

**EFEKTIVITAS *Nigrospora* sp. DAN *Penicillium* sp. SEBAGAI
CENDAWAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MORTALITAS DAN
PERUBAHAN MORFOLOGI LALAT *Bactrocera dorsalis***

(Skripsi)

Oleh

**PUTRI OKTARIANA
NPM 1817021004**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2022**

ABSTRAK

EFEKTIVITAS *Nigrospora* sp. DAN *Penicillium* sp. SEBAGAI CENDAWAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MORTALITAS DAN PERUBAHAN MORFOLOGI LALAT *Bactrocera dorsalis*

Oleh

Putri Oktariana

Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) merupakan hama paling banyak menyebabkan kerusakan pada tanaman buah. Pengendalian menggunakan pestisida berbahan kimia dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan. Maka dari itu, diperlukan langkah alternatif yang aman bagi lingkungan. Penggunaan cendawan entomopatogen diketahui memiliki potensi sebagai agensia hayati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. terhadap mortalitas lalat *Bactrocera dorsalis* dan perubahan morfologi lalat setelah kematian. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari-Agustus 2022 di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu jenis cendawan entomopatogen dan kepadatan konidia. Isolat cendawan entomopatogen berasal dari lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) hasil penelitian sebelumnya. Kepadatan konidia yang digunakan dari masing-masing cendawan adalah 10^5 , 10^6 , dan 10^7 konidia/mL. Penelitian ini menggunakan dua jenis kontrol, yaitu *negative control* menggunakan akuades steril dan *vehicle control* menggunakan akuades steril yang ditambahkan 1% molase dan 0,1% tween 80. Setiap unit perlakuan menggunakan serangga uji 5 ekor *Bactrocera dorsalis* dewasa dengan 3 kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan isolat *Nigrospora* sp. menghasilkan mortalitas pada kepadatan konidia 10^5 konidia/mL sebesar 86%, kepadatan 10^6 konidia/mL sebesar 93%, dan kepadatan 10^7 konidia/mL sebesar 100%. Pada isolat *Penicillium* sp. seluruh perlakuan menyebabkan mortalitas sebesar 100%.

Kata Kunci: *Bactrocera dorsalis*, Cendawan Entomopatogen, Pengendalian Hayati, *Nigrospora* sp., *Penicillium* sp.

**EFEKTIVITAS *Nigrospora* sp. DAN *Penicillium* sp. SEBAGAI
CENDAWAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MORTALITAS DAN
PERUBAHAN MORFOLOGI LALAT *Bactrocera dorsalis***

Oleh

PUTRI OKTARIANA

Skripsi

Sebagai Salah satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : **EFEKTIVITAS *Nigrospora* sp. DAN *Penicillium* sp. SEBAGAI CENDAWAN ENTOMOPATOGEN TERHADAP MORTALITAS DAN PERUBAHAN MORFOLOGI LALAT *Bactrocera dorsalis***

Nama Mahasiswa : **Putri Oktariana**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1817021004

Program Studi : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Emantis Rosa, M.Biomed.
NIP. 195806151986032001


Wawan Abdullah Setiawan, M.Si.
NIP. 197912302008121001

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Unila


Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Prof. Dr. Emantis Rosa, M.Biomed.**



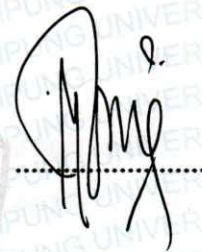
Sekretaris

: **Wawan Abdullah Setiawan, M.Si.**



Penguji Utama

: **Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Supte Dwi Yuwono, S.Si., M.T.

NIP. 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 November 2022

**SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Oktariana

NPM : 1817021004

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya dengan kata lain hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, Februari 2023

Yang menyatakan,



Putri Oktariana

NPM. 1817021004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 31 Oktober 2000, merupakan putri kedua dari tiga bersaudara, dari pasangan Bapak Mugiono dan Ibu Widiarni. Mempunyai seorang kakak yang bernama Dian Wulandari dan seorang adik yang bernama Ahmad Fauzi. Penulis menempuh pendidikan dasar pada tahun 2006-2012 di SDN 1 Bumi Dipasena Makmur. Pendidikan tingkat menengah hingga tahun 2015 di SMPN 1 Rawajitu Timur. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 3 Kotabumi dan menyelesaikannya pada tahun 2018. Pada tahun yang sama penulis berhasil diterima sebagai mahasiswa jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di kampus penulis pernah menjadi asisten praktikum di beberapa mata kuliah. Selain itu, penulis juga melaksanakan kuliah praktik di UPTD Balai Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Lampung pada Februari – Maret 2021. Penulis juga aktif di dunia organisasi kampus. Organisasi kampus yang diikuti oleh penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai anggota bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan (Periode 2019-2020).

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat kesehatan, kemudahan serta kesabaran untuk menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini kupersembahkan kepada:

Orangtuaku tercinta yang selalu menyemangati, menyayangi, memberi dukungan, dan selalu mendoakan dengan tulus.

Kakak dan keponakan tercinta, yang selalu memberikan semangat dan motivasi untukku.

Bapak dan Ibu Dosen pembimbing yang senantiasa sabar dan tak pernah lelah dalam membimbing dan memberikan ilmu.

Sahabat seperjuanganku Feriza, Rizka, Aura, Tiffany, Juharman, Galih dan Gilang yang selalu memberikan semangat, kritik, saran, dan kebahagiaan yang tiada hentinya.

Serta Almamaterku tercinta

MOTTO

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu.”

(Umar bin Khattab)

“Great things aren’t done by impulse, but by a series of small things brought together.”

(Vincent van Gogh)

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Cukuplah Allah menjadi penolong bagi kami dan Dia sebaik-baik pelindung”

(Ali Imran)

“Jangan menyerah selama masih ada sesuatu yang bisa kita lakukan. Kita hanya benar-benar kalah, kalau berhenti berusaha.”

(Merry Riana)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “*Efektivitas Nigrospora sp. dan Penicillium sp. Sebagai Cendawan Entomopatogen terhadap Mortalitas dan Perubahan Morfologi Lalat Bactrocera sp.*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Sains di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Jani Master, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi S1 Biologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Prof. Dr. Emantis Rosa, M.Biomed., selaku pembimbing utama atas kesediaannya memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Wawan Abdullah Setiawan, M.Si., selaku pembimbing kedua atas kesediaannya memberikan bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.
7. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku pembahas yang telah sabar memberi masukan dan mengarahkan penulis dalam proses pembuatan skripsi ini
8. Ibu Dr. Endang Nurcahyani, M.Si., selaku pembimbing akademik.

9. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si., selaku kepala Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi FMIPA Unila beserta seluruh staf yang telah memberi izin, fasilitas, dan bantuan kepada penulis selama melakukan penelitian.
10. Bapak Ibu Dosen serta Staff yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas ilmu, bimbingan, dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
11. Orang tuaku tercinta Bapak Mugiono dan Ibu Widiarni yang tiada hentinya selalu mendoakan, mendukung baik moril maupun materil, kasih sayang, kesabaran, serta motivasi kepada penulis.
12. Kakakku Dian Wulandari dan adikku Ahmad Fauzi tersayang yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
13. Sahabat- sahabat tersayang Rizka Dwi Damayanti, Feriza Yolanda Putri, Aura Priscilla Sabatini, Tiffany Nurya Safitri, Juharman, Galih Adi Kusuma, Gilang Pratama Indra Putra Duarsa, Inah, Rini, Kartika, Ulil, Noni, Ega, dan Dinda yang selalu setia menemani, mendengarkan segala isi hati dan melakukan hal indah bersama.
14. Teman-teman Biologi FMIPA Unila 2018 yang selalu menyemangati penulis dalam melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi.
15. Seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan dalam penulisan di kemudian hari supaya menjadi lebih baik dan semoga penulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandarlampung, November 2022
Penulis,

Putri Oktariana

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN SAMPUL DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I.PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Kerangka Teoritis	3
1.5. Hipotesis	4
II.TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Morfologi Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>).....	5
2.2. Faktor Perkembangan Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>).....	7

2.3. Siklus Hidup Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>)	8
2.4. Ekologi Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>)	11
2.5. Klasifikasi Ilmiah Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>)	12
2.6. Tanaman Jeruk (<i>Citrus</i> sp.).....	12
2.7. Pengendalian Hayati	13
2.8. Cendawan Entomopatogen	14
2.8.1. Enzim dan Toksin yang Dihasilkan oleh Cendawan Entomopatogen.....	15
2.8.2. Mekanisme Infeksi Cendawan Entomopatogen Ke Dalam Tubuh Serangga.....	18
2.8.3. Cendawan <i>Nigrospora</i> sp.	19
2.8.4. Cendawan <i>Penicillium</i> sp.	21
III. METODE PENELITIAN	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.3. Rancangan Penelitian.....	24
3.4. Prosedur Kerja	24
3.4.1. Penyediaan dan Pemeliharaan Serangga Uji	24
3.4.2. Pembuatan Medium <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	24
3.4.3. Re-Kultur Isolat Cendawan	25
3.4.4. Persiapan Suspensi Cendawan	25
3.4.5. Uji Efektivitas Spora Cendawan sebagai Kandidat Entomopatogen	26
3.4.5.1. Aplikasi Spora Cendawan	26
3.4.5.2. Pengamatan <i>Bactrocera dorsalis</i> Setelah Aplikasi	27
3.4.5.3. Perhitungan Persentase Mortalitas Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>)	27
3.4.6. Analisis Data	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Hasil	29
4.1.1. Efektivitas Cendawan Entomopatogen terhadap Mortalitas Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>).....	29
4.1.2. Perubahan Morfologi Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>) setelah Aplikasi Cendawan Entomopatogen	30
4.2. Pembahasan	34
4.2.1. Efektivitas Cendawan Entomopatogen terhadap Mortalitas Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>).....	34
4.2.2. Perubahan Morfologi Lalat Buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>) setelah Aplikasi Cendawan Entomopatogen	37

