

Produksi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* pada Limbah Pertanian dan Patogenisitasnya terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera litura*)

Production of The Entomopathogenic Fungi Beauveria bassiana on Agricultural Waste and Armyworm (Spodoptera litura)

Dian Novitasari¹, Saiku Rokhim², Esti Tyastirin³, Hanik Faizah^{4*}

^{1,2,3,4}Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya
Jl. Dr. Ir. H. Soekarno No. 682, Gunung Anyar 60294, Surabaya, Indonesia

*Corresponding author: hanikfaizah90@gmail.com

ABSTRAK

DOI;
[10.30595/jrst.v9i1.20678](https://doi.org/10.30595/jrst.v9i1.20678)

Histori Artikel:

Diajukan:
08/01/2024

Diterima:
11/04/2025

Diterbitkan:
11/04/2025

Ulat grayak (*Spodoptera litura*) merupakan salah satu Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang menyerang berbagai tanaman seperti kacang tanah, tembakau, kacang kedelai, kacang hijau, ubi jalar, bawang merah, cabai, dan jagung. *Beauveria bassiana* merupakan salah satu jamur entomopatogen yang memiliki kemampuan dalam mengendalikan serangga hama seperti *S. litura*. *B. bassiana* dikulturkan di media tumbuh dari limbah pertanian yang berupa molase tebu dan dedak padi dengan teknik kultur cair. Selanjutnya, biakan cair *B. bassiana* dari perlakuan media tumbuh diuji patogenisitasnya terhadap *S. litura*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh media tumbuh pada sporulasi, daya kecambah, dan patogenisitas *B. bassiana* terhadap *S. litura*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan jenis penelitian eksperimental dengan 2 tahap penelitian. Tahap pertama yaitu menumbuhkan *B. bassiana* di beberapa perlakuan media tumbuh (molase tebu, dedak padi, dan *Potato Dextrose Broth* (PDB)). Tahap kedua yaitu *B. bassiana* (yang telah ditumbuhkan di beberapa perlakuan media tumbuh) diuji patogenisitasnya pada *S. litura* tahap larva instar III. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sporulasi tertinggi terdapat pada kultur *B. bassiana* di perlakuan media PDB ($21,417 \times 10^9$ spora/ml), diikuti dengan perlakuan media dedak padi 13% ($6,058 \times 10^9$ spora/ml). Sedangkan, daya kecambah spora tertinggi terdapat pada kultur *B. bassiana* di perlakuan media dedak padi 13%, yaitu 57,54%. Kultur *B. bassiana* di perlakuan media dedak padi 13% mengakibatkan mortalitas larva instar III *S. litura* tertinggi, yaitu 53,33%.

Kata Kunci: *Spodoptera litura*, *Beauveria bassiana*, Produksi, Patogenisitas, Media Tumbuh

ABSTRACT

Armyworm (*Spodoptera litura*) is one of the Plant Disturbing Organisms (PEST) that attacks various crops such as peanuts, tobacco, soybeans, green beans, sweet potatoes, shallots, chilies, and corn. *Beauveria bassiana* is one of the entomopathogenic fungi that has the ability to control insect pests such as *S. litura*. *B. bassiana* was cultured on growing media from agricultural waste in the form of sugarcane molasses and rice bran using a liquid culture technique. Furthermore, the liquid culture of *B. bassiana* from the growth media treatment was tested for pathogenicity against *S. litura*. The purpose of this research was to determine the effect of growth media on sporulation, germination, and pathogenicity of *B. bassiana* against *S. litura*. This research used a Completely Randomized Design (CRD) and experimental research with 2 stages of research. The first stage was to grow *B. bassiana* in several growth media treatments (sugarcane molasses, rice bran, and *Potato Dextrose Broth* (PDB)). The second stage is that *B. bassiana* (which has been grown in several growth media

treatments) is tested for pathogenicity on *S. litura* third instar larval stage. The results showed that the highest sporulation was found in *B. bassiana* cultures in PDB media ($21,417 \times 10^9$ spora/ml), followed by 13% rice bran ($6,058 \times 10^9$ spora/ml). Meanwhile, the highest spore germination was found in the culture of *B. bassiana* in 13% rice bran, which was 57,54%. The culture of *B. bassiana* in 13% rice bran resulted in the highest mortality of third instar larvae of *S. litura*, which was 53,33%

Keywords: *Spodoptera litura*, *Beauveria bassiana*, Production, Pathogenicity, Growth Media

1. PENDAHULUAN

Ulat grayak (*Spodoptera litura*) merupakan salah satu Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dari ordo Lepidoptera yang sering ditemukan di lahan pertanian maupun perkebunan (Rosmiati et al., 2018). Dari keseluruhan siklus hidupnya, fase larva *S. litura* yang berperan sebagai hama tanaman. Larva yang berukuran kecil menimbulkan adanya lubang-lubang kecil pada daun, sedangkan larva yang berukuran besar membuat daun hanya tersisa bagian tulang daunnya saja (Hidayanti & Mahanani, 2019).

S. litura bersifat polifag, artinya kisaran inang dari serangga ini cukup luas sehingga serangan *S. litura* terjadi di berbagai tanaman inang seperti kacang tanah, tembakau, kacang kedelai, kacang hijau, ubi jalar, bawang merah, cabai, dan jagung (Rosmiati et al., 2018). Menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2021), luas tambah serangan *S. litura* terhadap tanaman kubis, tomat, cabai, dan bawang merah di Indonesia mencapai 155,34 Ha, 117,97 Ha, 536,82 Ha, dan 196,67 Ha pada tahun 2021.

Sedangkan, luas tambah serangan *S. litura* terhadap tanaman kubis, tomat, cabai, dan bawang merah di Indonesia mencapai 47,01 Ha, 341,80 Ha, 757,88 Ha, dan 233,60 Ha pada tahun 2020. Karena keberadaan *S. litura* di lahan pertanian dapat merusak tanaman, maka hama serangga tersebut perlu diatasi. Salah satu teknik pengendalian yang sering digunakan untuk mengatasi serangga hama yaitu pengendalian dengan pestisida kimia.

Meskipun bersifat efektif dan efisien dalam mengendalikan hama, tetapi dampak negatif yang ditimbulkan pestisida kimia berupa penurunan kesuburan tanah, terbunuhnya musuh alami (agen hayati), resistensi hama dan resurgensi hama, pencemaran lingkungan, serta terganggunya populasi mikroorganisme tanah (L. Nasution, 2022). Selain itu, pestisida kimia juga dapat meningkatkan paparan residu insektisida pada tubuh petani maupun konsumen (Wiratno et al., 2013).

Untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan pestisida kimia, petani mencari

solusi untuk mengendalikan hama serangga yang bersifat ramah lingkungan. Salah satu teknik pengendalian hama yang bersifat ramah lingkungan yaitu pengendalian hayati dengan menggunakan jamur entomopatogen. Salah satunya yaitu *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *B. bassiana* bersifat parasit terhadap berbagai spesies arthropoda, yang sebagian besar menyerang ordo dari kelas insekta (Bara & Laing, 2020).

Mekanisme infeksi *B. bassiana* mengakibatkan serangga mengalami kegagalan penetasan telur, kematian larva, serta kecacatan pada imago seperti tubuh pendek dengan lobus sayap yang rapuh, antena dan abdomen yang sangat pendek (Fergani & Refaei, 2021). Karena efektif sebagai agen pengendali hayati terhadap serangga, para peneliti melakukan kultur *B. bassiana* dalam jumlah yang cukup dengan kualitas inokulum yang baik.

Untuk menumbuhkan jamur, diperlukan media tumbuh dengan kandungan nutrisi yang dapat mendukung pertumbuhan, perkembangbiakan, serta biosintesis jamur ketika mikroorganisme ini hidup dalam kondisi *in vitro*. Pada umumnya, media yang sering digunakan dalam kultur jamur seperti *Potato Dextrose Broth* (PDB), *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA), *Sabouraud Dextrose Broth* (SDB), dan lain sebagainya.

Namun, media-media tersebut harganya cukup mahal dan sulit diperoleh karena tidak semua toko bahan kimia menjual media sintetik dan semi sintetik (Nurdin & Nurdin, 2020). Maka dari itu, para peneliti beralih menggunakan media alternatif sebagai media tumbuh bagi jamur. Misalnya limbah pertanian seperti molase tebu dan dedak padi. Diketahui bahwa kedua bahan tersebut mengandung protein dan karbohidrat yang nantinya dapat digunakan sebagai sumber nitrogen dan karbon bagi pertumbuhan jamur (Khandare, 2021).

Selain karbohidrat dan protein, molase tebu dan dedak padi juga mengandung kandungan nutrisi yang lain. Berdasarkan latar belakang, maka penelitian ini bertujuan untuk

mengetahui pengaruh media tumbuh pada sporulasi, daya kecambah, dan patogenisitas jamur *B. bassiana* terhadap *S. litura*. Media tumbuh yang digunakan berasal dari limbah pertanian berupa molase tebu dan dedak padi.

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, rancangan penelitian yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL). Sedangkan, jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian eksperimental yang dilakukan dengan 2 tahap.

Pada tahap pertama, *B. bassiana* dikulturkan di perlakuan media tumbuh yang berbeda, dengan 9 perlakuan dan 3 ulangan. 9 perlakuan pada penelitian tahap pertama meliputi: PDB (kontrol), molase tebu 5%, molase tebu 7%, molase tebu 11%, molase tebu 13%, dedak padi 5%, dedak padi 7%, dedak padi 11%, dan dedak padi 13%.

Pada tahap kedua, *B. bassiana* yang telah dikulturkan di perlakuan media tumbuh berbeda akan diuji patogenisitasnya terhadap *S. litura*, dengan 11 perlakuan dan 3 ulangan. 11 perlakuan pada penelitian tahap kedua meliputi: Akuades (kontrol negatif), Demolish 18 EC (kontrol positif), PDB, molase tebu 5%, molase tebu 7%, molase tebu 11%, molase tebu 13%, dedak padi 5%, dedak padi 7%, dedak padi 11%, dan dedak padi 13%.

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan yaitu timbangan digital, autoklaf, plastik tahan panas, kertas, kapas, plastik wrap, gelas beaker 500 ml, gelas beaker 1000 ml, pH meter, mikropipet, aluminium foil, gelas ukur 250 ml, gelas ukur 10 ml, pengaduk kaca, *stirring hotplate*, sendok, cawan petri, *Biosafety Cabinet*, erlenmeyer 250 ml, *cork borer*, pinset, jarum ose, *syringe*, mikroskop, *object glass*, *cover glass*, hemasitometer, tisu, *vortex*, shaker inkubator, tabung reaksi, neraca analitik, botol semprot, dan oven.

Sedangkan, bahan yang diperlukan meliputi daun pakan (sawi), *Potato Dextrose Agar* (PDA) (Merck Milipore; 39 g/1000 ml akuades), *Potato Dextrose Broth* (PDB) (Himedia®; 24 g/1000 ml akuades), molase tebu, dedak padi, akuades, HCl 0,5 M, NaOH 0,5 M, serta alkohol 70%.

2.2 Prosedur Penelitian

a. Persiapan Sampel Penelitian

Pada penelitian ini, isolat jamur yang digunakan yaitu *Beauveria bassiana* yang diperoleh dari Laboratorium Pengamatan Hama Penyakit Tanaman Pangan dan Hortikultura

(LPHTPH) Jabon, Mojokerto. Sedangkan, serangga uji yang digunakan yaitu *Spodoptera litura* tahap larva instar III yang diperoleh dari kawasan Malang.

b. Pembuatan Media Alternatif

Pada penelitian ini, limbah pertanian yang digunakan sebagai media alternatif *B. bassiana* yaitu molase tebu dan dedak padi. Molase tebu dibuat konsentrasi 5%, 7%, 11%, dan 13% (%v/v). Sedangkan, dedak padi dibuat konsentrasi 5%, 7%, 11%, dan 13% (%w/v). Molase tebu dan dedak padi ditimbang kemudian dihomogenkan menggunakan *hotplate*. Ekstrak dari molase tebu dan dedak padi disaring dengan kain keju (*cheese cloth*).

Selanjutnya, ekstrak dari kedua bahan tersebut ditambahkan dengan beberapa nutrisi berupa dextrose 1,5%, NaNO₃ 0,25%, KH₂PO₄ 0,1%, serta MgSO₄ 0,05% (Mishra et al., 2016). Sebagai perbandingan, penelitian ini menggunakan media *Potato Dextrose Broth* (PDB) sebagai media kontrol. Semua perlakuan media dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 250 ml sebanyak 100 ml dan nantinya akan ditentukan pH nya menjadi 5,0.

Selanjutnya, semua perlakuan media disterilisasi menggunakan autoklaf pada tekanan 1 atm dengan suhu 121°C selama 15 menit.

c. Inokulasi *B. bassiana* ke Perlakuan Media Tumbuh

Sebelum inokulasi ke perlakuan media tumbuh, *B. bassiana* diremajakan di media *Potato Dextrose Agar* (PDA) selama 7 hari. Setelah 7 hari, *B. bassiana* dibuat suspensi dengan cara diambil 1 gram *B. bassiana* dan ditambahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi akuades steril hingga volume mencapai 100 ml. Suspensi *B. bassiana* dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit.

