebagai alternatif ketersediaan buah impor khususnya buah apel dan pir karena memiliki kesamaan yaitu daging buah yang tebal dengan tekstur yang renyah (Zahroh dkk., 2022). Hal tersebut dapat membantu menekan tingginya nilai impor untuk buah apel dan pir yang mencapai Rp 6,9 triliun pada tahun 2018 (Zahroh dkk., 2022).

Meskipun memiliki potensi ekonomi yang besar, dalam budidaya jambu kristal didapati beberapa kendala, salah satunya yaitu adanya serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) termasuk lalat buah. Lalat buah merupakan salah satu OPT paling penting pada tanaman jambu kristal (Susanto *et al.*, 2023). Hal ini karena tanaman jambu berperan sebagai inang yang mendukung keberlangsungan populasi *Bactrocera* spp. (Almeida *et al.*, 2016). Adnyana dkk. (2019) melaporkan bahwa serangan lalat buah dapat menyebabkan kerugian yang besar dan terus meningkat hingga 80% apabila tidak dilakukan upaya pengendalian.

Alternatif pengendalian lalat buah yang ramah lingkungan ialah dengan pemanfaatan musuh alami, salah satunya yaitu menggunakan jamur entomopatogen. Jamur entomopatogen merupakan jamur yang memiliki sifat parasit terhadap serangga (Athifa dkk., 2018). Selain ramah lingkungan, pemanfaatan jamur entomopatogen dalam pengendalian serangga memiliki beberapa keunggulan lainnya seperti mampu berkembang biak dalam jumlah besar dan memiliki siklus hidup yang relatif cepat (Ginting dkk., 2024). Jamur entomopatogen menginfeksi serangga melalui kontak langsung. Konidia jamur entomopatogen akan

menempel pada permukaan tubuh serangga, kemudian membentuk hifa infektif yang menginvasi tubuh inang secara langsung melalui eksoskeleton atau kutikula (Ahmed *et al.*, 2021). Menurut Dias *et al.* (2018) dan Ganie *et al.* (2022) jamur entomopatogen telah ditemukan efektif dalam mengendalikan lalat buah seperti *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* dan *Isaria fumosorosea* (Wize) dapat mengendalikan *Rhagoletis cerasi* (L.) dengan tingkat mortalitas mencapai 91%.

Di Jawa Barat, jambu kristal telah dibudidayakan secara komersial di berbagai wilayah. Beberapa sentra produksi utamanya berada di Kabupaten Sumedang, Kabupaten Subang, dan Kabupaten Bandung. Setiap daerah tersebut berada pada ketinggian tempat yang berbeda dan secara ekologis dapat memengaruhi berbagai aspek termasuk organisme di sekitarnya. Desa Karyamukti, Kecamatan Tomo, Kabupaten Sumedang berada pada dataran rendah (63 meter di atas permukaan laut/m dpl). Desa Cikadu, Kecamatan Tanjungsung, Kabupaten Subang mewakili dataran sedang (547 m dpl). Sementara itu, Desa Cimaung, Kecamatan Cimaung, Kabupaten Bandung terletak di dataran tinggi (873 m dpl). Perbedaan ketinggian tempat ini menjadi faktor penting yang dapat memengaruhi kondisi iklim mikro dan keberadaan organisme, termasuk agen pengendali hayatinya. Menurut Larramendy dan Soloneski (2021) faktor lingkungan lain seperti penggunaan pestisida intensif juga turut memengaruhi keberadaan jamur entomopatogen. Selain itu, menurut Erawati dan Wardati (2016) jamur entomopatogen memiliki spesifikasi terhadap jenis inang dan lokasi. Sebaran jamur entomopatogen juga berkaitan dengan lokasi geografis seperti ketinggian tempat dan garis lintang (Fernandez-Bravo *et al.*, 2021). Namun demikian, hingga saat ini belum ada studi yang secara komparatif meneliti pengaruh perbedaan ketinggian tempat terhadap keberadaan dan sebaran jamur entomopatogen pada

tanaman jambu kristal di Jawa Barat. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi spesies jamur entomopatogen yang berpotensi mengendalikan lalat buah pada tanaman jambu kristal di tiga zona ketinggian (dataran rendah, sedang, dan tinggi) di Jawa Barat. Adanya perbedaan kondisi mikroklimat pada setiap ketinggian tempat diduga dapat memengaruhi keberadaan, keanekaragaman, dan kelimpahan spesies jamur entomopatogen pada tanaman jambu kristal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang relevan serta menjadi data awal yang komprehensif dalam pengembangan strategi pengendalian hayati lalat buah berbasis entomopatogen yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di wilayah tersebut.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober 2024 sampai Februari 2025 di tiga lokasi pertanaman jambu kristal di Provinsi Jawa Barat berdasarkan skala ketinggian dari Kementrian Pertanian Republik Indonesia (2019), yaitu dataran rendah (0-400 mdpl), dataran sedang (400-700 mdpl) dan dataran tinggi (> 700 mdpl) (Tabel 1). Penanganan sampel, isolasi patogen dan identifikasi morfologi jamur entomopatogen dilaksanakan di Laboratorium Pestisida Mikroba dan Laboratorium Fitopatologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Tabel 1. Lokasi sampling kebun jambu kristal pada berbagai ketinggian tempat di Jawa Barat