V.SIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1. Simpulan	44
5.2. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Mikotoksin yang dihasilkan oleh cendawan entomopatogen	17
2. Persentase mortalitas lalat buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>) pada beberapa kepadatan spora cendawan entomopatogen setelah aplikasi	29
3. Hasil uji ANOVA pengaruh perbedaan jenis cendawan dan kepadatan spora terhadap mortalitas lalat <i>Bactrocera dorsalis</i>	30
4. Perubahan morfologi lalat buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>) setelah aplikasi cendawan entomopatogen.....	31
5. Data persentase mortalitas lalat buah (<i>Bactrocera dorsalis</i>) pada beberapa kepadatan spora cendawan entomopatogen setelah aplikasi	55
6. Data hasil uji ANOVA pengaruh perbedaan jenis cendawan dan kepadatan spora terhadap mortalitas lalat <i>Bactrocera dorsalis</i>	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pola gambar dorsal thoraks pada beberapa spesies <i>Bactrocera</i> spp.....	6
2. Pola gambar sayap pada beberapa spesies <i>Bactrocera</i> spp.	6
3. Pola gambar dorsal abdomen pada beberapa spesies <i>Bactrocera</i> spp.....	7
4. Fase telur <i>Bactrocera dorsalis</i>	9
5. Fase larva <i>Bactrocera dorsalis</i>	10
6. Fase pupa <i>Bactrocera dorsalis</i>	10
7. Fase imago <i>Bactrocera dorsalis</i>	11
8. Fase infeksi cendawan entomopatogen	18
9. Fase pertumbuhan cendawan entomopatogen	19
10. Fase reproduksi cendawan entomopatogen	19
11. <i>Aphis glycines</i> yang terinfeksi cendawan entomopatogen.....	40
12. Larva yang mati akibat terserang cendawan <i>Beauveria bassiana</i>	41
13. Larva <i>Spodoptera litura</i> yang terinfeksi cendawan <i>Beauveria bassiana</i>	41
14. Pemasangan perangkat lalat buah	56
15. Lalat buah dalam toples pemeliharaan	56
16. Morfologi <i>Bactrocera dorsalis</i> yang belum diberikan perlakuan	56
17. Preparasi alat.....	56
18. Sterilisasi alat.....	56
19. Pembuatan medium <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA).....	56
20. Isolat <i>Nigrospora</i> sp. pada cawan petri	57
21. Isolat <i>Penicillium</i> sp. pada cawan petri	57
22. Pertumbuhan cendawan pada tabung reaksi	57
23. Pengamatan cendawan entomopatogen	57
24. Penghitungan kepadatan spora menggunakan <i>haemocytometer</i>	57
25. Pengamatan morfologi <i>Bactrocera dorsalis</i> setelah aplikasi	57

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) merupakan salah satu hama paling penting yang menyerang tanaman buah. Serangan hama akibat lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dapat menimbulkan kerusakan pada kualitas buah. Kerusakan dapat menjadi lebih parah karena adanya infeksi sekunder oleh bakteri ataupun jamur yang dapat mengakibatkan busuk pada buah. Serangan *Bactrocera dorsalis* pada buah muda mengakibatkan bentuk yang tidak normal, buah berkalus, hingga keguguran. Pada buah yang tua, serangan hama ini menyebabkan busuk basah, karena lubang larva umumnya terinfeksi oleh bakteri dan jamur (Sahetapy dkk., 2019; Wijaya dkk., 2018).

Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) umumnya menyerang buah-buahan yang memiliki tekstur lunak. Salah satu contohnya adalah buah jeruk (*Citrus sp.*). Buah yang terserang oleh lalat buah biasanya ditandai dengan adanya lubang kecil di bagian tengah dan terdapat bintik hitam atau noda bekas tusukan ovipositor lalat betina saat meletakkan telur dalam buah. Lalat buah betina dapat menusuk kulit jeruk sedalam 6 mm untuk memasukkan telurnya. Akibat aktivitas hama di dalam daging buah dan juga infeksi sekunder dapat menyebabkan buah menjadi busuk dan gugur. Biasanya lalat buah menyerang buah yang hampir masak, karena zat manis pada buah merupakan makanan bagi lalat buah (Wijaya dkk., 2018).

Pengendalian terhadap serangan lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) perlu dilakukan. Saat ini pestisida kimia banyak digunakan oleh petani, karena mudah untuk didapatkan dan digunakan, hasil yang didapatkan cenderung cepat, dan kurangnya pengetahuan yang dimiliki oleh petani. Menurut Tahyudin dkk. (2020), petani beranggapan bahwa penggunaan pestisida merupakan suatu hal yang perlu dilakukan untuk mengurangi serangan hama dan penyakit. Sebagian besar petani berkeyakinan bahwa penggunaan pestisida kimia dapat meningkatkan produktivitas panen, sehingga penggunaannya sama dengan pupuk dan tidak terkontrol. Akan tetapi, penggunaan secara berlebihan dapat menyebabkan dampak buruk bagi konsumen dan petani, juga dapat menyebabkan terbunuhnya predator alami hingga resistensi hama terhadap pestisida (Astriani dkk., 2020). Maka dari itu, diperlukan suatu alternatif yang aman bagi lingkungan. Penggunaan cendawan entomopatogen diketahui mampu mengendalikan populasi serangga dan dapat menjadi suatu langkah alternatif.

Cendawan entomopatogen merupakan suatu jenis cendawan yang dapat bersifat patogen bagi serangga. Cendawan entomopatogen diketahui memiliki kemampuan yang dapat mengakibatkan kematian serangga, karena cendawan entomopatogen mampu menghasilkan toksin dan enzim seperti kitinase, protease, dan lipase yang dapat menginvasi tubuh serangga target (Ikhsanudin, 2020). Menurut Maina *et al.* (2018), saat ini penggunaan cendawan entomopatogen semakin banyak digunakan karena adanya kesadaran lingkungan yang semakin baik, kesadaran mengenai masalah keamanan pangan, dan kegagalan insektisida kimia yang menyebabkan resistensi insektisida untuk beberapa spesies yang terus meningkat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Damayanti (2022), telah ditemukan cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. Cendawan *Nigrospora* sp. diketahui memiliki aktivitas enzim lipase dan cendawan *Penicillium* sp. memiliki aktivitas enzim protease, dan kitinase sehingga berpotensi sebagai kandidat cendawan entomopatogen. Berdasarkan uraian

di atas, maka dilakukan pengendalian secara biologi dengan menggunakan cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. untuk mengetahui efektivitasnya sebagai cendawan entomopatogen terhadap mortalitas lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dan perubahan morfologinya setelah kematian.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui efektivitas konsentrasi spora isolat cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. terhadap mortalitas lalat buah (*Bactrocera dorsalis*).
- b. Mengetahui perubahan morfologi yang terjadi pada lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) yang telah mati akibat aplikasi spora isolat cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Diperoleh informasi konsentrasi optimum spora masing-masing isolat yang efektif untuk mengendalikan lalat buah (*Bactrocera dorsalis*).

1.4. Kerangka Teoritis

Dalam pembudidayaan tanaman buah, serangan hama merupakan suatu tantangan yang harus dihadapi oleh petani. *Bactrocera dorsalis* merupakan salah satu hama yang menyebabkan kerugian besar pada pembudidayaan buah. Buah yang telah terinfeksi oleh *Bactrocera dorsalis* dapat mengalami pembusukan dan rontok. Hama ini umumnya menginfeksi buah-buahan yang memiliki tekstur lunak, salah satu contohnya adalah buah jeruk (*Citrus* sp.).

Jeruk merupakan salah satu komoditi buah-buahan yang memiliki peranan penting di pasaran dunia. Provinsi Lampung merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi baik bagi pertumbuhan tanaman jeruk. Tingkat produksi buah jeruk yang tinggi dipengaruhi oleh tingkat konsumsi masyarakat yang tinggi pula terhadap buah jeruk.

Penanggulangan populasi lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) menggunakan insektisida berbahan kimia memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Maka dari itu diperlukan agensia hayati yang dapat mengendalikan populasi lalat buah secara efektif dan aman bagi lingkungan. Cendawan entomopatogen merupakan jenis cendawan yang dapat digunakan untuk mengendalikan populasi serangga lalat buah (*Bactrocera dorsalis*). Cendawan entomopatogen diisolasi dari tubuh serangga yang telah mati dan mampu menghasilkan beberapa enzim dan mikotoksin. Enzim dan mikotoksin tersebut mampu menginfeksi tubuh serangga yang masih hidup, sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan populasi serangga lalat buah (*Bactrocera dorsalis*).