Selanjutnya, suspensi *B. bassiana* sebanyak 3 ml diinokulasikan ke dalam 100 ml perlakuan media tumbuh (molase tebu, dedak padi, PDB). Perlakuan media tumbuh yang mengandung *B. bassiana* diinkubasi pada inkubator shaker dengan kecepatan 200 rpm selama 7 hari.

d. Perhitungan Kerapatan Spora

Setelah 7 hari inkubasi, 1 ml dari suspensi *B. bassiana* diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades. Selanjutnya, spora-spora jamur dihitung menggunakan hemasitometer di bawah mikroskop perbesaran 400× (Bena-molaei et al., 2015). Setelah diketahui jumlah spora yang terdapat pada hemasitometer, maka dilakukan perhitungan kerapatan spora dengan rumus

yang dikemukakan oleh Badan Standardisasi Nasional (2014) di persamaan nomor 1.

$$C = \frac{x}{(L \times t \times d)} \times 10^3 \quad (1)$$

Keterangan:

- S : Kerapatan spora per ml larutan
t : Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati
L : Luas kotak hitung
t : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada hemasitometer
d : Faktor pengenceran
10³ : Volume suspensi yang dihitung (1 ml = 10³ mm³)

e. Uji Viabilitas Spora

Uji viabilitas spora mengikuti metode Syamsulhadi et al. (2023) yang sedikit dimodifikasi. Setelah dilakukan perhitungan kerapatan spora, suspensi *B. bassiana* dibuat *slide culture* dengan cara mengambil suspensi sebanyak 0,1 ml dan ditetaskan pada *object glass*. Selanjutnya, *slide culture* ditutup dengan *cover glass* dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah 24 jam, *slide culture* diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400×

Pengamatan daya kecambah dilakukan dengan menghitung jumlah spora berkecambah dan tidak berkecambah yang terdapat dalam *slide culture*. Setelah dihitung, data viabilitas spora *B. bassiana* dihitung dengan rumus yang dikemukakan oleh Badan Standardisasi Nasional (2014) di persamaan nomor 2.

$$VK = \frac{KB}{KB + KTB} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

- VK : Persentase spora berkecambah
KB : Jumlah spora yang berkecambah
KTB : Jumlah spora yang tidak berkecambah

f. Uji Patogenisitas *B. bassiana* terhadap *S. litura*

Uji patogenisitas *B. bassiana* terhadap *S. litura* dilakukan dengan metode semprot, mengikuti referensi Rosmiati et al. (2018) yang sedikit dimodifikasi. Larva uji yang digunakan yaitu larva instar III *S. litura*. Uji patogenisitas dilakukan dengan menyemprotkan suspensi *B. bassiana* sebanyak 1 ml per larva uji. Untuk perlakuan kontrol, terdapat perlakuan kontrol negatif dan positif. Pada kontrol negatif, larva disemprotkan dengan akuades steril dengan jumlah yang sama.

Sedangkan, larva disemprotkan dengan Demolish 18 EC pada perlakuan kontrol positif.

Selanjutnya, larva *S. litura* diletakkan ke dalam wadah aplikasi sebanyak 10 ekor per perlakuan dan bagian atasnya ditutup dengan kain kasa. Selain itu, larva uji juga diberikan daun sawi sebagai sumber pakannya. Mortalitas atau kematian dari larva *S. litura* diamati dan dicatat setiap hari (24 jam sekali) selama 7 hari.

Mortalitas dari larva *S. litura* dihitung dengan rumus di persamaan nomor 3 (M. M. Nasution et al., 2023).

$$Po = \frac{r}{n} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

- Po : Mortalitas larva uji
r : Jumlah larva uji yang mati
n : Jumlah total larva uji yang diamati

g. Analisis Data

Parameter penelitian ini berupa sporulasi (kerapatan spora), daya kecambah spora, dan mortalitas larva *S. litura*. Data dari parameter ini dianalisis dengan uji *One Way Anova* untuk mengetahui pengaruh perlakuan media tumbuh pada sporulasi, daya kecambah, dan patogenisitas *B. bassiana* terhadap *S. litura*. Jika data terdistribusi normal dan homogen, dilanjut dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Namun, data parameter diuji dengan uji *Kruskal Wallis*, jika data tidak terdistribusi normal atau tidak homogen. Untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan secara signifikan, maka uji *Kruskal Wallis* dilanjutkan dengan uji *Mann Whitney*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengaruh Media Tumbuh pada Sporulasi *B. bassiana*

Tingkat sporulasi dari jamur *B. bassiana* dapat diamati dengan menghitung kerapatan spora menggunakan bidang hitung hemasitometer. Pengamatan kerapatan spora dilakukan ketika kultur *B. bassiana* berumur 7 hari masa inkubasi di perlakuan media tumbuh yang berbeda. Berdasarkan analisis statistik, data parameter sporulasi terdistribusi normal dan tidak homogen sehingga perlu dilakukan uji *Kruskal Wallis*.

Berdasarkan **perlakuan media** tumbuh pada sporulasi jamur *B. bassiana* sehingga perlu diuji lanjut dengan uji *Mann Whitney* untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dari masing-masing perlakuan media tumbuh pada sporulasi *B. bassiana*.

Tabel 1, uji *Kruskal Wallis* menunjukkan ada perbedaan yang signifikan perlakuan media

tumbuh pada sporulasi jamur *B. bassiana* sehingga perlu diuji lanjut dengan uji *Mann Whitney* untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dari masing-masing perlakuan media tumbuh pada sporulasi *B. bassiana*.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Kerapatan Spora *B. bassiana* di Perlakuan Media Tumbuh

Perlakuan	Rata-Rata ± Standar Deviasi ($\times 10^9$ spora/ml)	Nilai Sig.
Molase Tebu 5% (P1)	0,638 ± 1,08	0,002
Molase Tebu 7% (P2)	0,377 ± 1,31	
Molase Tebu 11% (P3)	0,306 ± 0,32	
Molase Tebu 13% (P4)	0,097 ± 0,89	
Dedak Padi 5% (P5)	4,275 ± 10,15	
Dedak Padi 7% (P6)	3,933 ± 3,74	
Dedak Padi 11% (P7)	0,45 ± 6,01	
Dedak Padi 13% (P8)	6,058 ± 12,54	
Potato Dextrose Broth (PDB) (P9)	21,417 ± 42,6	

Keterangan: Nilai Sig. dari Uji *Kruskal Wallis* pada taraf signifikansi 5%

Tabel 2. Hasil Uji *Mann Whitney* Rata-Rata Kerapatan Spora *B. bassiana*

P	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0,0 50*	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	0,0 50*	0,5 13	-	-	-	-	-	-	-
P4	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	-	-	-	-	-	-
P5	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	-	-	-	-	-
P6	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,8 27	-	-	-	-
P7	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,8 27	0,2 75	-	-	-
P8	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,1 27	0,0 50*	0,0 50*	-	-
P9	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	0,0 50*	-