Lokasi	Ketinggian (mdpl)	Kategori ketinggian tempat	Koordinat
Desa Karyamukti, Kabupaten Sumedang	63	Dataran rendah	-6°47'11" LS, 108°7'4" BT
Desa Cikadu, Kabupaten Subang	547	Dataran sedang	-6°45'43" LS, 107°49'11" BT
Desa Cimaung, Kabupaten Bandung	873	Dataran tinggi	-7°5'19" LS, 107°33'52" BT

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dimulai dengan mengumpulkan tanah dari lahan kebun jambu kristal. Sampel tanah tersebut dikumpulkan dari 20 pohon dengan satu pohon diambil 100 g sehingga total sampel tanah sebanyak 2 kg dan diambil pada kedalaman 0,5-15 cm setelah membersihkan serasah permukaan, karena pupa lalat buah terbentuk di dalam tanah pada kedalaman tersebut (Febrianti dkk., 2022; Hallouti *et al.*, 2017). Pengambilan sampel tanah dilakukan setiap minggu selama empat minggu. Sampel tanah ditempatkan dalam kantong plastik untuk mencegah kehilangan air dan segera dipindahkan ke laboratorium.

Pengumpulan Jamur Entomopatogen

Metode pengambilan sampel jamur entomopatogen dilakukan dengan metode serangga umpan (*insect baiting method*) menggunakan ulat hongkong (*Tenebrio molitor*). Sebelum digunakan, ulat hongkong dibilas dengan aquades selama 1 menit untuk menghilangkan kontaminan pada permukaannya. Sebanyak dua puluh ulat hongkong dimasukkan ke dalam cawan Petri yang berisi 40 g tanah yang telah dibasahi dengan aquades steril, kemudian cawan Petri tersebut diinkubasi pada suhu 25 °C selama 10 hari. Metode ini dilakukan

berdasarkan referensi dari penelitian Hallouti *et al.* (2020).

Isolasi dan Identifikasi Jamur Entomopatogen

Umpan yang digunakan untuk proses isolasi ialah larva *T. molitor* yang menunjukkan pertumbuhan miselium jamur pada permukaannya. Sebelum diisolasi, larva tersebut dibersihkan terlebih dahulu selama satu menit menggunakan larutan Natrium hipoklorit (NaOCl) 0,3% untuk membersihkan permukaan dari kontaminan. Selanjutnya, larva dibilas lima kali menggunakan akuades untuk menghilangkan sisa larutan disinfektan. Larva tersebut kemudian ditempatkan langsung dalam cawan Petri yang berisi *potato dextrose agar* (PDA) dan telah ditambahkan kloramfenikol (0,25 g/L). Selanjutnya, cawan Petri diinkubasi pada suhu 25 °C selama 3 hingga 5 hari. Koloni jamur yang berkembang di sekitar larva kemudian dimurnikan melalui subkultur bertahap pada media PDA hingga diperoleh kultur jamur murni yang bebas dari kontaminasi (Hallouti *et al.*, 2017). Identifikasi morfologi jamur entomopatogen yang diperoleh dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis meliputi pengamatan warna koloni, bentuk koloni, bentuk tepian koloni, dan tekstur koloni sedangkan pengamatan secara mikroskopis yang meliputi

bentuk spora, morfologi konidia, dan hifa dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran 400x. Identifikasi jamur mengikuti kunci determinasi dari *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Barnett & Hunter, 1998).

Indeks Ekologi

Parameter yang digunakan untuk menghitung indeks ekologi, sebagai berikut:

1. Indeks Keanekaragaman, dihitung dengan menggunakan rumus indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (Hallouti *et al.*, 2020):

$$H' = - \sum (n_i/N) \log (n_i/N)$$

Keterangan:

H' = Indeks Keragaman Shannon-Wiener

n_i = Jumlah individu jenis ke- i

N = Jumlah total individu

Jika nilai indeks:

Nilai $H' < 1$ = Keanekaragaman spesies rendah

Nilai $1 < H' < 3$ = Keanekaragaman spesies sedang

Nilai $H' > 3$ = Keanekaragaman spesies tinggi

2. Indeks Dominansi, dihitung dengan menggunakan rumus indeks dominansi Simpson (Hallouti *et al.*, 2017):

$$c = \sum_{i=1}^s (n_i/N)^2$$

Keterangan:

s = jumlah spesies

c = indeks dominansi Simpson

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah individu semu spesies

Jika nilai c rendah, maka dominasi terpusat pada beberapa jenis sedangkan jika nilai c tinggi, maka dominasi terpusat pada satu jenis. Menurut (Izzaty dkk., 2023) dalam kriteria indeks dominansi adalah:

$0 < c \leq 0,5$ = Dominansi rendah

$0,5 < c \leq 0,75$ = Dominansi sedang

$0,75 < c \leq 1,0$ = Dominansi tinggi

3. Indeks Kekayaan

$$DMg = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Keterangan:

DMg = Indeks kekayaan spesies Margalef

S = Jumlah spesies yang ditemukan

N = Jumlah individu seluruh spesies

Nilai Indeks Kekayaan Jenis adalah:

$DMg < 3,5$ = Kekayaan spesies rendah

$3,5 < DMg < 5,0$ = Kekayaan spesies sedang

$DMg > 5,0$ = Kekayaan spesies tinggi

4. Indeks Kemerataan

Indeks kemerataan spesies hama atau musuh alami ini dihitung mengacu pada rumus indeks kemerataan (Susanto *et al.*, 2023):