1.5. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

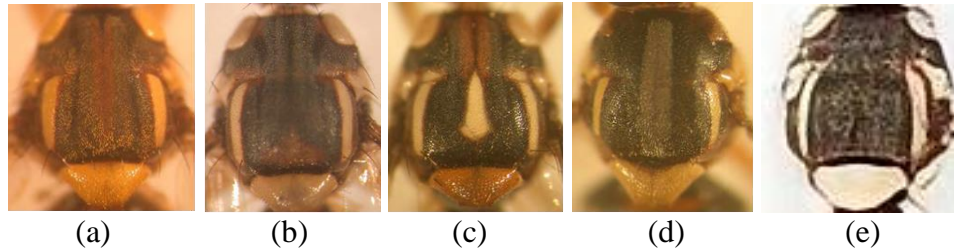
1. H₀ : Isolat cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. tidak efektif untuk mengendalikan populasi lalat (*Bactrocera dorsalis*).
H₁ : Isolat cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. efektif untuk mengendalikan populasi lalat (*Bactrocera dorsalis*).
2. H₀ : Isolat cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. tidak menyebabkan perubahan morfologi pada kematian lalat (*Bactrocera dorsalis*).
H₁ : Isolat cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. menyebabkan perubahan morfologi pada kematian lalat (*Bactrocera dorsalis*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Morfologi Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis*)

Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) memiliki ciri morfologi thoraks berwarna kelabu dan terdiri dari 3 ruas berwarna oranye, merah kecoklatan, coklat, atau hitam. Pada abdomennya terdapat dua pita melintang berwarna kuning, dan satu pita membujur berwarna hitam. Ujung abdomen lalat jantan lebih bulat dibandingkan ujung abdomen lalat betina yang berbentuk runcing karena terdapat alat peletak telur (*ovipositor*) dan kepalanya berwarna coklat kemerahan. Lebar sayap lalat buah sekitar 5-7 mm dengan panjang badan sekitar 6-8 mm (Nawawi, 2018); (Dumalang dan Lengkong, 2011).

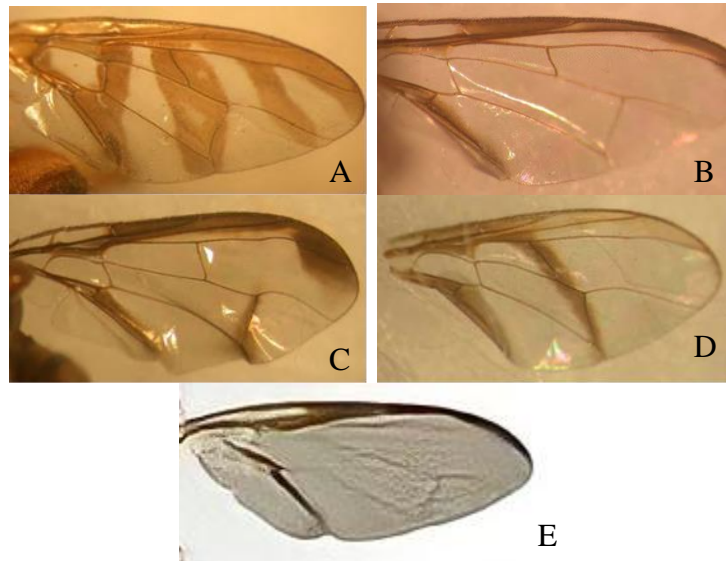
Pada genus *Bactrocera* terdapat sekitar 500 spesies lalat buah, hal ini dapat diidentifikasi secara morfologis berdasarkan warna thoraks, ukuran dan bentuk pita hitam di bagian dorsal abdomen (Lengkong dan Rante, 2019). Penciri utama pada bagian thoraks dapat dilihat pada ada atau tidaknya medial *Postsutural Vittae* dan *Lateral Postsutural Vittae* (Isnaini, 2013). Perbedaan pola thoraks pada beberapa spesies *Bactrocera* spp. dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola gambar dorsal thoraks pada beberapa genus *Bactrocera*.

Keterangan : Pola thoraks (a) *Bactrocera umbrossa*,
 (b) *Bactrocera carambole*, (c) *Bactrocera calumniata*,
 (d) *Bactrocera albistrigata*, (e) *Bactrocera dorsalis*
 (Ginting, 2009); (Bay dan Pakaenoni, 2021).

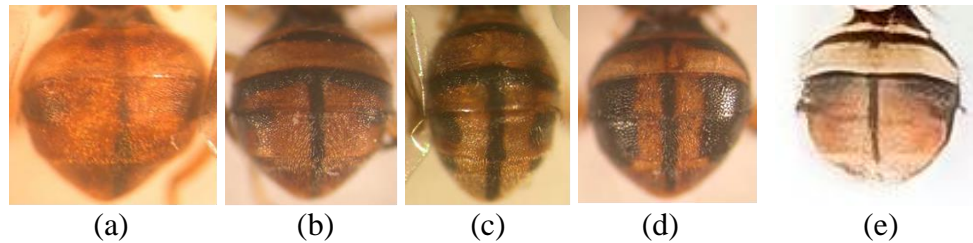
Untuk mengidentifikasi lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) pada bagian sayap dapat dilihat pada basal costal, costal, anal streak, dan pola sayap (Isnaini, 2013). Perbedaan pola sayap pada beberapa genus *Bactrocera* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola gambar sayap pada beberapa genus *Bactrocera*.

Keterangan : Pola sayap (a) *Bactrocera umbrossa*,
 (b) *Bactrocera carambole*, (c) *Bactrocera calumniata*,
 (d) *Bactrocera albistrigata*, (e) *Bactrocera dorsalis* (Ginting,
 2009); (Bay dan Pakaenoni, 2021).

Untuk mengidentifikasi, pada bagian abdomen dapat dilihat dari gambar pola T, antar terga dan seterusnya menyatu serta pola warna pada terga (Isnaini, 2013). Perbedaan pola gambar abdomen bagian dorsal pada beberapa genus *Bactrocera* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola gambar dorsal abdomen pada beberapa genus

Bactrocera. Keterangan :Pola abdomen (a) *Bactrocera umbrossa*, (b) *Bactrocera carambole*, (c) *Bactrocera calumniata*, (d) *Bactrocera albistrigata*, (e) *Bactrocera dorsalis* (Ginting, 2009); (Bay dan Pakaenoni, 2021).

2.2. Faktor Perkembangan Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis*)

Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) merupakan hama paling penting yang menyerang tanaman hortikultura di dunia. Terdapat lebih dari 100 jenis tanaman dapat menjadi inang bagi hama ini. Pada lingkungan optimal bagi pertumbuhannya, intensitas serangan hama ini dapat mencapai 100% (Sahetapy dkk., 2019). Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dapat menyerang buah dengan cara meletakkan telur di bagian bawah kulit buah. Telur tersebut akan menetas menjadi larva dan memakan daging buah hingga menyebabkan pembusukan (Pramudi dan Rosa, 2016).

Suhu dan kelembaban adalah dua faktor abiotik utama bagi pertumbuhan lalat buah (Liu *et al.*, 2019). Suhu 10-30°C merupakan suhu yang optimal bagi lalat buah, sehingga lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dapat berkembang biak. Kelembapan optimal bagi pertumbuhan lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) adalah 62-90%. Pada kelembapan yang tinggi dapat mengurangi laju peletakan telur dan pada kelembapan yang rendah dapat meningkatkan

mortalitas imago. Selain suhu dan kelembapan faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan populasi lalat buah adalah cahaya, angin, tanaman inang dan musuh alami bagi lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) (Sahetapy dkk., 2019).

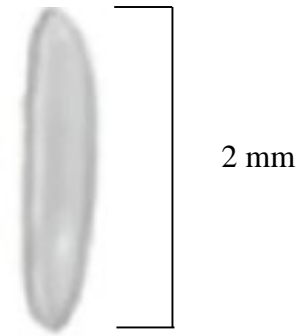
Dalam keadaan terang, lalat akan aktif beraktivitas. Perilaku makan, peletakan telur, dan kopulasi dilakukan oleh lalat betina pada siang hari. Lalat betina yang mendapatkan sinar yang banyak akan lebih cepat bertelur. Keberadaan musuh alami menjadi salah satu faktor penyebab kematian lalat *Bactrocera dorsalis*. Musuh alami *Bactrocera dorsalis* dapat berupa parasitoid, predator, dan patogen. Predator lalat buah diantaranya adalah semut, laba-laba, cocopet, dan kumbang. *Mucor* sp. diketahui menjadi salah satu patogen yang menyerang lalat buah *Bactrocera dorsalis* (Siwi, 2005).

2.3. Siklus Hidup Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis*)

Lalat buah memiliki 4 fase metamorfosis dalam siklus hidupnya dan termasuk ke dalam perkembangan sempurna (holometabola). Siklus hidup lalat buah terdiri dari fase telur, larva, pupa, dan imago (DPKP DIY, 2020).

a. Fase Telur

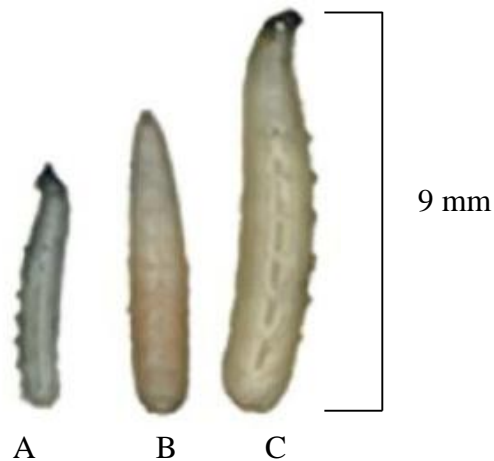
Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) memiliki telur yang berbentuk elips hampir datar pada bagian ventral, dan cekung di bagian dorsal, serta berukuran sekitar 2 mm. Telur *Bactrocera dorsalis* berwarna putih dengan ujungnya berbentuk runcing. Telur ini diletakkan di dalam buah yang terlindung dan tidak terkena sinar matahari langsung secara berkoloni. Telur tersebut akan menetas setelah dua hari (Ginting, 2009). Fase telur *Bactrocera dorsalis* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fase telur *Bactrocera dorsalis* (Jaleel *et al.*, 2017).