Keterangan: P= Perlakuan, P1= Molase tebu 5%, P2= Molase tebu 7%, P3= Molase tebu 11%, P4= Molase tebu 13%, P5= Dedak padi 5%, P6= Dedak padi 7%, P7= Dedak padi 11%, P8= Dedak padi 13%, P9= PDB (*) : Adanya perbedaan yang signifikan pada uji *Mann Whitney* (Sig. p < α (0,05))

Berdasarkan tabel 2, perlakuan P1 yang berbeda signifikan dengan perlakuan P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, dan P9. Perlakuan P2 yang berbeda signifikan dengan perlakuan P4, P5, P6, P7, P8, dan P9. Perlakuan P3 yang berbeda signifikan dengan P4, P5, P6, P7, P8, dan P9. Perlakuan P4 yang berbeda signifikan dengan P5, P6, P7, P8, dan P9. Perlakuan P5 yang berbeda

signifikan dengan P9. Perlakuan P6 yang berbeda signifikan dengan P8 dan P9.

Perlakuan P7 yang berbeda signifikan dengan P8 dan P9. Perlakuan P8 yang berbeda signifikan dengan P9. Adanya perbedaan signifikan antar perlakuan ini karena perlakuan media tumbuh mengandung nutrisi yang berbeda. Perlakuan media PDB menghasilkan kerapatan spora *B. bassiana* lebih tinggi daripada perlakuan media yang lain.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Sakthivel & Das (2017), *M. anisopliae* yang ditumbuhkan di media PDA dan PDB menghasilkan kerapatan spora lebih tinggi daripada media padat dan cair dari dedak padi. Selain itu, penelitian lain yang dilakukan oleh Mascarin *et al.* (2010), isolat *Isaria fumosorosea* dan *Isaria farinosa* yang ditumbuhkan di media PDB menghasilkan kerapatan spora lebih tinggi daripada perlakuan media molase tebu.

Menurut HiMedia Laboratories (2015), media PDB tersusun atas infusa kentang dan dextrose. Menurut Halimah *et al.* (2022), kentang digunakan sebagai sumber karbon (karbohidrat), vitamin, dan energi. Sedangkan, dextrose merupakan sumber gula dan energi. Meskipun kandungan karbohidrat dan protein media PDB lebih rendah daripada molase tebu dan dedak padi, tetapi tingginya kerapatan spora yang dihasilkan *B. bassiana* di media PDB disebabkan oleh faktor lain.

Menurut Nirmalkar *et al.* (2020), adanya kandungan pati yang terkandung dalam media tumbuh dapat meningkatkan kerapatan spora jamur. Salah satu bahan penyusun media PDB, yaitu kentang (HiMedia Laboratories, 2015), mengandung pati sebesar 60% – 80% (Wang *et al.*, 2019). Sedangkan, kandungan pati dalam molase tebu dan dedak padi masing-masing mencapai 10 – 50% (Lu & Luh, 1991) dan 0,33% (Palmonari *et al.*, 2020).

Selain itu, tingginya kandungan selulosa dan lignin dalam dedak padi membuat jamur tidak mampu menguraikan kedua senyawa tersebut secara sempurna (Sadad *et al.*, 2014). Berdasarkan tabel 1, kerapatan spora *B. bassiana* tertinggi terdapat pada perlakuan media molase tebu 5%. Sedangkan, perlakuan molase tebu 13% menghasilkan kerapatan spora yang terendah.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Retnosari (2016), kerapatan spora *B. bassiana* yang ditumbuhkan di perlakuan molase tebu konsentrasi terendah (5%) lebih tinggi daripada perlakuan media molase tebu konsentrasi terendah (10%), berturut-turut mencapai $7,05 \times 10^7$ spora/ml dan $3,85 \times 10^7$

spora/ml. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi molase tebu yang digunakan untuk pembuatan media tumbuh jamur, maka semakin rendah kerapatan spora jamur yang dihasilkan.

Molase tebu mengandung karbohidrat yang lebih tinggi daripada protein. Menurut Khairul *et al.* (2022), kandungan karbohidrat dan protein dari molase tebu mencapai 72,10% dan 2%. Meskipun kandungan karbohidrat molase tebu lebih tinggi, tetapi jenis karbohidrat yang terkandung dalam molase tebu sebagian besar berupa sakarida (terutama sukrosa, glukosa, dan fruktosa) (Wang *et al.*, 2019).

Menurut Kushner *et al.* (1979), konsentrasi gula yang sangat tinggi pada media tumbuh dapat menjadi penyebab terhambatnya pertumbuhan jamur sehingga spora yang dihasilkan oleh jamur menjadi rendah. Selain itu, media tumbuh yang kekurangan protein dapat menurunkan daya kecambah spora sehingga jumlah spora yang dihasilkan menjadi rendah (Fitrah *et al.*, 2021).

Berdasarkan **perlakuan media** tumbuh pada sporulasi jamur *B. bassiana* sehingga perlu diuji lanjut dengan uji *Mann Whitney* untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dari masing-masing perlakuan media tumbuh pada sporulasi *B. bassiana*.

Tabel 1, kerapatan spora *B. bassiana* tertinggi terdapat pada perlakuan dedak padi 13%. Sedangkan, perlakuan dedak padi 7% menghasilkan kerapatan spora yang terendah. Hasil penelitian ini sesuai dengan Bena-Molaei *et al.* (2015), kedua isolat *B. bassiana* yang ditumbuhkan di perlakuan dedak padi 12% (yaitu $3,5 \times 10^8$ spora/ml dan $2,9 \times 10^8$ spora/ml) menghasilkan kerapatan spora lebih tinggi daripada perlakuan dedak padi 4% (yaitu $2,2 \times 10^8$ spora/ml).

Kerapatan spora *B. bassiana* yang cenderung meningkat disebabkan adanya kandungan nutrisi yang tinggi pada dedak padi. Semakin tinggi konsentrasi dedak padi, maka semakin tinggi kandungan nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh pertumbuhan jamur. Dedak padi mengandung karbohidrat dan protein mencapai 46,56% dan 15,67%. Karbohidrat yang terkandung dalam dedak padi berupa pati, *free sugars* (glukosa, fruktosa, sukrosa, rafinosa), selulosa, hemiselulosa, serta pentosa.

Menurut Bena-Molaei *et al.* (2015), pati yang terkandung dalam dedak padi dapat digunakan sebagai sumber karbon alternatif

pengganti dextrose. Penelitian yang dilakukan oleh Nirmalkar *et al.* (2020) menunjukkan bahwa *B. bassiana* yang ditumbuhkan di media dengan substrat pati menghasilkan kerapatan spora yang lebih tinggi daripada media dengan substrat gula (mannitol, selulosa, fruktosa, laktosa, maltosa, dan glukosa). Diketahui bahwa kandungan pati dalam dedak padi mencapai 25,55% (Singh & Sogi, 2018).