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

E = Indeks kemerataan spesies Pielou

H' = Indeks keanekaragaman spesies Shannon-Wiener

S = Jumlah spesies yang ditemukan

Nilai Indeks Kemerataan Spesies

$E < 0,3$ = Kemerataan spesies rendah

$0,3 < E < 0,6$ = Kemerataan spesies sedang

$E > 0,6$ = Kemerataan spesies tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lahan Pengambilan Sampel Jamur Entomopatogen

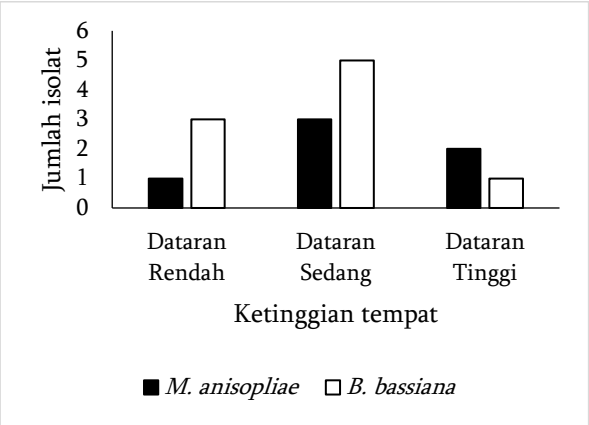
Kondisi lahan pada setiap lokasi pengambilan sampel cenderung berbeda, pada lahan di dataran rendah, terlihat adanya serasah organik dan gulma yang menutupi permukaan tanah. Keadaan serupa juga ditemukan di dataran sedang, namun dengan keberadaan serasah dan gulma yang tampak lebih mendominasi. Sementara itu, kondisi lahan di dataran tinggi menunjukkan pemeliharaan lahan yang lebih baik, keberadaan gulma dan serasah organik terlihat lebih sedikit dibandingkan dua lokasi lainnya. Selain itu, selama kegiatan pengamatan di lahan, data kelembapan udara dan suhu harian diambil dari stasiun cuaca terdekat dari masing-masing lokasi penelitian. Informasi mengenai karakteristik lahan pada setiap lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik lahan pada tanaman jambu kristal di beberapa ketinggian tempat

Lokasi	Ketinggian (mdpl)	Pupuk	Pestisida	Suhu rata-rata (°C)	Kelembapan rata-rata (%)
Desa Karyamukti, Kabupaten Sumedang	63	1. NPK 2. Pupuk organik (kotoran hewan)	1. Metomil 25% (1 g/L) 2. Abamektin 1,8% EC (2 ml/liter)	29,3	69,5
Desa Cikadu, Kabupaten Subang	547	1. Pupuk organik - (kotoran hewan)		25,2	84
Desa Cimaung, Kabupaten Bandung	873	1. NPK	Profenofos 500 g/L (3 ml/L).	23,9	81,9

Jumlah Jamur Entomopatogen

Hasil eksplorasi jamur entomopatogen pada lalat buah (*Bactrocera* spp.) yang diperoleh dari tiga lokasi dengan ketinggian berbeda di Jawa Barat menunjukkan variasi dalam jumlah isolat jamur yang didapatkan (Gambar 1). Terdapat dua spesies jamur entomopatogen yang ditemukan yaitu *M. anisopliae* dan *B. bassiana*. Dataran sedang menghasilkan jumlah isolat tertinggi, terutama *B. bassiana* sebanyak lima isolat, diikuti *M. anisopliae* sebanyak tiga isolat. Di dataran rendah, diperoleh *B. bassiana* sebanyak tiga isolat dan *M. anisopliae* sebanyak satu isolat. Sementara itu, di dataran tinggi diperoleh *B. bassiana* sebanyak satu isolat dan *M. anisopliae* sebanyak dua isolat. Perbedaan jumlah isolat yang didapatkan dari ketiga lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Ginting dkk. (2024) tingkat kelimpahan jamur entomopatogen dipengaruhi oleh berbagai faktor abiotik seperti suhu, kelembapan serta teknik budidaya yang diterapkan.



Gambar 1. Jumlah isolat jamur entomopatogen pada setiap lokasi penelitian.

Tingginya jumlah isolat jamur entomopatogen yang ditemukan di dataran sedang diduga berkaitan dengan kondisi agroekologi yang lebih mendukung, terutama suhu lingkungan yang sesuai untuk proses

sporulasi dan viabilitas konidia. Menurut Mann dan Davis (2020) suhu tinggi maupun rendah diketahui sebagai faktor pembatas utama pertumbuhan jamur entomopatogen seperti *Beauveria* dan *Metarhizium*. Pada penelitian ini, suhu rata-rata di setiap lokasi penelitian secara berurutan yaitu 29,3 °C di dataran rendah, 25,2 °C di dataran sedang, dan 23,9 °C di dataran tinggi. Menurut Ginting dkk. (2024) suhu yang baik untuk perkembangan jamur yaitu 25–30 °C. Wongwanich *et al.* (2017) juga menyatakan suhu terbaik untuk perkecambahan konidia *B. bassiana* adalah 25 °C. Berdasarkan data tersebut, suhu rata-rata di dataran sedang yang mencapai 25,2 °C sangat mendekati suhu optimal untuk perkecambahan konidia *B. bassiana*. Kondisi suhu yang sesuai ini menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tingginya jumlah isolat *B. bassiana* yang ditemukan di dataran sedang dibandingkan dengan dataran rendah maupun tinggi.