b. Fase Larva

Larva lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) berbentuk bulat panjang dan runcing di salah satu ujungnya. Larva pada instar III memiliki ukuran panjang 7-9 mm. Larva *Bactrocera dorsalis* memiliki warna putih keruh atau putih kekuningan dan terdapat dua bintik hitam yang merupakan alat kait mulut. Larva lalat buah *Bactrocera dorsalis* dapat berkembang selama 6-9 hari di dalam daging buah. Pertumbuhan larva lalat buah *Bactrocera dorsalis* terdiri dari 3 instar yang bergantung pada temperatur lingkungan dan kondisi inang. Pada saat larva berada difase instar III, larva akan keluar dari daging buah dan menjatuhkan dirinya ke tanah. Di dalam tanah larva akan menjadi pupa dan berkembang menjadi lalat buah dewasa. Tingkat ketahanan lalat buah di dalam tanah bergantung pada tekstur dan kelembaban tanah. Fase larva lalat *Bactrocera dorsalis* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Fase larva *Bactrocera dorsalis* (a) instar I; (b) instar II; (c) instar III (Jaleel *et al.*, 2017).

c. Fase Pupa

Pupa lalat buah *Bactrocera dorsalis* memiliki warna putih, kemudian mengalami perubahan warna menjadi kekuningan dan coklat kemerahan. Perkembangan pupa di dalam tanah dipengaruhi oleh kelembaban tanah. Kelembaban tanah yang optimum bagi perkembangan lalat buah *Bactrocera dorsalis* adalah 0-9%. Pupa berada di kedalaman 2-3 cm di bawah permukaan tanah. Pupa berkembang di dalam tanah sekitar 4-10 hari dan menjadi lalat dewasa setelah 13-16 hari. Fase pupa lalat *Bactrocera dorsalis* dapat dilihat pada Gambar 6.

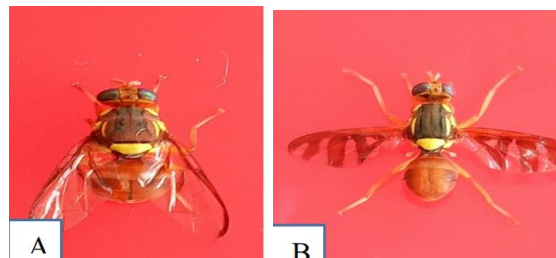


Gambar 6. Fase pupa *Bactrocera dorsalis* (Jaleel *et al.*, 2017).

d. Fase Imago

Lalat buah dewasa (*Bactrocera dorsalis*) berukuran 3,5-5 mm dan berwarna hitam kekuningan. Bagian thoraks lalat buah berwarna hitam, bagian kepala dan kaki berwarna coklat, abdomen jantan berbentuk

bulat sedangkan abdomen betina berwarna terdapat alat tusuk untuk meletakkan telur di dalam daging buah. Fase imago lalat *Bactrocera dorsalis* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Fase imago *Bactrocera dorsalis* (A) *B. dorsalis*, (B) *B. umbrosus* (Hasinu *et al.*, 2020).

2.4. Ekologi Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis*)

Lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) merupakan hama yang menyebabkan kerugian secara langsung bagi petani, karena lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) menyerang langsung produk perkebunan yaitu buah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sastono dan Wijaya (2017), terdapat empat spesies lalat buah yang menyerang tanaman jeruk, yaitu *Bactrocera papayae*, *Bactrocera carambolae*, *Bactrocera umbrosus*, dan *Bactrocera calumniata*.

Lalat *Bactrocera dorsalis* biasanya menyerang tanaman buah yang berkulit tipis dan memiliki daging buah yang lunak. Serangan lalat *Bactrocera dorsalis* biasanya ditemukan pada buah yang hampir masak, karena zat manis pada buah menjadi sumber makanan bagi lalat *Bactrocera dorsalis*. Gejala awal serangan lalat *Bactrocera dorsalis* ditandai dengan adanya noda hitam bekas tusukan ovipositor. Selanjutnya akibat aktivitas hama dalam buah, noda tersebut menjadi lebih luas. Larva lalat akan memakan daging buah dan menyebabkan kebusukan buah (Suputa dkk., 2006).

2.5. Klasifikasi Ilmiah Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis*)

Lalat buah diidentifikasi terbagi atas empat genus utama yaitu *Ceratitis* sp., *Bactrocera* sp., *Anastrepha* sp., dan *Rhagoletis* sp. Terdapat sekitar 4000 spesies lalat buah yang berhasil diidentifikasi dan 1400 spesies diantaranya menyerang buah-buahan yang berkulit tipis dan lunak (Lengkong dan Rante, 2019). Berikut ini klasifikasi ilmiah hama lalat buah (*Bactrocera dorsalis*):

Kerajaan : Animalia
 Filum : Arthropoda
 Kelas : Insecta
 Bangsa : Diptera
 Suku : Tephritidae
 Marga : *Bactrocera*
 Jenis : *Bactrocera dorsalis* (Drew and Hancock, 1994).

2.6. Tanaman Jeruk (*Citrus* sp.)

Tanaman jeruk (*Citrus* sp.) merupakan tanaman yang berasal dari Asia. Tanaman ini memiliki nilai jual yang cukup tinggi karena memiliki kandungan gizi esensial yang sangat baik bagi tubuh juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Selain itu tanaman ini juga mudah dibudidayakan karena cocok pada berbagai iklim (Suwandi, 2015).

Buah jeruk (*Citrus* sp. var. chokun BW) merupakan varietas jeruk yang banyak dibudidayakan di Provinsi Lampung dan menjadi produk unggulan daerah yang sangat potensial untuk dikembangkan (Suwandi, 2015).

Provinsi Lampung menjadi salah satu provinsi yang direncanakan oleh pemerintah untuk mengembangkan agribisnis buah jeruk. Hal ini dilakukan karena wilayah Lampung memiliki potensi wilayah yang baik bagi pertumbuhan tanaman jeruk (Rajagukguk dan Sayekti, 2013).

Menurut Adelina dan Adelina (2017), tanaman jeruk (*Citrus* sp.) memiliki ciri morfologi berupa batang tanaman berkayu dan keras, batangnya berduri, bentuk daun tanaman jeruk meruncing (*Lanceolate*), ujung daun meruncing (*Acute*), tepi daun bergerigi. Berikut ini klasifikasi ilmiah tanaman jeruk (*Citrus* sp.):

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledonae
Bangsa	: Rutales
Suku	: Rutaceae
Marga	: <i>Citrus</i>
Jenis	: <i>Citrus</i> sp. (Linnaeus, 1753).

2.7. Pengendalian Hayati

Saat ini insektisida berbahan kimia banyak digunakan untuk mengendalikan populasi serangga. Menurut Chareonviriyaphap *et al.* (2013), penggunaan insektisida bahan kimia tidak dapat diandalkan karena adanya resistensi serangga terhadap insektisida bahan kimia. Oleh karena itu, diperlukan suatu agensia hayati sebagai pengganti insektisida bahan kimia yang ramah lingkungan dan tidak menyebabkan resistensi serangga (Lia dkk., 2020). Pengendalian hayati yang dilakukan pada kondisi lingkungan yang stabil dan seimbang dapat bersifat efektif dalam jangka panjang. Penggunaan agensia hayati juga dapat relatif lebih ekonomis (Ichbal dkk., 2018). Berikut ini adalah beberapa keunggulan yang diperoleh dari penggunaan agensia hayati untuk mengendalikan populasi hama:

1. Tingkat keberhasilan penggunaan agensia hayati tinggi dalam jangka waktu yang cukup lama
2. Penggunaan agensia hayati tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan manusia

3. Penggunaan agensia hayati umumnya tidak menyebabkan resistensi hama terhadap agensia hayati yang digunakan (Ellenber *et al.*, 2001).

2.8. Cendawan Entomopatogen

Cendawan entomopatogen merupakan salah satu jenis agensia hayati yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama tanaman (Aristyawan dkk., 2020). Dalam agroekosistem, diketahui bahwa serangga dapat berasosiasi dengan cendawan entomopatogen. Asosiasi ini dapat terjadi dengan cara menginfeksi serangga yang sehat. Saat ini penelitian mengenai cendawan entomopatogen telah banyak dilakukan, beberapa cendawan entomopatogen yang diketahui memiliki kemampuan untuk menginfeksi serangga diantaranya *Metharizhium sp.*, *Beavaria bassiana*, dan *Aspergillus sp.* (Widariyanto dkk., 2017).

Mekanisme serangan cendawan entomopatogen pada tubuh serangga diawali dengan tumbuhnya konidia pada bagian integumen serangga. Hifa jamur yang tumbuh pada tubuh serangga dapat menghasilkan beberapa enzim seperti lipolitik, proteolitik, dan kitinase yang dapat menghidrolisis integumen serangga. Serangga yang terinfeksi cendawan entomopatogen umumnya akan mati pada hari kedua dan seluruh bagian tubuhnya akan ditumbuhi hifa jamur. Gejala awal serangga yang terinfeksi cendawan entomopatogen adalah kurangnya nafsu makan, gerakan lemah, serta kehilangan arah atau gerakannya tidak karuan (Aristyawan dkk., 2020).

Penggunaan cendawan entomopatogen dalam mengendalikan hama memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah:

1. Kapasitas reproduksinya tinggi
2. Siklus hidupnya pendek
3. Memiliki spora yang dapat bertahan lama di alam meskipun berada dalam kondisi yang tidak menguntungkan

4. Sifatnya relatif aman dan selektif, sehingga tidak mengganggu pertumbuhan organisme non-target
5. Mudah diproduksi
6. Rendahnya resiko resistensi yang mungkin terjadi (Widariyanto dkk., 2017).