Pada umumnya, sumber karbon yang lebih banyak digunakan oleh jamur yaitu karbohidrat. Selain karbohidrat, protein juga banyak digunakan oleh jamur sebagai sumber karbon dan nitrogen (Khandare, 2021). Kandungan protein dalam media mempengaruhi pembentukan spora jamur entomopatogen. Protein diperlukan untuk pembentukan organel yang berperan dalam pembentukan apikal hifa dan sintesis enzim yang diperlukan selama proses tersebut dan enzim juga berperan dalam aktivitas perkecambahan dan protein yang diserap dalam bentuk asam amino (Garraway & Evans, 1984).

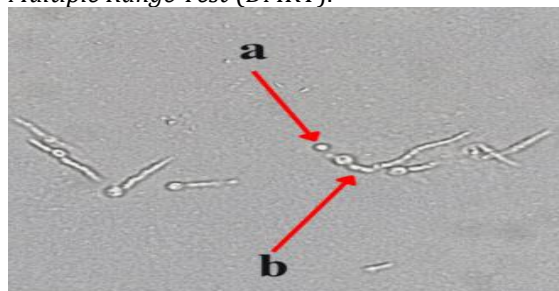
Menurut Moore-Landecker (1990), karbon dibutuhkan dalam jumlah yang lebih besar daripada elemen penting lainnya oleh jamur. Hal ini karena karbon digunakan oleh jamur dalam pembentukan konstituen penting seperti asam amino, lipid, protein, dan karbohidrat serta menyediakan sumber energi bagi proses kehidupan penting dari jamur melalui proses oksidasi karbon. Selain karbon, nitrogen juga diperlukan oleh jamur untuk mensintesis berbagai konstituen seluler seperti asam amino, protein, purin, pirimidin, asam nukleat, glukosamin, dan kitin, serta berbagai vitamin (Garraway & Evans, 1984).

b. Pengaruh Media Tumbuh pada Daya Kecambah Spora *B. bassiana*

Selain sporulasi yang diamati dari jumlah kerapatan spora, tolok ukur lain yang digunakan untuk menentukan keefektifan jamur entomopatogen sebagai agen pengendali hayati yaitu daya kecambah spora. Pengamatan daya kecambah spora jamur dilakukan dengan menghitung jumlah spora yang berkecambah dan spora tidak berkecambah yang telah diinkubasi selama 24 jam.

Berdasarkan analisis statistik, data parameter sporulasi terdistribusi normal dan homogen sehingga perlu dilakukan uji *One Way Anova*. Uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa ada perbedaan nyata dari perlakuan media tumbuh pada daya kecambah spora *B. bassiana*. Selanjutnya, data parameter daya kecambah

spora akan diuji lanjut menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).



Gambar 1. Pengamatan mikroskopis Daya Kecambah Spora *B. bassiana* perbesaran 400×: a) Spora Tidak Berkecambah, b) Spora yang Berkecambah

Tabel 3. Nilai Rata-Rata Daya Kecambah Spora *B. bassiana* di Perlakuan Media Tumbuh

Perlakuan	Rata-Rata ± Standar Deviasi (%)	Nilai Sig.
Molase Tebu 5% (P1)	43,42 ± 4,88 ^c	0,000
Molase Tebu 7% (P2)	54,11 ± 1,41 ^{de}	
Molase Tebu 11% (P3)	33,35 ± 1,93 ^b	
Molase Tebu 13% (P4)	24,5 ± 3,41 ^a	
Dedak Padi 5% (P5)	47,36 ± 4,07 ^{cd}	
Dedak Padi 7% (P6)	48,06 ± 9,08 ^{cd}	
Dedak Padi 11% (P7)	49,07 ± 7,08 ^{cde}	
Dedak Padi 13% (P8)	57,54 ± 3,49 ^e	
Potato Dextrose Broth (PDB) (P9)	55,19 ± 2,86 ^{de}	

Keterangan:

- Nilai Sig. dari uji *One Way Anova* pada taraf signifikansi 5%
- Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan data tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf signifikansi 5%

Berdasarkan **Tabel 3**, pada perlakuan P4 terdapat perbedaan nyata antara perlakuan P1, P2, P4, P5, P6, P7, P8, dan P9. Pada perlakuan P3 terdapat perbedaan nyata antara P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, dan P9. Pada perlakuan konsentrasi P8 terdapat perbedaan nyata antara P1, P3, P4, P5, dan P6. Adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan ini terjadi karena media tumbuh jamur yaitu molase tebu, dedak padi, dan PDB memiliki kandungan nutrisi yang berbeda.

Berdasarkan **Tabel 3**, daya kecambah spora *B. bassiana* tertinggi terdapat pada perlakuan molase tebu 7%. Sedangkan, perlakuan molase tebu 13% menghasilkan daya kecambah spora yang terendah. Hal ini menunjukkan bahwa daya kecambah spora *B. bassiana* yang ditumbuhkan di media molase tebu cenderung menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi dari media dedak padi.

Hasil penelitian ini sesuai dengan Retnosari (2016), yang dimana perlakuan media molase tebu konsentrasi terendah (5%) menghasilkan daya kecambah spora *B. bassiana* lebih tinggi daripada perlakuan media molase tebu konsentrasi tertinggi (10%). Molase tebu mengandung karbohidrat yang lebih tinggi daripada protein. Menurut Khairul *et al.* (2022), kandungan karbohidrat dan protein dari molase tebu mencapai 72,10% dan 2%.

Meskipun kandungan karbohidrat molase tebu lebih tinggi, tetapi jenis karbohidrat yang terkandung dalam molase tebu sebagian besar berupa sakarida (terutama sukrosa, glukosa, dan fruktosa) (Wang *et al.*, 2019). Menurut Kushner *et al.* (1979), media tumbuh dengan konsentrasi gula yang tinggi mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan jamur. Herlinda *et al.* (2006) juga menyatakan bahwa media tumbuh yang kandungan proteinnya kurang dapat mengakibatkan penurunan kemampuan spora dalam berkecambah sehingga kerapatan spora jamur yang dihasilkan juga ikut menurun.

Berdasarkan **Tabel 3**, daya kecambah spora *B. bassiana* tertinggi terdapat pada perlakuan dedak padi 13%. Sedangkan, perlakuan dedak padi 5% menghasilkan daya kecambah spora yang terendah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi media dedak padi, maka semakin tinggi daya kecambah spora *B. bassiana*. Persentase daya kecambah spora *B. bassiana* selaras dengan penelitian Destriyanti (2012), yang dimana daya kecambah spora *Lecanicillium lecanii* yang ditumbuhkan di media bekatul (dedak padi yang strukturnya lebih halus) mencapai 48%.