Selain itu, kelembapan juga memiliki peran penting terhadap perkembangan jamur entomopatogen. Menurut Ginting dkk. (2024), kisaran kelembapan optimal bagi perkembangan jamur adalah 80–90%. Berdasarkan data pada Tabel 2, kelembapan di dataran sedang dan dataran tinggi mencapai 84% dan 81,9%, yang termasuk dalam kisaran optimal untuk perkecambahan konidia dan aktivitas infeksi jamur entomopatogen. Sementara dataran rendah memiliki kelembapan rata-rata mencapai 69,5%, yang berarti kondisi lingkungannya kurang mendukung untuk sporulasi dan infeksi jamur entomopatogen. Meskipun demikian, suhu rata-rata di dataran rendah masih berada pada kisaran yang mendukung untuk pertumbuhan jamur entomopatogen, sehingga pertumbuhan jamur entomopatogen tetap terjadi tetapi tidak maksimal. Sebaliknya, dataran tinggi memiliki kelembapan yang sesuai, namun suhu rata-ratanya relatif rendah sehingga kurang mendukung pertumbuhan jamur entomopatogen. Sedangkan dataran sedang, memiliki kombinasi suhu dan kelembapan yang sesuai

sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang paling ideal bagi pertumbuhan jamur entomopatogen terutama *B. bassiana*.

Faktor pengelolaan lahan juga merupakan aspek penting bagi kelimpahan jamur entomopatogen di tanah. Petani di dataran sedang diketahui hanya menggunakan pupuk organik, seperti kotoran kambing pada tanaman jambu kristal tanpa disertai penggunaan pupuk kimia maupun pestisida. Menurut Hallouti *et al.* (2020) jamur entomopatogen lebih banyak ditemukan di tanah dengan kandungan bahan organik tinggi. Hal ini sejalan dengan pernyataan dari Afandhi *et al.* (2020) bahwa pupuk organik dapat memicu pembusukan jaringan tanaman yang menjadi substrat bagi miselium jamur entomopatogen, sehingga dapat meningkatkan kelimpahan jamur entomopatogen. Kondisi tersebut menjelaskan bahwa kelimpahan jamur entomopatogen di dataran sedang lebih tinggi dibandingkan di dataran rendah dan dataran tinggi karena pada kedua lokasi tersebut masih menggunakan pupuk kimia dan pestisida secara intensif. Meskipun suhu rata-rata di semua lokasi berada dalam kisaran suhu optimal bagi *M. anisopliae*, keberadaan residu pestisida pada dataran rendah dan dataran tinggi menyebabkan jumlah jamur entomopatogen yang ditemukan lebih rendah dibandingkan pada dataran sedang. Sejalan dengan Fernandez-Bravo *et al.*, (2021) bahwa salah satu faktor yang memengaruhi keberadaan dan kelimpahan jamur entomopatogen yaitu penggunaan pestisida atau pupuk kimia, hal tersebut dapat mengurangi keberadaan jamur entomopatogen dalam tanah.

Temuan ini menunjukkan bahwa keberadaan *M. anisopliae* dan *B. bassiana* pada seluruh lokasi menunjukkan bahwa kedua jenis jamur ini memiliki adaptasi ekologis yang cukup luas di berbagai zona agroekologi. Namun, kemampuan jamur tersebut tetap dipengaruhi oleh faktor kondisi lingkungan dan praktik budidaya.

Indeks Ekologi Jamur Entomopatogen

Hasil analisis indeks keanekaragaman, dominansi, pemerataan dan kekayaan jamur entomopatogen pada tiga ketinggian tempat disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil tersebut, nilai indeks keanekaragaman menunjukkan kisaran antara 0,17 hingga 0,42 dengan kategori rendah ($H' < 1$). Nilai tertinggi terdapat pada dataran sedang (0,42), diikuti dataran rendah (0,34), dan terendah pada dataran tinggi (0,17). Hasil tersebut menunjukkan bahwa

komunitas jamur entomopatogen di seluruh lokasi memiliki kompleksitas yang rendah, dengan jumlah spesies terbatas dan distribusi individu yang belum merata.

Meskipun penelitian Chen *et al.* (2022) dan Sheng *et al.* (2019) sebelumnya menyatakan bahwa keanekaragaman jamur entomopatogen menurun seiring bertambahnya ketinggian tempat, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dataran sedang memiliki nilai keanekaragaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan dataran rendah. Kondisi ini diduga disebabkan oleh perbedaan faktor kondisi lingkungan dan praktik budidaya di setiap lokasi. Pada dataran rendah, suhu cenderung lebih tinggi dan kelembapan relatif lebih rendah, sehingga dapat menghambat perkembangan dan daya hidup konidia jamur entomopatogen. Selain itu, penggunaan pestisida kimia secara rutin di dataran rendah juga dapat menurunkan keanekaragaman dan populasi jamur entomopatogen dalam tanah. Sementara sebaliknya, dataran sedang memiliki suhu dan kelembapan yang sesuai dan hanya menggunakan pupuk organik tanpa adanya penggunaan pestisida sehingga keanekaragaman jamur entomopatogennya menjadi lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Qayyum *et al.* (2021) bahwa tanah organik menyediakan lingkungan yang mendukung peningkatan keanekaragaman serta populasi jamur entomopatogen.