2.8.1. Enzim dan Toksin yang Dihasilkan oleh Cendawan Entomopatogen

Cendawan entomopatogen memiliki kemampuan dalam mengendalikan populasi serangga. Hal ini dapat terjadi karena cendawan entomopatogen mampu menghasilkan beberapa enzim dan toksin yang dapat menginvasi tubuh serangga target. Berikut ini beberapa enzim dan cendawan entomopatogen yang menghasilkannya (Hu *et al.*, 2015):

a. Enzim Lipase

Enzim lipase dihasilkan oleh beberapa cendawan entomopatogen seperti *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus flavus*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*. Enzim lipase digunakan oleh cendawan entomopatogen untuk mengsekresi lipid dalam tubuh inang, sehingga cendawan dapat menginvasi tubuh serangga yang menjadi inang bagi cendawan. Selain itu enzim lipase dapat disekresi secara ekstraseluler dan berperan penting untuk menghidrolisis gliserol dan ikatan rantai asam lemak (Mondal *et al.*, 2016).

b. Enzim Protease

Enzim protease dihasilkan oleh beberapa cendawan entomopatogen seperti *Paecilomyces fumosoroseus*, *Isaria fumosoroseus*, *Tolytlocadium niveum*, *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*. Enzim protease memiliki kemampuan untuk membelah ikatan peptida pada protein sehingga menjadikan ikatan peptida tersebut menjadi asam amino atau pun ikatan peptida

yang lebih kecil. Enzim protease berperan penting setelah lapisan luar kutikula tubuh serangga telah rusak akibat enzim lipase, cendawan entomopatogen membentuk suatu *serine-protease* yang mampu mendegradasi materi protein untuk menyediakan nutrisi bagi cendawan entomopatogen (Mondal *et al.*, 2016).

c. Enzim Kitinase

Enzim kitinase dihasilkan oleh beberapa cendawan entomopatogen seperti *Isaria fumosoroseus*, *Verticillium lecanii*, *Beauveria bassiana*, *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viridans*, *Nomurae rileyi*, *Aschersonia aleyrodis*. Enzim kitinase merupakan struktur utama penyusun dinding sel jamur dan eksoskeleton invertebrata. Enzim ini bekerja sama dengan enzim protease merusak kutikula. Selain itu enzim kitinase juga berperan penting bagi siklus hidup cendawan entomopatogen seperti pada saat perkecambahan, pertumbuhan hifa, morfogenesis, dan bertahan melawan kompetitor. Enzim kitinase memiliki peran penting bagi berbagai fungsi fisiologi, seperti mendegradasi eksoskeleton artropoda yang dapat menjadi sumber nutrisi, membentuk kembali dinding sel selama pertumbuhan hifa, percabangan, fusi hifa dan autolisis, serta menjadi perlindungan dari pertumbuhan cendawan lainnya pada kondisi ekologi yang sama (Mondal *et al.*, 2016).

d. Enzim β -galaktosidase

Enzim ini dihasilkan oleh beberapa cendawan entomopatogen seperti *Aspergillus* sp., *Curvularia inequalis*, *Fusarium moniliforme*, *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium robertsii*.

e. Enzim Katalase

Enzim ini dihasilkan oleh beberapa cendawan entomopatogen seperti *Aspergillus phoenicis*, *Fusarium oxysporum*, *Lecanicillium muscarium*, *Verticillum dahlia*.

f. Enzim 1-glutaminase

Enzim ini dihasilkan oleh beberapa cendawan entomopatogen seperti *Aspergillus flavus*, *Trichoderma koningii*, *Beauveria bassiana*, *Acremonium forcatum*, *Aspergillus wentii*, *Trichoderma harzianum*.

Selain menghasilkan enzim yang dapat menginvasi tubuh serangga, cendawan entomopatogen juga dapat menghasilkan mikotoksin. Beberapa senyawa mikotoksin yang dihasilkan oleh cendawan entomopatogen dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Mikotoksin yang dihasilkan oleh cendawan entomopatogen (Hu *et al.*, 2015); (Tambingsila, 2016):

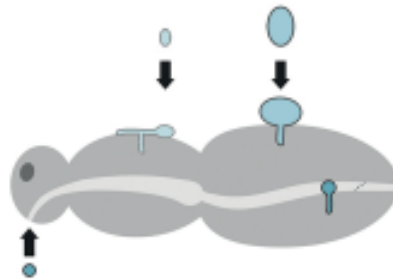
Mikotoksin	Cendawan Entomopatogen
Annulatin	<i>Cordyceps annulata</i>
Bassianin	<i>Beauveria</i> sp.
Cryptosporiopeptida A	<i>Cordyceps graciliodes</i>
Cytochalasin	<i>Metarhizium anisopliae</i>
Farinosones A, B, C	<i>Paecilomyces farinosus</i>
Fumosorinones	<i>Isaria fumosorosea</i>
Indigotides	<i>Cordyceps indigotica</i>
Militarinones	<i>Paecilomyces militaris</i>
Oosporein	<i>Cordyceps cardinalis</i>
Opaliferin	<i>Cordyceps</i> sp.
Pinophilin C	<i>Cordyceps graciliodes</i>
Tenellin	<i>Beauveria bassiana</i>
Tenuipyronne	<i>Isaria tenuipes</i>
Terreusinone A	<i>Cordyceps graciliodes</i>
Torrubiellones	<i>Torrubiella</i> sp.
13-Hydroxyindigotide A	<i>Cordyceps indigotica</i>
8-O-Methylindigotide B	<i>Cordyceps indigotica</i>
Ochratoxin A	<i>Penicillium</i> sp.

2.8.2. Mekanisme Infeksi Cendawan Entomopatogen Ke Dalam Tubuh Serangga

Cendawan entomopatogen melakukan beberapa mekanisme untuk dapat menginfeksi tubuh serangga, mekanisme tersebut adalah fase infeksi, fase pertumbuhan, dan fase reproduksi (Hasyimuddin dan Sijid, 2018).

a. Fase Infeksi

Cendawan entomopatogen memiliki konidia yang dapat menempel pada permukaan tubuh serangga (Gambar 8). Jamur dapat masuk ke dalam tubuh serangga melalui kutikula yang menjadi tempat menempel dan penetrasi konidia pada integumen (Hasyimuddin dan Sijid, 2018). Ketika melakukan penetrasi pada bagian integumen, cendawan entomopatogen membentuk tabung kecambah yang disebut *appressorium*. Penetrasi yang dilakukan oleh cendawan entomopatogen dapat terjadi secara kimiawi ataupun mekanis melalui enzim dan toksik yang dihasilkan oleh cendawan entomopatogen (Hesketh *et al.*, 2010).



Gambar 8. Fase infeksi cendawan entomopatogen (Mora *et al.*, 2018).

b. Fase Pertumbuhan

Fase pertumbuhan terjadi setelah fase infeksi. Konidia yang telah masuk ke dalam tubuh serangga target akan memanfaatkan nutrisi yang terkandung di dalam tubuh untuk dapat tumbuh (Gambar 9). Cendawan entomopatogen sebagian besar berkembang biak

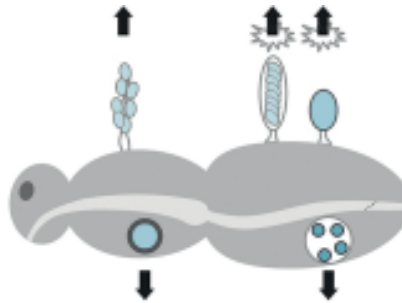
menggunakan pertumbuhan hifa dan memperoleh nutrisi untuk pertumbuhannya melalui penyerapan cairan pada tubuh serangga.



Gambar 9. Fase pertumbuhan cendawan entomopatogen
(Mora *et al.*, 2018).

c. Fase Reproduksi

Setelah fase pertumbuhan, terjadi fase reproduksi. Pada fase ini cendawan entomopatogen dapat bereproduksi melalui beberapa cara seperti menghasilkan konidia, askospora seksual, atau spora domain berdinding tebal yang akan dikeluarkan dari permukaan tubuh serangga secara paksa (Gambar 10).



Gambar 10. Fase reproduksi cendawan entomopatogen
(Mora *et al.*, 2018).

2.8.3. Cendawan *Nigrospora* sp.

Cendawan *Nigrospora* sp. merupakan suatu cendawan endofit yang hidup dalam jaringan tanaman tanpa menunjukkan gejala penyakit bagi tanaman inang. Karena hidup di dalam jaringan tanaman, cendawan *Nigrospora* sp. memiliki peran langsung dalam menghambat perkembangan patogen pada tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Wilia dkk., 2012). Menurut Syamsia (2016), cendawan ini

diketahui memiliki kemampuan untuk memproduksi enzim hidrolitik seperti protease, lipase, pektinase, dan selulase sehingga memiliki potensi sebagai agensia hayati. Pemanfaatan cendawan *Nigrospora* sp. dalam mengendalikan populasi kutu daun telah dilakukan oleh Farhan dkk., (2021) sehingga mampu meningkatkan ketahanan cabai terhadap serangan hama tersebut. Selain itu, *Nigrospora* sp. juga dapat menekan laju pertumbuhan populasi wereng batang coklat (WBC). Hal tersebut ditandai dengan perpanjangan lama stadia nimfa (pradewasa) yang kemudian menurunkan nafsu makan WBC sehingga akan berujung pada kematian individu (Mawan dkk., 2015).

Cendawan *Nigrospora* sp. memiliki nilai Indeks Keparahan Penyakit atau *Disease Severity Index* (DSI) = 1 yang menunjukkan bahwa cendawan tidak bersifat patogen pada tanaman (Elfina dkk., 2022). Selain itu, cendawan *Nigrospora* sp. mampu menghasilkan senyawa antimikroba yang dapat mengendalikan cendawan patogen seperti *Fusarium oxysporum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporum canis*, bakteri *Streptococcus aureus*, dan *Escherichia coli* (Rathod et al., 2014).

Cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. termasuk cendawan ascomycetes. Pada fase reproduksi aseksual, cendawan ascomycetes menggunakan hifa khusus yang disebut konidiofor untuk bercabang dari miselia dan mulai memproduksi spora. Spora ini disebut konidia dan merupakan sel haploid yang akan mengalami mitosis. Setelah itu spora akan tetap tidak aktif dan menunggu sampai kondisi lingkungan ideal untuk berkecambah dan membentuk miselia baru.

Pada fase reproduksi seksual akan terjadi penyatuan dua jenis miselium, yaitu miselium jantan (anteridium) dan miselium betina (askogonium). Setelah kedua organ menyatu, terjadi plasmogami, yaitu perpaduan sitoplasma antara kedua organ. Organ-organ yang menyatu ini disebut

ascocarp, dan mulai membentuk askus. . Di dalam askus, terjadi penyatuan informasi genetik dan membentuk zigot diploid. Zigot diploid akan menjalani meiosis, dan askus akan mengandung empat inti haploid. Sel-sel haploid yang baru terbentuk akan mengalami mitosis dan pembelahan sel untuk membentuk delapan spora haploid yang kemudian dilepaskan dan diatur untuk berkecambah dan membentuk hifa baru di lingkungan baru (Learning, 2016).

Cendawan *Nigrospora* sp. memiliki koloni berwarna putih yang kemudian secara perlahan berubah menjadi abu-abu dengan beberapa bagian berwarna hitam dengan diameter koloni mencapai 40 mm sampai dengan 60 mm. Cendawan ini memiliki hifa berseptat. Konidia *Nigrospora* sp. berwarna hitam, berbentuk soliter dan uni seluler (Mawan, dkk., 2015). Klasifikasi cendawan *Nigrospora* sp. adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Sordariomycetes
Bangsa	: Amphisphaeriales
Suku	: Apiosporaceae
Marga	: <i>Nigrospora</i>
Jenis	: <i>Nigrospora</i> sp. (Johnston, 1998)

2.8.4. Cendawan *Penicillium* sp.

Cendawan *Penicillium* sp. diketahui memiliki sifat antagonisme yang tinggi dan mampu menghasilkan senyawa antibiotik yang mampu menghambat sintesis dinding sel, sehingga mampu digunakan sebagai agen pengendali hayati (Putra dan Purwantisari, 2018). Kandungan senyawa yang dihasilkan cendawan *Penicillium* sp. dan bersifat toksin

bagi serangga adalah *ochratoxin A*, *brevianamide A*, *penicilic acid* dan *citrinin* (Tambingsila, 2016).

Pada penelitian Sopialena dkk. (2019), menyatakan bahwa cendawan *Penicillium* sp. dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati yang mampu menginfeksi ulat hongkong melalui beberapa tahapan, yaitu inokulasi, penetrasi, infeksi, dan invasi. Serangga yang terserang jamur entomopatogen akan berubah menjadi kering dan berwarna kehitaman. Cendawan masuk melalui tubuh serangga melalui kutikula dimana konidia jamur menempel dan berpenetrasi pada integumen. Jamur yang berada pada kutikula selanjutnya merusak jaringan dan menyerap cairan tubuh larva sehingga tubuh larva menjadi mengering (Masyitah dkk., 2017).

Koloni *Penicillium* sp. berwarna putih kekuningan, dengan miselium berseptat, konidiofor bercabang, dan konidia berbentuk lonjong (Dewi dkk, 2015). Konidiofor *Penicillium* sp. berdinding halus atau kasar. Konidia tersusun seperti rantai yang memanjang berbentuk bulat atau agak lonjong. Konidia memiliki cabang-cabang yang disebut fialid sehingga tampak bergerumbul. Lapisan dari fialid merupakan tempat pembentukan dan pematangan konidia disebut sterigma (Michelle, 2012). Klasifikasi ilmiah *Penicillium* sp. adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Fungi
Filum : Ascomycota
Kelas : Eurotiomycetes
Bangsa : Eurotiales
Suku : Trichocomaceae
Marga : *Penicillium*
Jenis : *Penicillium* sp. (Link, 1809).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari-Agustus 2022 di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan dan bahan. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, jarum ose, erlenmeyer, *beaker glass*, gelas ukur, pinset, *object glass*, *cover glass*, *vortex mixer*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *autoclave*, *Biological Safety Cabinet*, neraca analitik digital, mikroskop, oven, inkubator, *haemocytometer*, pembakar busen, dan toples pemeliharaan.

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serangga lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) yang berasal dari tanaman jeruk (*Citrus* sp.) di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Lampung, cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp., medium *Potato Dextrose Agar* (PDA), antibiotik kloramfenikol, tween 80, aquades, alkohol 70%, spiritus, kapas, tisu, kain kasa, dan plastik wrap.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu jenis isolat cendawan entomopatogen dan kepadatan konidia cendawan entomopatogen. Isolat yang digunakan merupakan hasil isolasi dari lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Damayanti (2022). Kepadatan yang digunakan pada penelitian ini adalah kepadatan konidia 10^5 , 10^6 , dan 10^7 konidia/mL (Tambingsila dan Hidayat, 2015), kontrol negatif pada penelitian ini menggunakan akuades steril, dan *vehicle control* menggunakan akuades steril yang ditambahkan dengan 1% molase dan 0,1% tween 80 (Ikhsanudin, 2020). Masing-masing perlakuan pada penelitian ini menggunakan 5 ekor lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dewasa dengan tiga kali pengulangan.

3.4. Prosedur Kerja

3.4.1. Penyediaan dan Pemeliharaan Serangga Uji

Serangga uji yang digunakan pada penelitian ini adalah lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dewasa dengan ukuran yang relatif sama. Serangga uji diperoleh dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Lampung dan dipelihara dalam toples pemeliharaan sebanyak 24 toples. Serangga uji diberikan pakan berupa potongan buah dan juga minum menggunakan kapas yang dibasahi dengan air secukupnya dan diaklimatisasi selama 2 hari di dalam toples pemeliharaan. Masing-masing toples pemeliharaan berisi 5 ekor *Bactrocera dorsalis* dewasa.

3.4.2. Pembuatan Medium *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Cendawan entomopatogen yang digunakan pada penelitian ini adalah cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. hasil isolasi dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Damayanti, (2022).

Untuk melakukan sub kultur isolat cendawan entomopatogen diperlukan medium pertumbuhan. Medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) dibuat sebanyak 1 L, setelah itu dilakukan sterilisasi di dalam *autoclave* selama 15 menit. Medium PDA yang telah steril ditambahkan dengan 500 mg/L antibiotik kloramfenikol, medium yang telah siap dituangkan ke dalam cawan petri dan tabung reaksi besar setelah itu tunggu hingga medium memadat (Ikhsanudin, 2020).

3.4.3. Re-Kultur Isolat Cendawan

Isolat cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. pada medium PDA di cawan petri diinkubasi selama 14 hari di dalam inkubator. Setelah didapatkan isolat murni dari cendawan entomopatogen, dilakukan perbanyakkan dengan cara menginokulasikan konidia cendawan pada medium PDA di tabung reaksi besar. Setelah itu isolat diinkubasikan selama 14 hari di dalam inkubator.

3.4.4. Persiapan Suspensi Cendawan

Konidia yang berumur 14 hari dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 mL akuades steril yang telah ditambahkan 1% molase dan 0,1% tween 80. Setelah itu suspensi dihomogenkan menggunakan *vortex mixer*. Apabila suspensi cendawan telah homogen, dilakukan penghitungan konidia menggunakan alat *haemocytometer* dan mikroskop cahaya. Kepadatan konidia suspensi cendawan dihitung menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut:

$$C = \frac{t}{(n \times 0,25)} \times 10^6$$

Keterangan:

C : Kepadatan konidia

t : Jumlah total konidia dalam kotak sampel yang diamati

n : Jumlah kotak sampel yang digunakan

0,25: Faktor koreksi kotak sampel skala kecil

Setelah didapatkan kepadatan yang sesuai, dilakukan pengenceran untuk pembuatan suspensi konidia 10^5 , 10^6 , dan 10^7 konidia/mL. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ikhsanudin (2020), pengenceran suspensi konidia dapat dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$N1.V1 = N2.V2$$

Keterangan:

N1 : Kepadatan awal suspensi konidia

V1 : Volume awal suspensi konidia

N2 : Kepadatan suspensi konidia yang digunakan

V2 : Volume total (10 mL)

3.4.5. Uji Efektivitas Konidia Cendawan sebagai Kandidat Entomopatogen

Uji efektivitas konidia cendawan entomopatogen dilakukan dengan beberapa tahap. Tahapannya dimulai dari pengaplikasian konidia cendawan, pengamatan mortalitas dan perubahan morfologi lalat *Bactrocera dorsalis*, serta perhitungan persentase mortalitas lalat *Bactrocera dorsalis*

3.4.5.1. Aplikasi Konidia Cendawan

Pengujian dilakukan dengan membuat suspensi konidia dua jenis cendawan entomopatogen hasil penelitian sebelumnya yang dipilih berdasarkan aktivitas enzimatik tertinggi. Suspensi dibuat pada kepadatan 10^5 , 10^6 , dan 10^7 konidia/mL, dengan dua jenis kontrol penelitian. Kontrol negatif menggunakan akuades steril dan *vehicle control* menggunakan akuades steril yang ditambahkan dengan 1% molase dan 0,1% tween 80. Setiap perlakuan dilakukan dengan tiga kali pengulangan sehingga digunakan 24 unit percobaan. Masing-

masing unit percobaan menggunakan 5 ekor lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) yang memiliki bentuk dan ukuran relatif sama.

Pengujian efektivitas cendawan entomopatogen terhadap mortalitas lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dilakukan dengan cara menyemprotkan suspensi konidia cendawan entomopatogen pada *Bactrocera dorsalis*. Serangga uji yang telah diberikan perlakuan diletakkan di tempat yang gelap.