Hal ini disebabkan karena dedak padi mengandung protein, lemak, mineral, dan vitamin. Sedangkan, vitamin yang terkandung dalam dedak padi meliputi tiamin, riboflavin dan niasin. Kandungan mineral yang terdapat pada dedak padi meliputi aluminium, kalsium, klor, besi, magnesium, mangan, fosfor, kalium, silikon, natrium dan seng. Kandungan nutrisi yang tinggi

pada dedak padi dapat menstimulasi peningkatan daya kecambah spora.

Pada umumnya, sumber karbon yang lebih banyak digunakan oleh jamur yaitu karbohidrat. Selain karbohidrat, protein juga banyak digunakan oleh jamur sebagai sumber karbon dan nitrogen (Khandare, 2021). Kandungan protein dalam media mempengaruhi pembentukan spora jamur entomopatogen. Protein diperlukan untuk pembentukan organel yang berperan dalam pembentukan apikal hifa dan sintesis enzim yang diperlukan selama proses tersebut dan enzim juga berperan dalam aktivitas perkecambahan dan protein yang diserap dalam bentuk asam amino (Garraway & Evans, 1984).

Menurut Moore-Landecker (1990), karbon dibutuhkan dalam jumlah yang lebih besar daripada elemen penting lainnya oleh jamur. Hal ini karena karbon digunakan oleh jamur dalam pembentukan konstituen penting seperti asam amino, lipid, protein, dan karbohidrat serta menyediakan sumber energi bagi proses kehidupan penting dari jamur melalui proses oksidasi karbon. Selain karbon, nitrogen juga diperlukan oleh jamur untuk mensintesis berbagai konstituen seluler seperti asam amino, protein, purin, pirimidin, asam nukleat, glukosamin, dan kitin, serta berbagai vitamin (Garraway & Evans, 1984).

c. Pengaruh Media Tumbuh pada Patogenisitas *B. bassiana* terhadap *S. litura*

Setelah dikulturkan di media molase tebu, dedak padi, dan PDB, jamur *B. bassiana* dilakukan uji patogenisitas terhadap *S. litura* dengan metode semprot. Uji patogenisitas dilakukan dengan mengamati mortalitas dari *S. litura*. Pengamatan mortalitas *S. litura* dilakukan selama 7 hari. Berdasarkan analisis statistik, data parameter patogenisitas yang berupa mortalitas *S. litura* terdistribusi normal dan tidak homogen sehingga perlu dilakukan uji *Kruskal Wallis*.

Berdasarkan Tabel 4, uji *Kruskal Wallis* menunjukkan ada perbedaan yang signifikan perlakuan media tumbuh pada patogenisitas *B. bassiana* terhadap *S. litura* sehingga perlu diuji lanjut dengan uji *Mann Whitney* untuk mengetahui perbedaan yang signifikan dari masing-masing perlakuan media tumbuh pada patogenisitas *B. bassiana* terhadap *S. litura*.

Berdasarkan gambar 2, perlakuan P1 yang berbeda signifikan dengan perlakuan P3, P4, dan P10. Perlakuan P2 yang berbeda signifikan dengan perlakuan P3, P4, P9, dan P10. Perlakuan P3 yang berbeda nyata dengan P6, P7,

P8, dan P11. Perlakuan P4 yang berbeda signifikan dengan P6, P7, P8, P10, dan P11. Perlakuan P5 yang berbeda signifikan dengan P10. Perlakuan P6 yang berbeda signifikan dengan P9 dan P10. Perlakuan P7 yang berbeda signifikan dengan P9 dan P10. Perlakuan P8 yang berbeda nyata dengan P9 dan P10.

Perlakuan P9 yang berbeda signifikan dengan P10 dan P11. Perlakuan P10 yang berbeda signifikan dengan P11. Perbedaan yang signifikan antar perlakuan ini terjadi karena adanya perbedaan kerapatan dan daya kecambah spora yang dihasilkan *B. bassiana* di perlakuan media tumbuh. Menurut (Purwaningsih et al., 2018), mortalitas atau kematian serangga hama dipengaruhi oleh kerapatan dan daya kecambah spora jamur sehingga semakin tinggi kerapatan dan daya kecambah spora jamur, maka semakin cepat jamur dalam menginfeksi atau mengakibatkan kematian terhadap serangga hama. Begitu juga sebaliknya.

Tabel 4. Nilai Rata-Rata Mortalitas *S. litura*

Perlakuan	Rata-Rata ± Standar Deviasi (%)	Nilai Sig.
Molase Tebu 5% (P1)	33,33 ± 5,77	0,004
Molase Tebu 7% (P2)	50 ± 10	
Molase Tebu 11% (P3)	10 ± 10	
Molase Tebu 13% (P4)	13,33 ± 5,77	
Dedak Padi 5% (P5)	30 ± 20	
Dedak Padi 7% (P6)	43,33 ± 5,77	
Dedak Padi 11% (P7)	46,67 ± 5,77	
Dedak Padi 13% (P8)	53,33 ± 15,28	
Potato Dextrose Broth (PDB) (P9)	23,33 ± 5,77	
Akuades (Kontrol Negatif) (P10)	0,00 ± 0,00	
Demolish (Kontrol Positif) (P11)	43,33 ± 5,77	

Keterangan: Nilai Sig. dari uji *Kruskal Wallis* pada taraf signifikansi 5%

Perlakuan	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0,072	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	0,046*	0,050*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	0,043*	0,046*	0,637	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	0,817	0,184	0,184	0,246	-	-	-	-	-	-	-
P6	0,099	0,346	0,046*	0,043*	0,369	-	-	-	-	-	-
P7	0,068	0,637	0,046*	0,043*	0,246	0,456	-	-	-	-	-
P8	0,072	0,822	0,050*	0,046*	0,184	0,346	0,637	-	-	-	-
P9	0,099	0,046*	0,105	0,099	0,653	0,043*	0,043*	0,046*	-	-	-
P10	0,034*	0,037*	0,121	0,034*	0,037*	0,034*	0,034*	0,037*	0,034*	-	-
P11	0,099	0,346	0,046*	0,043*	0,369	1,000	0,456	0,346	0,043*	0,034*	-

Keterangan : P1= *B. bassiana* di Molase tebu 5%, P2= *B. bassiana* di Molase tebu 7%, P3= *B. bassiana* di Molase tebu 11%, P4= *B. bassiana* di Molase tebu 13%, P5= *B. bassiana* di Dedak padi 5%, P6= *B. bassiana* di Dedak padi 7%, P7= *B. bassiana* di Dedak padi 11%, P8= *B. bassiana* di Dedak padi 13%, P9= *B. bassiana* di PDB, P10= Akuades (Kontrol Negatif), P11= Demolish 18 EC (Kontrol Positif)

(*) : Adanya perbedaan yang signifikan pada uji *Mann Whitney* (Sig. p < α (0.05))

Gambar 2. Tabel Hasil Uji *Mann Whitney* Rata-Rata Mortalitas *S. litura*

Berdasarkan **Tabel 4**, persentase mortalitas *S. litura* tertinggi terdapat pada *B. bassiana* yang ditumbuhkan di perlakuan media dedak padi 13% (53,33%), kemudian diikuti dengan perlakuan *B. bassiana* yang ditumbuhkan di media tumbuh molase tebu 7% (50%) dan dedak padi 11% (46,67%). Ketiga perlakuan media ini mengakibatkan persentase mortalitas lebih tinggi daripada perlakuan kontrol positif (Demolish 18 EC), yaitu 43,33%.