Nilai indeks pemerataan yang diperoleh berkisar antara 0,25–0,60, termasuk kategori rendah hingga sedang, sedangkan indeks dominansi berkisar antara 0,37–0,64. Dataran sedang menunjukkan nilai pemerataan tertinggi (0,60) sekaligus nilai dominansi tertinggi (0,64) dibandingkan dua lokasi lainnya. Dominansi yang tinggi pada dataran sedang tidak selalu berbanding terbalik pada pemerataan, melainkan dapat terjadi secara bersamaan apabila dua spesies mendominasi dalam proporsi yang hampir seimbang. Sementara itu, indeks kekayaan entomopatogen pada ketiga lokasi menunjukkan hasil berkisar 0,37–0,59 dan termasuk ke dalam kriteria rendah. Dataran sedang memiliki nilai kekayaan tertinggi sebesar 0,59, sementara dataran rendah dan dataran tinggi memiliki nilai sebesar 0,37. Rendahnya kekayaan spesies ini secara langsung memengaruhi nilai keanekaragaman meskipun pada beberapa lokasi pemerataannya termasuk dalam kategori sedang. Hal tersebut dikarenakan indeks keanekaragaman tidak hanya bergantung pada pemerataan jumlah individu antar lokasi namun juga pada jumlah spesies yang ada.

Tabel 3. Indeks keanekaragaman, dominansi, pemerataan dan kekayaan jamur entomopatogen

Ketinggian tempat	H'	Kategori	C	Kategori	E	Kategori	R	Kategori
Dataran rendah	0,34	Rendah	0,62	Sedang	0,50	Sedang	0,37	Rendah
Dataran sedang	0,42	Rendah	0,64	Sedang	0,60	Sedang	0,59	Rendah
Dataran tinggi	0,17	Rendah	0,37	Rendah	0,25	Rendah	0,37	Rendah

Keterangan: (H') Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener; (C) Indeks Dominansi Simpson; (E) Indeks Kemerataan; (R) Indeks Kekayaan.

Secara keseluruhan, dataran sedang menunjukkan nilai tertinggi pada seluruh indeks keanekaragaman, dominansi, pemerataan, dan kekayaan, yang menandakan bahwa kondisi ekologi yang mencakup faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan serta praktik budidaya pada ketinggian sedang relatif lebih mendukung keberadaan komunitas jamur entomopatogen yang stabil dan seimbang. Tingkat keanekaragaman, dominansi, pemerataan, dan kekayaan spesies jamur entomopatogen yang ditemukan pada penelitian ini memiliki implikasi penting bagi strategi pengendalian hayati *Bactrocera* spp. Dominansi tinggi oleh *B. bassiana* di dataran sedang menunjukkan bahwa spesies ini memiliki adaptasi dan kemampuan kolonisasi yang baik pada kondisi lingkungan setempat, sehingga berpotensi menjadi agen hayati utama untuk mengendalikan populasi lalat buah. Keberadaan populasi yang stabil dan dominan penting dalam pengendalian hayati karena dapat memastikan ketersediaan inokulum di lapangan secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan konsep Robinson (2001) bahwa mikroba beradaptasi dengan habitat alamnya melalui evolusi ekologisnya, sehingga penggunaan pada kondisi iklim dan lingkungan yang berbeda dapat menurunkan kemampuan adaptasinya. Oleh karena itu, asal geografis berperan penting dalam pengembangan jamur entomopatogen yang efektif, khususnya yang mampu beradaptasi terhadap suhu dan kelembapan setempat (Moraga *et al.*, 2023).

Karakteristik Jamur Entomopatogen

Karakteristik makroskopis koloni dan mikroskopis dari isolat *M. anisopliae* dan *B. bassiana* yang diperoleh dari tiga lokasi dengan ketinggian berbeda menunjukkan morfologi yang seragam baik dari warna koloni, tekstur permukaan, serta bentuk konidia yang relatif sama. Isolat *M. anisopliae* memiliki koloni berwarna hijau kekuningan hingga hijau tua, memiliki tekstur seperti tepung (*powdery*), pinggiran koloni cenderung tidak rata, memiliki konidia berwarna hijau muda yang melimpah dengan bentuk silindris yang terbentuk dalam rantai (Gambar