3.4.5.2. Pengamatan *Bactrocera dorsalis* Setelah Aplikasi

Pengamatan dilakukan setelah 3 hari pengaplikasian isolat cendawan entomopatogen sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ikhsanudin (2020). Pengamatan ini dilakukan dengan dua tahapan yaitu:

- a. Pengamatan jumlah mortalitas lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) setelah dimasukkan ke dalam suspensi konidia cendawan entomopatogen.
- b. Pengamatan perubahan morfologi lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) setelah perlakuan, meliputi tekstur, bentuk tubuh, dan warna tubuh.

3.4.5.3. Perhitungan Persentase Mortalitas Lalat Buah (*Bactrocera dorsalis*)

Pada penelitian ini persentase kematian lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dihitung menggunakan rumus Tambingsila (2016) sebagai berikut:

$$P = (x/y) 100\%$$

Keterangan:

P : Persentase kematian

x : Jumlah lalat buah yang mati

y : Jumlah lalat buah keseluruhan

3.4.6. Analisis Data

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor yaitu jenis cendawan entomopatogen dan kepadatan konidia. Data mortalitas lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) dewasa dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan disajikan dalam bentuk tabel. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan dilakukan uji lanjutan menggunakan Uji Selang Ganda Duncan pada taraf signifikan 5%. Data perubahan morfologi lalat buah (*Bactrocera dorsalis*) setelah aplikasi disajikan dalam bentuk gambar dan dibahas secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa:

- a. Isolat asal lalat buah *Bactrocera dorsalis* efektif untuk mengendalikan populasi lalat buah (*Bactrocera dorsalis*). Penggunaan isolat *Nigrospora* sp. paling efektif digunakan pada kepadatan 10^7 konidia/mL dengan mortalitas sebesar 100%. Penggunaan isolat *Penicillium* sp. paling efektif digunakan pada kepadatan 10^5 konidia/mL dengan mortalitas sebesar 100%.
- b. Perubahan morfologi yang terjadi pada lalat *Bactrocera dorsalis* menggunakan cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. kepadatan 10^5 konidia/mL belum menunjukkan perubahan yang signifikan. Akan tetapi pada kepadatan 10^6 dan 10^7 konidia/mL terlihat adanya pertumbuhan hifa cendawan.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. pada skala lapangan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui jaringan atau organ yang pertama kali diserang oleh cendawan entomopatogen
3. Cendawan *Nigrospora* sp. dan *Penicillium* sp. digunakan sebagai agensia hayati untuk mengendalikan populasi lalat buah (*Bactrocera dorsalis*).

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adelina, O. S., dan Adelina, E. 2017. Identifikasi Morfologi dan Anatomi Jeruk Lokal (*Citrus* sp.) Di Desa Doda dan Desa Lempe Kecamatan Lore Tengah Kabupaten Poso. *Jurnal Agrotekbis (Agroteknologi dan Agribisnis)*. 5(1): 58–65.
- Apriliani, F., Rosa, E., Ekowati, C.N., dan Handayani, T.T. 2019. Karakterisasi Proteolitik Fungi Entomopatogen *Aspergillus* sp. dari Kecoa *Periplaneta americana*. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Biologi Indonesia XXV*. hal. 1-5.
- Aristyawan, T., Muchtar, R., dan Meidiantie, D. 2020. Pengaruh Agen Hayati terhadap Wereng Batang Cokelat (*Nillavarpata lugens* Stall) Pada Tanaman Padi. *Jurnal Ilmiah Respati*. 11(1): 69–74.
- Arsi, A., Pujiastuti, Y., Kusuma, S.S.H., dan Gunawan, B. 2020. Eksplorasi, Isolasi dan Identifikasi Jamur Entomopatogen yang Menginfeksi Serangga Hama. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*. 1(2): 70-76.
- Astriani, M., Rostaman, dan Ismangil. 2020. Kefektivan Bakteri *Serratia* Endosimbion WBC Terhadap Lalat Buah Melon (*Bactrocera cucurbitae*). *Jurnal Agro Wiralodra*. 3(2): 60–67.
- Bava, R., Castagna, F., Piras, C., Musolino, V., Lupia, C., Palma, E., Britti D., dan Musella, V. 2022. Entomopathogenic Fungi for Pests and Predators Control in Beekeeping. *Journal of Veterinary Sciences*. 9(95): 1-21.
- Chareonviriyaphap, T., Bangs, M. J., Suwonkerd, W., Kongmee, M., Corbel, V., dan Ngoen-Klan, R. 2013. Review of Insecticide Resistance and Behavioral Avoidance of Vectors of Human Disease in Thailand. *Journal of Parasites & Vectors*. 6:280.

- Damayanti, R. D. 2022. Identifikasi dan Uji Aktivitas Enzimatis Cendawan Asal *Bactrocera dorsalis* Pada Tanaman Jeruk (*Citrus* sp.) Sebagai Kandidat Cendawan Entomopagen. Komunikasi Pribadi.
- Dewi, A. L., Oktavianingsih, L., dan Sudrajat. 2015. Identifikasi Cendawan Mikroskopis yang Berasosiasi dengan Penyakit Busuk Pangkal Batang Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Desa Batuah Kecamatan Loa Janan Kutai Kartanegara. *Prosiding Seminar Tugas Akhir FMIPA UNMUL*. 1-7.
- Direktorat Pertanian dan Ketahanan Pangan. 2020. Pemanfaatan Botol Bekas Air Mineral Sebagai Sarana Pengendalian OPT Lalat Buah (*Bactrocera* spp) Pada Salak.
<https://dpkp.jogjaprovo.go.id/baca/Pemanfaatan+Botol+Bekas+Air+Mineral+Sebagai+Sarana+Pengendalian+OPT+Lalat+Buah+%28Bactrocera+spp%29+Pada+Salak/101120/6e7b5ffc2b23210d64f16cc62233fcbf48a0c611262158d0e123fdc9495b3c70234>, diakses pada tanggal 8 November 2021.
- Drew, R. A. I., dan D. L. Hancock. 1994. The *Bactrocera Dorsalis* Complex Fruit Flies (Diptera : Tephritidae : Dacinae) in Asia. *Bulletin of Entomological Research* (2) : 68.
- Dumalang, S. dan Lengkong, M. 2011. Perilaku Kawin, Uji Respon dan Identifikasi Spesies Lalat Buah pada Belimbing, Ketapang, dan Paria. *Jurnal Eugenia*. 17(3): 193-201.
- Elfina, Y., Ali, M., Wulandari, S.F., dan Ibrahim, R. 2022. Identifikasi Morfologi Lima Isolat Jamur Endofit Tanaman Bawang Merah dan Kemampuannya Menghambat *Alternaria porri* Ellis Cif. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 18(1): 74-80.
- Ellenber, J., Meyling, N.V. 2001. Occurrence and Distribution of Soil Borne Entomopathogenic Fungi within A Single Organic Agroecosystem. *Journal of Agriculture Ecosystem Environment*. Vol. 113: 336-341.
- Farhan, E., Dewi, F., Simbolon, M.S., Ningsih, S.R. 2021. Identifikasi Hama Kutu Daun Pada Tanaman Cabai di Indralaya. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 530-536.

- Gabriel, B.P. dan Riyatno. 1989. *Metharhizium anisopliae (Mech) Sor: Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya*. Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Ginting, R. 2009. *Keanekaragaman Lalat Buah (Diptera: Tephritidae) Di Jakarta, Depok, dan Bogor Sebagai Bahan Kajian Penyusunan Analisis Risiko Hama*. (Tesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hasinu, J. V., Patty, J. A., dan Tuhumury, G. N. C. 2020. Morphological Identification and Population of Fruit Fly (*Bactrocera* sp.) (Diptera: Tephritidae) In Chili Fields, Savanajaya Village Buru District. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 20(2): 123-129.
- Hasyimuddin, dan Sijid, S. T. A. 2018. Cendawan Entomopatogen Sebagai Bioinsektisida Terhadap Serangga Perusak Tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Megabiodiversitas Indonesia*. 4(1): 22–25.
- Hesketh, H., Roy, H.E., Eilenberg, J., Pell, J.K., dan Hails, R.S. 2010. Challenges in Modelling Complexity of Fungal Entomopathogenes in Seminatural Populations of Insect. *Journal of Biological Control*. 55: 55-73.
- Hidayah, A., Harijani, W., Widajati, W., dan Ernawati, D. 2019. Potensi Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, dan *Streptomyces* sp. terhadap Mortalitas *Lepidiota stigma* pada Tanaman Tebu. *Jurnal Plumula*. 7(2): 64-72.
- Hu, Q., Li, F., dan Zhang, Y. 2015. Risks of Mycotoxins from Mycoinsecticides to Human. *Journal of Biomedical Research International*. Vol. 2016.
- Ichbal, P., Dm, C., Ratna, S., dan Np, D. 2018. Nilai Palatabilitas Serangga Hama Bagi Kodok Buduk (*Bufo Melanostictus*) Serta Potensinya Dalam Mengendalikan Hama Serangga. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 5(3): 146–155.
- Ikhsanudin, A., Rosa, E., dan Ekowati, C.N. 2020. Proteolytic Activity of The Entomopathogenic Fungi (*Penicillium* sp.) of Cockroaches (*Periplaneta americana*). *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 6(2): 81-84.