Hal ini menunjukkan bahwa *B. bassiana* yang ditumbuhkan di perlakuan media dedak padi 13%, molase tebu 7%, dan dedak padi 11% bersifat lebih patogen daripada perlakuan media tumbuh yang lain. Hal ini karena kerapatan dan daya kecambah spora *B. bassiana* yang ditumbuhkan di ketiga perlakuan tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan perlakuan media yang lain.

Keefektifan *B. bassiana* dalam membunuh larva *S. litura* dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu kerapatan dan daya kecambah spora. Semakin tinggi kerapatan dan daya kecambah spora yang diaplikasikan ke larva, maka semakin cepat *B. bassiana* dalam menginfeksi larva *S. litura*. Hal ini berhubungan dengan banyaknya spora yang menempel pada tubuh larva serta produksi enzim dan metabolit bersifat toksin terhadap larva *S. litura*.

Setelah pengaplikasian *B. bassiana* ke larva, spora jamur terjadi kontak dengan lapisan kutikula jamur dan menempel pada tubuh larva sehingga semakin tinggi kerapatan spora, maka semakin banyak spora jamur yang menempel pada lapisan kutikula larva (Rosmiati *et al.*, 2018). Sedangkan, semakin tinggi daya kecambah spora jamur, maka semakin cepat pembentukan spora jamur Athifa *et al.* (2018). Setelah spora menempel pada lapisan kutikula serangga, maka terjadi perkecambahan dan nantinya terbentuk tabung kecambah (apresorium). Apresorium menembus dinding kutikula secara mekanik dan kimiawi, yaitu dengan adanya tekanan dari pertumbuhan spora serta apresorium yang menghasilkan enzim kitinase, protease, lipolitik, dan amilase untuk menghancurkan dinding kutikula larva (Rosmiati *et al.*, 2018).

Kerapatan dan daya kecambah spora yang dihasilkan oleh *B. bassiana* dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam media tumbuh. Molase tebu dan dedak padi dapat menjadi sumber karbon dalam memproduksi mikotoksin beauvericin dan enzim lipase, protease, dan kitinase. Beauvericin merupakan toksin yang

diproduksi oleh jamur *B. bassiana*. Sumber karbon dan nitrogen yang optimal untuk memproduksi beauvericin adalah glukosa, protein, dan NaNO_3 . Beauvericin mengakibatkan paralisis sel pada organel sel inang, gangguan pada fungsi hemolimfa dan inti sel serangga, serta kehilangan kesadaran dan kerusakan (Retnosari, 2016).

4. SIMPULAN

Kultur *Beauveria bassiana* di media tumbuh limbah pertanian molase tebu dan dedak padi memiliki pengaruh pada parameter sporulasi, daya kecambah spora, dan patogenisitas *B. bassiana* terhadap *Spodoptera litura*. Sporulasi tertinggi terdapat pada kultur *B. bassiana* di perlakuan media PDB, diikuti dengan perlakuan media dedak padi 13%. Sedangkan, daya kecambah spora tertinggi terdapat pada kultur *B. bassiana* di perlakuan media dedak padi 13%, yaitu 57,54%. Kultur *B. bassiana* di perlakuan media dedak padi 13% mengakibatkan mortalitas larva instar III *S. litura* tertinggi, yaitu 53,33%.

REFERENSI

- Athifa, S., Anwar, S., & Kristanto, B. A. (2018). Pengaruh Keragaman Jamur Metarhizium anisopliae terhadap Mortalitas Larva Hama Oryctes rhinoceros dan Lepidiotia stigma. *Journal of Agro Complex*, 2(2), 120–127. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/joac.2.2.120-127>
- SNI 8027.1: 2014, Agens Pengendali Hayati (APH) – Bagian 1: Beauveria bassiana, 1 (2014).
- Bara, G. T., & Laing, M. D. (2020). Entomopathogens: Potential to Control Thrips in Avocado, with Special Reference to Beauveria bassiana. In I. Warrington (Ed.), *Horticultural Reviews* (1st ed., Vol. 47, pp. 325–368). John Wiley & Sons.
- Bena-molaei, P., Talaie-hassanloui, R., & Askary, H. (2015). Comparison of Some Natural Broth Media for Production and Virulence of Beauveria bassiana Blastospores Against The Browntail Moth, Euproctis chrysorrhoea (Lep.: Lymantriidae). *Journal of Crop Protection*, 4(3), 313–320. <https://doi.org/http://dorl.net/dor/20.1001.1.22519041.2015.4.3.2.8>
- Bena-Molaei, P., Talaie-Hassanloui, R., & Askary, H. (2015). Comparison of Some Natural Broth Media for Production and Virulence of Beauveria bassiana Blastospores Against