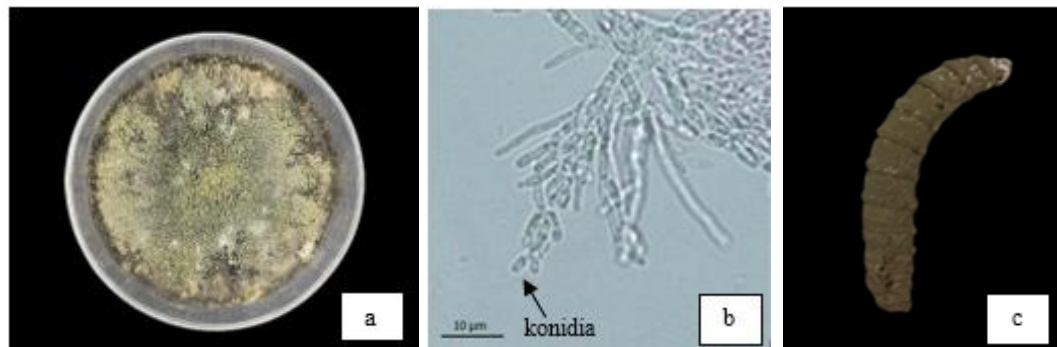
2a-b). Sejalan dengan Bich *et al.* (2021) dan Sani *et al.* (2022) bahwa *M. anisoploae* memiliki ciri khas secara makroskopis yaitu membentuk koloni berwarna putih pada awal pertumbuhan kemudian berubah menjadi warna hijau yang bervariasi dari hijau kekuningan hingga hijau tua pada fase lanjut. Secara mikroskopis, konidia dari isolat *M. anisopliae* memiliki bentuk silindris hingga ellipsoid yang berwarna hijau dengan ukuran panjang berkisar antara 6,8–7,6 x 2,4–2,8 µm dan tersusun dalam rantai membentuk kolom silindris (Sani *et al.*, 2022).

Larva yang terinfeksi *M. anisopliae* menunjukkan penurunan aktivitas gerak sebelum akhirnya mati akibat perkembangan jamur di dalam tubuhnya. Setelah kematian, tubuh larva tertutup hifa berwarna putih yang kemudian berubah menjadi hijau seiring pertumbuhan jamur ditandai dengan adanya perubahan perilaku seperti perubahan gerakan yang semakin melambat hingga kemudian larva tersebut mati karena jamur terus berkembang dalam tubuh larva. Larva yang mati akan berubah menjadi warna putih karena tertutupi oleh hifa jamur, kemudian mengalami perubahan warna menjadi hijau (Gambar 2c).

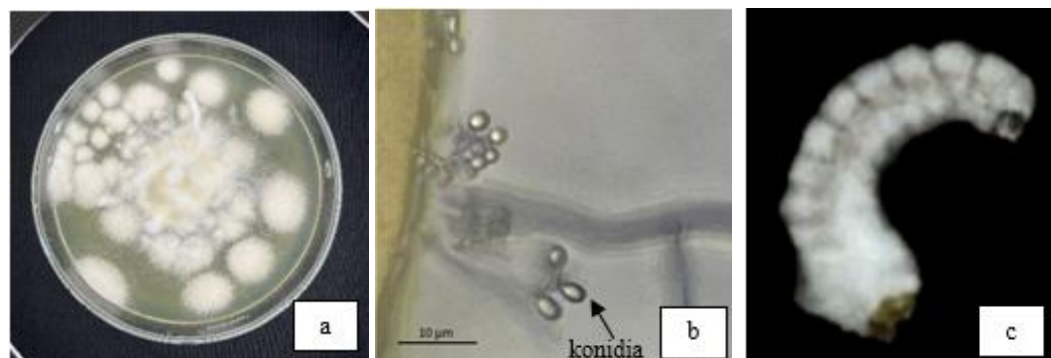
Sementara Isolat *B. bassiana* memiliki koloni berwarna putih hingga krem, memiliki tekstur halus seperti bedak, pertumbuhan koloni membentuk bundar dengan lingkaran konsentris (Gambar 3a). Konidia *B. bassiana* berbentuk bulat, hialin, dan terbentuk di ujung konidiofor (Gambar 3b). Sejalan dengan Yunus *et al.* (2022) bahwa *B. bassiana* memiliki ciri khas makroskopis yaitu koloni berwarna putih hingga kekuningan dan berbentuk melingkar dengan tepi tidak beraturan. Selain itu, permukaan koloni sedikit menonjol hingga datar dengan tekstur yang halus menyerupai serbuk hingga seperti kapas (Harika *et al.*, 2023). Secara mikroskopis, jamur *B. bassiana* memiliki hifa yang memiliki konidiofor bersekat yang tumbuh secara berkelompok, bercabang dan berbentuk pola zig-zag (Yunus *et al.*, 2022). Konidia yang terbentuk berbentuk bulat, tidak berwarna (hialin), permukaannya halus dan tumbuh diujung konidiofor. Diameter konidia memiliki rata-rata

antara 1,7 hingga 2,3 μm (Bich *et al.*, 2021). Adapun ciri-ciri dari larva *T. molitor* yang mati akibat terinfeksi *B. bassiana* yaitu tubuhnya mengeras dan mengering kemudian tubuhnya akan tertutup oleh miselium jamur berwarna putih (Gambar 3c). Hal tersebut sejalan dengan Asya dkk. (2025) bahwa

gejala yang ditunjukkan pada tubuh larva yang terinfeksi *B. bassiana* yaitu tubuh larva menjadi keras dan kaku serta tubuh larva berubah menjadi warna putih karena tertutupi miselium jamur *B. bassiana* yang berwarna putih.



Gambar 2. Karakteristik makroskopis dan mikroskopis *M. anisopliae*. (a) Makroskopis; (b) Struktur konidia dan hifa *M. anisopliae* yang diamati pada perbesaran 400x; (c) larva *T. Molitor* yang terinfeksi.