- Ikhsanudin, A. 2020. *Efektivitas Cendawan Entomopatogen sebagai Bioinsektisida terhadap Kecoa (Periplaneta Americana)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Isnaini, Y. N. 2013. *Identifikasi Spesies dan Kelimpahan Lalat Buah Bactrocera spp. Di Kabupaten Demak*. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Jaleel, W., Yin, J., Wang, D., He, Y., Lu, L., dan Shi, H. 2017. Using Two-sex Life Tables to Determine Fitness Parameters of Four *Bactrocera* species (Diptera: Tephritidae) Reared on A Semi-Artificial Diet. *Bulletin of Entomological Research*. 1-8.
- Johnston, P. R. 1998. Leaf Endophytes of Manuka (*Leptospermum scoparium*). *Journal of Mycological Research*. 102(8): 1009-1016.
- Lengkong, M., dan Rante, C. S. 2019. Identifikasi Morfologi Lalat Buah *Bactrocera* spp. (Diptera :Tephritidae) di Kabupaten Minahasa. *Jurnal Entomologi Dan Fitopatologi*. 1(1): 29–35.
- Lia, M., Mulia, Sundara, Y., Sulaeman, Onggowaluyo, dan Samidjo, J. 2020. Pemanfaatan Jamur Entomopatogen dari Larva Nyamuk Mati Sebagai Pengendalian Hayati Larva *Aedes aegypti*. *Jurnal Riset Kesehatan*. 11(2): 294–300.
- Link, J. H. F. 1809. *Observationes in Ordines Plantarum Naturales*. Dissertio Ima. *Gesellschaft Natuforschender Freunde zu Berlin, Magazin*. 3(1): 3-42.
- Linnaeus. 1753. *Species Plantarum*. Laurentius Salvius. Stockholm.
- Liu, H., Zhang, D. J., Xu, Y. J., Wang, L., Cheng, D. F., Qi, Y. X., Zeng, L., dan Lu, Y. 2019. Invasion, Expansion, and Control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in China. *Journal of Integrative Agriculture*. 18(4): 771–787.
- Lumen Learning. 2019. Ascomycota: The Sac Fungi. <https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/ascomycota/>, diakses pada tanggal 20 Desember 2022.

- Maina, U., Galadima, I., Gambo, F., dan Zakaria, D. 2018. A Review On The Use of Entomopathogenic Fungi in The Management of Insect Pests of Field Crops. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 6(1): 27–32.
- Manurung, A. A. 2022. Uji Efektivitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* Untuk Mengendalikan Hama *Crocidolomia binotalis* pada Tanaman Kubis *Brassica oleracea* di Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 2(2): 1-9.
- Masyitah, I., Sitepu, F.S., dan Safni, I. 2017. Potensi Jamur Entomopatogen untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* F. pada Tanaman Tembakau In Vivo. *Jurnal Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara*. 5(3): 484- 493.
- Mawan, A., Buchori, D., dan Triwidodo, H. 2015. Pengaruh Cendawan Endofit terhadap Biologi dan Statistik Demografi Wereng Batang Cokelat *Nilaparvata lugens* Stal (Hemiptera: Delphacidae). *Jurnal Entomologi Indonesia*. 12(1): 11-19.
- Michelle. 2012. *Isolasi, Identifikasi, dan Pengujian Kemampuan Kapang Selulolitik dari Manuskrip Kuno Berbahan Daluang Asal Perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Mondal, S., Baksi, S., Koris, A., dan Vatai, G. 2016. Pacific Science Review A : Natural Science and Engineering Journey of Enzymes in Entomopathogenic Fungi. *Journal of Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*. 18(2): 85–99.
- Mora, M. A. E., Castilho, A. M. C., dan Fraga, M. E. 2018. Classification and Infection Mechanism of Entomopathogenic Fungi. *Journal of Arquivos Do Instituto Biológico*. 84(1): 1–10.
- Mutmainnah. 2015. Perbanyak Cendawan Entomopatogen *Penicillium* sp. Isolat Bone pada Beberapa Media Tumbuh Organik. *Jurnal Perbal (Pertanian Berkelanjutan)*. 3 (3): 71-78.
- Nawawi, R. 2018. *Kelimpahan Lalat Buah (Diptera: Tephritidae) pada Berbagai Jenis Buah-Buahan yang Terdapat Di Pasar Tugu Bandar Lampung*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Bandar Lampung.

- Peterson, R. R. M., Simmond, M. S. J., and Blaney. 1987. Mycopesticidal Effect of Characterized Extracts of *Penicillium* Isolates and Purified Secondary Including Metabolites (Including Mycotoxin) on *Drosophila melanogaster* and *Spodoptera littoralis*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 50: 124-133.
- Pramudi, I., M., dan Rosa, O., H. 2016. Identifikasi Lalat Buah yang Menyerang Buah Naga (*Hylocereus* sp.) di Kecamatan Batu Ampar, Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. *Planta Tropika: Jurnal Agrosains*. 4(2): 107–111.
- Putra, M.B.I., dan Purwantisari, S. 2018. Kemampuan Antagonisme *Pseudomonas* sp. dan *Penicillium* sp. Terhadap *Cercospora nicotianae* In Vitro. *Jurnal Biologi*. 7(3): 1-7.
- Rajagukguk, M. J., dan Sayekti, W. D. 2013. Sikap dan Pengambilan Keputusan Konsumen Dalam Membeli Buah Jeruk Lokal dan Jeruk Impor Di Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*. 1(4), 326–333.
- Rathod, D.P., Dar, M.A., Gade, A.K., dan Rai, M.K. 2014. Griseofulvin Producing Endophytic *Nigrospora oryzae* from Indian *Emblia Officinalis* Gaertn: A New Report. *Austin Journal of Biotechnology and Bioengineering*. 1: 1-5.
- Sahetapy, B., Uluputty, M. R., dan Naibu, L. 2019. Identifikasi Lalat Buah (*Bactrocera* spp.) Asal Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) dan Belimbing (*Averrhoa Carambola* L.) Di Kecamatan Salahutu Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Agrikultura*. 30(2): 63.
- Sastono, W. dan I N. Wijaya. 2017. Identifikasi Jenis-Jenis Lalat Buah (Diptera: Tephritidae) dan Kelimpahannya pada Pertanaman Jeruk di Desa Katung, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. *E-Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Udayana*.
- Siwi, S.S. 2005. *Eko-Biologi Hama Lalat Buah*. BB-Biogen. Bogor
- Sopialena., Sopian., dan Allita, L.D. 2019. Diversitas Jamur Endofit Pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) dan Potensinya Sebagai Pengendalian Hama. *Jurnal Agroekoteknologi Tropikal Lembab*. 2(1): 44-49.

- Suciatmih, Yuliar, dan Supriyati, D. 2011. Isolasi, Identifikasi, dan Skринning Jamur Endofit Penghasil Agen Biokontrol Dari Tanaman Di Lahan Pertanian dan Hutan Penunjang Gunung Salak. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 12(2): 171-186.
- Sulastrі, N., Hafizarlutfia, T., dan Afifah L. 2017. Teknologi Pengendalian Hayati Serangga menggunakan Biopestisida Potensial: Cendawan Entomopatogen *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas. *Prosiding Seminar Nasional PEI*. 87-96.
- Supiyanto. 2019. *Uji Patogenitas Isolat Fungi Entomopatogen terhadap Stadium Dewasa Nyamuk Aedes aegypti*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Suputa, Cahyaniati, Kustaryati, A., Railan, M., Issusilaningtyas, dan Mardiasih, W. P. 2006. *Pedoman Identifikasi Lalat Buah Hama*. Direktorat Jendral Hortikultura. Jakarta.
- Suwandi. 2015. Outlook Komoditas Pertanian Subsektor Hortikultura Jeruk 2015. *Badan Pusat Statistik*: 1-88.
- Syamsia. 2016. Isolasi dan Identifikasi Cendawan Endofit Tanaman Padi Aromatik Lokal Enrekang. *Jurnal Agrotan*. 2(2): 59-65.
- Tahyudin, Hartono, R., dan Anwarudin, O. 2020. Perilaku Petani Dalam Mereduksi Penggunaan Pestisida Kimia Pada Budidaya Bawang Merah. *Jurnal Community Online*. 1(1): 21-30.
- Tambingsila, M. 2016. Potensi Cendawan Entomopatogen *Penicillium* sp. terhadap Penggerek Buah Kakao (*Conomorpha cramerella* Snellen) Di Lapang. *Jurnal Agropet*. 13(2): 49-55.
- Tambingsila, M., dan Hidayat, R. 2015. Uji Efektivitas Cendawan *Fusarium* sp. Potensinya Sebagai Entomopatogen Terhadap Kepik Penghisap Buah Kakao (*Helopeltis sulawesi*: Hemiptera). *Jurnal Agropet*. 12(2): 10-16.
- Wibowo, L., Sudarsono, H., Hariri, A.M., Yasin, N., dan Susilo, F.X. 2018. Uji virulensi beberapa isolat *Metarhizium* sp. terhadap Larva *Oryctes rhinoceros* L. *Prosiding Seminar Nasional PEI Cabang Palembang*. Palembang.

- Widariyanto, R., Pinem, M. I., dan Zahara, F. 2017. Patogenitas Beberapa Cendawan Entomopatogen (*Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, dan *Beauveria bassiana*) terhadap *Aphis glycines* pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara*. 5(1): 8–16.
- Wijaya, I. N., Adiartayasa, W., dan Dwipananda, I. G. 2018. Kerusakan dan Kerugian Akibat Serangan Lalat Buah (Diptera : Tephritidae) pada Pertanaman Jeruk. *Agroekoteknologi Tropikal*. 8(1): 65–70.
- Wilia, W., Hayati, I., dan Ristiyadi, D. 2012. Eksplorasi Cendawan Endofit Dari Tanaman Padi Sebagai Agens Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Universitas Jambi*. 1(4):299-304.
- Yulianti, T. 2013. Pemanfaatan Endofit Sebagai Agenia Pengendali Hayati Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 5(1): 40-49.