- The Browntail Moth, *Euproctis chrysorrhoea* (Lep.: Lymantriidae). *Journal of Crop Protection*, 4(3), 313–320. <https://doi.org/http://doi.org/10.11.22519041.2015.4.3.2.8>
- Destriyanti, L. (2012). *Pengaruh Jenis Media terhadap Pertumbuhan, Sporulasi, Daya Kecambah, dan Virulensi Cendawan Entomopatogen Lecanicillium lecanii*. Universitas Brawijaya.
- Fergani, Y. A., & Refaei, E. A. E. (2021). Pathogenicity Induced by Indigenous *Beauveria bassiana* Isolate in Different Life Stages of the Cotton Leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) under Laboratory Conditions. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(64), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s41938-021-00411-8>
- Fitrah, Z., Suryanti, & Netty. (2021). Uji Pertumbuhan Jamur *Beauveria bassiana* pada Beberapa Media Pertumbuhan. *Agrotekmas Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(1), 18–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.33096/agrotekmas.v2i1.139>
- Garraway, M. O., & Evans, R. C. (1984). *Fungal Nutrition and Physiology*. Wiley.
- Halimah, N., Apriani, I., & Sunarti, R. N. (2022). Tepung Umbi Gadung (*Dioscorea hispida* Dennst) Sebagai Alternatif Media Pengganti Media PDA (Potato Dextrose Agar). *Organisms: Journal of Biosciences*, 2(2), 85–94.
- Herlinda, S., Darma Utama, M., Pujiastuti, Y., & Suwandi, S. (2006). Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria Bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media, serta Virulensinya Terhadap Larva *Plutella Xylostella* (Linn.). *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 6(2), 70–78.
- Hidayanti, Y., & Mahanani, T. A. (2019). Pertumbuhan Ulat Grayak *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) pada Pakan Alami dan Pakan Buatan dengan Sumber Protein Berbeda. *Lentera Bio: Berkala Ilmiah Biologi*, 8(1), 44–49.
- HiMedia Laboratories. (2015). *Technical Data Sheet: Potato Dextrose Broth, Granulated* (Patent No. GM403). HiMedia.
- Khairul, S.-A. M., Ainy, M. N., Faridah, A., Jamaludin, N.-S., & Ab Rashid, N.-K. (2022). The Proximate Composition and Metabolite Profiling of Sugarcane (*Saccharum officinarum*) Molasses. *Malaysian Applied Biology*, 51(2), 63–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.55230/mabjournal.v51i2.2259>
- Khandare, K. (2021). *Biological Essence of Fungi*. Kavya Publications.
- Kushner, L., Rosenzweig, W. D., & Stotzky, G. (1979). Effects of Salts, Sugars, and Salt-Sugar Combinations on Growth and Sporulation of an Isolate of *Eurotium rubrum* from Pancake Syrup. *Journal of Food Protection*, 41(9), 706–711. <https://doi.org/https://doi.org/10.4315/0362-028x-42.9.706>
- Lu, S., & Luh, B. S. (1991). Properties of the Rice Caryopsis. In B. S. Luh (Ed.), *Rice Production* (2nd ed., pp. 389–419). Springer.
- Mascarin, G. M., Alves, S. B., & Lopes, R. B. (2010). Culture Media Selection for Mass Production of *Isaria fumosorosea* and *Isaria farinosa*. *BABT: Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(4), 753–761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S1516-89132010000400002>
- Mishra, S., Kumar, P., & Malik, A. (2016). Suitability of Agricultural By-products as Production Medium for Spore Production by *Beauveria bassiana* HQ917687. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 5(2), 179–184. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40093-016-0127-5>
- Moore-Landecker, E. (1990). *Fundamentals of The Fungi* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Nasution, L. (2022). *Monograf: Pemanfaatan Bakteri Indigen Secara Invitro dalam Memperoleh Model Remediasi Lahan Pertanian yang Terpapar Dichloro Diphenyl Trichloroethane (DDT)* (1st ed.). Umsu Press.
- Nasution, M. M., Sayuthi, M., & Hasnah, H. (2023). Patogenisitas Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap Serangga *Nezara viridula* (L.) pada Stadia yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(1), 421–437. <https://doi.org/https://doi.org/10.17969/jimfp.v8i1.21966>

- Nirmalkar, V. K., Tiwari, R. K. S., & Lakplae, N. (2020). Efficacy of Different Carbon and Nitrogen Sources Against Mycelial Growth and Sporulation of Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae. *Journal of Soils and Crops*, 30(2), 206–212.
- Nurdin, E., & Nurdin, G. M. (2020). Perbandingan Variasi Media Alternatif dengan Berbagai Sumber Karbohidrat terhadap Pertumbuhan Candida albicans. *Jurnal Bionature*, 21(1), 1–5. <https://doi.org/https://doi.org/10.35580/bionature.v21i1.13920>
- Palmonari, A., Cavallini, D., Sniffen, C. J., Fernandes, L., Holder, P., Fagioli, L., Fusaro, I., Biagi, G., Formigoni, A., & Mammi, L. (2020). Short Communication: Characterization of Molasses Chemical Composition. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 6244–6249. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2019-17644>
- Purwaningsih, T., Kristanto, B. A., & Karno, K. (2018). Efektifitas Aplikasi Beauveria bassiana Sebagai Upaya Pengendalian Wereng Batang Coklat dan Walang Sangit pada Tanaman Padi di Desa Campursari Kecamatan Bulu Kabupaten Temanggung. *Journal of Agro Complex*, 2(1), 12–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/joac.2.1.12-18>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2021). *Statistik Iklim, Organisme Pengganggu Tanaman dan Dampak Perubahan Iklim 2018 - 2021*. Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian.
- Retnosari, K. S. (2016). *Pengaruh Media Pertumbuhan pada Kerapatan Konidia, Viabilitas, dan Patogenisitas Jamur Beauveria bassiana (Blas.) Vuill. terhadap Spodoptera litura (F.) (Lepidoptera: Noctuidae)* [Skripsi]. Universitas Brawijaya.
- Rosmiati, A., Hidayat, C., Firmansyah, E., & Setiati, Y. (2018). Potensi Beauveria bassiana sebagai Agens Hayati Spodoptera litura Fabr. pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Agrikultura*, 29(1), 43–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.24198/agrikultura.v29i1.16925>
- Sadad, A., Asri, M. T., & Ratnasari, E. (2014). Pemanfaatan Bekatul Padi, Bekatul Jagung, dan Kulit Ari Biji Kedelai sebagai Media Pertumbuhan Miselium Cendawan Metarhizium anisopliae. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 3(2), 136–140.
- Sakthivel, A., & Das, S. M. (2017). Laboratory Assessment of Affordable Culture Media for the Propagation of Entomopathogenic Fungi, Used in Mycopesticide Production. *Journal of Agrobiotechnology*, 8(1), 33–42.
- Singh, T. P., & Sogi, D. S. (2018). Comparison of Physico-Chemical Properties of Starch Isolated From Bran and Endosperm of Rice (Oryza sativa L.). *Starch*, 70(11–12), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sar.201700242>
- Syamsulhadi, M., Ramadhan, V. T., & Widjayanti, T. (2023). Pertumbuhan Jamur Beauveria bassiana pada Beberapa Tingkat Keasaman Media dan Suhu Penyimpanan serta Efektivitasnya terhadap Hama Spodoptera litura. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 11(1), 28–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.1.4>
- Wang, Z. P., Wang, Q. Q., Liu, S., Liu, X. F., Yu, X. J., & Jiang, Y. L. (2019). Efficient Conversion of Cane Molasses Towards High-Purity Isomaltulose and Cellular Lipid Using an Engineered Yarrowia lipolytica Strain in Fed-Batch Fermentation. *Molecules*, 24(7), 1228–1236. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules24071228>
- Wiratno, Siswanto, & Trisawa, I. M. (2013). Perkembangan Penelitian, Formulasi, dan Pemanfaatan Pestisida Nabati. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 32(4), 150–155.