Gambar 3. Karakteristik makroskopis dan mikroskopis *B. bassiana*. (a) Makroskopis; (b) Struktur konidia dan hifa *B. bassiana* yang diamati pada perbesaran 400x; (c) larva *T. Molitor* yang terinfeksi.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan dua spesies jamur entomopatogen, yaitu *B. bassiana* dan *M. anisopliae* pada tiga lokasi ketinggian berbeda di Jawa Barat. Dataran sedang memiliki jumlah isolat tertinggi, terdiri atas lima isolat *B. bassiana* dan tiga isolat *M. anisopliae* yang diduga dikarenakan memiliki kondisi suhu optimal, ketersediaan bahan organik tinggi dan minimnya residu pestisida. Nilai indeks keanekaragaman terendah ditemukan di dataran tinggi, sedangkan dominansi tertinggi terdapat di dataran sedang yang didominasi oleh *B. bassiana*. Hal tersebut menunjukkan kemampuan adaptasi dan kolonisasi *B. bassiana* yang baik pada kondisi setempat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dan praktik budidaya memengaruhi keberadaan dan indeks ekologi jamur

entomopatogen. Penemuan isolat jamur entomopatogen *B. bassiana* dan *M. anisopliae* pada tanah di tiga lokasi perkebunan tanaman jambu kristal di Jawa Barat memiliki potensi sebagai agens hayati, namun diperlukan uji patogenisitas lanjutan terhadap *Bactrocera* spp. untuk memastikan efektivitasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, IWD, NN Darmiati, dan D Widaningsih,. 2019. Asosiasi lalat buah (*Bactrocera* spp.) (Diptera : Tephritidae) dan parasitoidnya pada tanaman jambu biji kristal (*Psidium guajava* L.) yang dibudidayakan di Bali. Agrotrop Journal on Agriculture Science. 9(2): 97–111. DOI: 10.24843/AJoAS.2019.v09.i02.p01.
- Afandhi, A, EP Pertiwi, DP Purba, T Widjayanti, and AS Leksono. 2020. The diversity of

- entomopathogenic fungi collected from leaves and rhizospheres of rice implementing integrated pest management. *Biodiversitas*. 21(6): 2690–2695. DOI: 10.13057/biodiv/d210642.
- Ahmed, MM, HY Mady, and AH El Namaky. 2021. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on different stages of *Phlebotomus papatasi* (Diptera: Psychodidae). *Polish Journal of Entomology*. 90(4): 175–193. DOI: 10.5604/01.3001.0015.5964.
- Almeida, RDR, KR Cruz, MDSMD Sousa, SVD Costa-Neto, CRD Jesus-Barros, AL Lima, and R Adaime. 2016. Frugivorous flies (Diptera: Tephritidae, Lonchaeidae) associated with fruit production on Ilha de Santana, Brazilian Amazon. *Florida Entomologist*. 99(3): 426–436. DOI: 10.1653/024.099.0313.
- Ardiana, IPG, IN Rai, and IW Wiraatmaja. 2023. Physicochemical study of crystal guava fruit (*Psidium guajava* l. var. crystal) on differences in maturity and storage temperature. *Journal of Biology and Pharmacy*. 7(1): 43–49. DOI: 10.53022/oarjbp.2023.7.1.0013.
- Asya, DP, R Hasibuan, dan Y Fitriana. 2025. Uji in vitro patogenisitas *Beauveria bassiana* terhadap larva ulat pucuk *Strepsicrates rorthia* hama tanaman jambu kristal. *Jurnal Proteksi Agrikultura*. 2(2): 38–44. DOI: 10.23960/jpa.2238-44.
- Athifa, S, S Anwar, dan B Kristanto. 2018. Pengaruh keragaman jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas larva hama *Oryctes rhinoceros* dan *Lepidiota stigma*. *Journal of Agro Complex*. 2(2): 120–127. DOI: 10.14710/joac.2.2.120-127.
- Barnett, HL, and BB Hunter. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* (Third Edition). Burgess Publishing Company. Minnesota.
- Bich, GA, ML Castrillo, FL Kramer, LL Villalba, and PD Zapata. 2021. Morphological and molecular identification of entomopathogenic fungi from agricultural and forestry crops. *Floresta a Ambeinte*. 28(2): 2–11. DOI: 10.1590/2179-8087-floram-2018-0086.
- Chen, J, Z Shi, S Liu, M Zhang, X Cao, M Chen, G Xu, H Xing, F Li, and Q Feng. 2022. Altitudinal variation influences soil fungal community composition and diversity in alpine-gorge region on the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Journal of Fungi*. 8(8): 1–20. DOI: 10.3390/jof8080807.
- Dias, N, M Zotti, P Montoya, and LR Carvanto. 2018. Fruit fly management research: A systematic review of monitoring and control tactics in the world. *Crop Protection*. 112: 187–200. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.05.019.
- Erawati, DN, dan I Wardati. 2016. Teknologi pengendali hayati *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* terhadap hama kumbang kelapa sawit (*Oryctes rhinoceros*). *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*. Hlm. 1–5. DOI: 10.55180/agi.v6i1.228.
- Febrianti, BA, J Carolin, N Febriyanti, CG Ginting, TM Sinaga. 2022. Populasi lalat buah (*Bactrocera* spp.) yang disampling menggunakan metil eugenol pada terong (*Solanum melongena* L.) di Kabupaten Ogan Ilir, Sumatera Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-10*. Hlm. 759–767.
- Fernandez-Bravo, M, F Gschwend, J Mayerhofer, A Hug, F Widmer, and J Enkerli. 2021. Land-use type drives soil population structures of the entomopathogenic fungal genus *Metarhizium*. *Microorganisms*. 9(7): 1380. DOI: 10.3390/microorganisms9071380.
- Ganie, SA, SA Rehman, T Nisar, MA Paray, P Bano, and R Khurshid. 2022. Fruit fly management and control strategies: A Review. *Biopesticides International*. 18(2): 89–100.
- Ginting, S, T Pamekas, dan Z Neildi. 2024. Eksplorasi, isolasi dan identifikasi Jamur entomopatogen asal rizosfer tanaman jagung di Bengkulu dengan metode baiting insect. *Jurnal Agrikultura*. 35(2): 308–320. DOI: 10.24198/agrikultura.v35i2.55390.
- Hallouti, A, A Zahidi, R Bouharroud, A El Mousadik, AA Aoumar, Ben, and H Boubaker. 2017. Diversity of entomopathogenic fungi in argane forest soil and their potential to manage mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*). *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. S. 746–754. DOI: 10.17265/2328-2150/2017.10.007.
- Hallouti, A, MA Hamza, A Zahidi, RA Hammou, R Bouharroud, AAB Aoumar, and H Boubaker. 2020. Diversity of entomopathogenic fungi associated with Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)) in Moroccan Argan forests and nearby area: impact of soil factors on their distribution. *BMC Ecology*. 20(1): 1–13. DOI:

- 10.1186/s12898-020-00334-2.
- Harika, N, M Visalakshi, DA Kumar, and VC Sekhar. 2023. Morphological and molecular characterization of entomopathogenic fungi isolated from soils of Eastern Ghats in Alluri Sitharama Raju district, Andhra Pradesh. *The Pharma Innovation Journal*. SP-12(11): 163–171.
- Izzaty, H, Y Zamroni, and IW Suana. 2023. Keanekaragaman lalat buah *Bactrocera* spp. di Pasar Pulau Lombok. *Jurnal Bios Logos*. 13(3): 158–168. DOI: 10.35799/jbl.v13i3.51875.
- Larramendy, ML, and S Soloneski. 2021. Soil Contamination – Threats and Sustainable. *IntechOpen*. Argentina.
- Mann, AJ, and TS Davis. 2020. Plant secondary metabolites and low temperature are the major limiting factors for *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (Ascomycota: Hypocreales) growth and virulence in a bark beetle system. *Biological Control*. 141: 104130. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104130.
- Moraga, EQ, NG Mas, MY Yousef, IG Jurado, and FM Bravo. 2023. Key role of environmental competence in successful use of entomopathogenic fungi in microbial pest control. *Journal of Pest Science*. 97: 1–15. DOI: 10.1007/s10340-023-01622-8.
- Qayyum, MA, S Saeed, W Wakil, A Nawaz, N Iqbal, M Yasin, MA Chaurdhry, MA Bashir, N Ahmed, H Riaz, H Bilal, M Hashem, and S Alamri. 2021. Diversity and correlation of entomopathogenic and associated fungi with soil factors. *Journal of King Saud University-Science*. 33(6): 101520. DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101520.
- Robinson, CH. 2001. Cold adaptation in Arctic and Antarctic fungi. *New Phytologist*. 151(2): 341–353. DOI: 10.1046/j.1469-8137.2001.00177.x.
- Sani, I, S Jamian, SI Ismail, N Saad, S Abdullah, EM Hata, MA Kamarudin, and J Jalinas. 2022. Identification of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Purpureocillium lilacinum* from oil palm plantation soils in Universiti Putra Malaysia. *Malaysian Journal of Microbiology*. 18(1): 105–112. DOI: 10.21161/mjm.211286.
- Sheng, Y, W Cong, L Yang, Q Liu, and Y Zhang. 2019. Forest soil fungal community elevational distribution pattern and their ecological assembly processes. *Frontiers in Microbiology*. 10: 02226. DOI: 10.3389/fmicb.2019.02226.
- Susanto, A, Tohidin, T Sunarto, LV Sinaga, A Nugroho, M Basuki, L Djaya, and A Fadillah. 2023. Effect of trap height level on the capture of fruit fly (*Bactrocera* spp.) on crystal guava field. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1208(1):012004. DOI: 10.1088/1755-1315/1208/1/012004.
- Wongwanich, Y, P Cobelli, D Boonchuay, and T Wangsomboondee. 2017. Development of thermotolerant isolates of *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. with ethyl methanesulfonate. *Journal of Plant Protection Research*. 57(4): 338–346. DOI: 10.1515/jppr-2017-0046.
- Yunus, M, Salmirna, and N Edy. 2022. Exploration of *Beauveria bassiana* entomopathogen on *leptocorisa acuta* in ricefield. *Agroland: The Agricultural Science Journal*. 9(2): 107–116. DOI: 10.22487/agroland.v9i2.1475.
- Zahroh, F, K Khotimah, dan M Juwanda. 2022. Saluran distribusi pemasaran jambu kristal (*Psidium guajava* L.) di JT Farm Kabupaten Pemalang. *Journal of Agribusiness and Community Development (AGRIVASI)*. 2(2): 176–184. DOI: 10.46772/agrivasi.v2i2.1083.