



## Studi Bioteknologi Pengendalian Hayati dengan Berbagai Jamur

Aldila Yunia Putri\*, Ulfah Utami

*Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Indonesia*  
*\*e-mail korespondensi: aldilayuniaputri@gmail.com*

**Abstract.** *Biological control is the regulation of the population of organisms by utilizing natural enemies so that the density of organisms is below the average when compared to without control [1]. However, farmers generally tend to use pesticides excessively to protect their products from pests and diseases [2]. The use of fungi is an alternative to reduce the use of pesticides [3]. This study aims to examine the biotechnology of biological control using fungi including history, application, advantages and disadvantages as well as opportunities and challenges in the future. The method used is data collection from several literature sources. The results show that the use of biological control with biotechnology involves various disciplines, including: microbiology, genetics, food science, agriculture, molecular biology, computers, and others. Biotechnology for biological control with fungi can be classified into two, namely conventional and modern. Some fungi that can be used as biocontrol agents include: *Metarhizium anisoplia* and *Beauveria bassiana* as entomopathogenic fungi and *Trichoderma sp* as antagonistic fungi. In the future, the use of fungi has good prospects because of their environmentally friendly nature (leaving no residue and toxicity), and further development is needed.*

**Keyword:** *biotechnology; biological control; fungi; literature study*

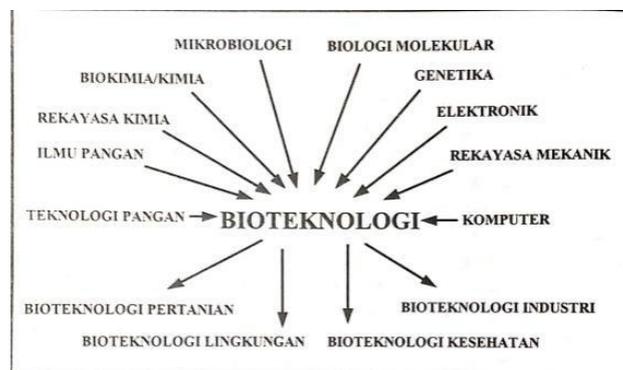
**Abstrak.** Pengendalian hayati adalah pengaturan populasi organisme dengan memanfaatkan musuh alami hingga kepadatan organisme berada di bawah rata-rata bila dibandingkan dengan tanpa pengendalian [1]. Namun, pada umumnya petani cenderung menggunakan pestisida secara berlebihan untuk mengamankan produknya dari hama dan penyakit [2]. Penggunaan jamur merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi penggunaan pestisida [3]. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tentang bioteknologi pengendalian hayati menggunakan jamur meliputi sejarah, penerapan/aplikasi, kelebihan dan kekurangan serta peluang dan tantangannya di masa yang akan datang. Metode yang digunakan ialah pengumpulan data dari beberapa sumber literatur. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan pengendalian hayati dengan bioteknologi melibatkan berbagai disiplin ilmu, antara lain: mikrobiologi, genetika, ilmu pangan, pertanian, biologi molekuler, komputer, dan lain-lain. Bioteknologi pengendalian hayati dengan jamur dapat digolongkan menjadi dua, yaitu secara konvensional dan modern. Beberapa jamur yang dapat digunakan sebagai agen biokontrol antara lain: *Metarhizium anisoplia* dan *Beauveria bassiana* sebagai jamur entomopatogen dan *Trichoderma sp* sebagai jamur antagonis. Pada masa yang akan datang, penggunaan jamur memiliki prospek yang baik karena sifatnya yang ramah lingkungan (tidak meninggalkan residu dan toksisitas), dan diperlukan pengembangan lebih lanjut.

**Kata kunci:** bioteknologi; pengendalian hayati; jamur; studi literatur

## PENDAHULUAN

Istilah bioteknologi dalam pengendalian hayati merupakan topik yang dikembangkan saat ini. Secara definisi, bioteknologi merupakan penerapan prinsip-prinsip biologi, biokimia, dan rekayasa dalam pengolahan bahan dengan memanfaatkan jasad hidup dan komponen-komponennya untuk menghasilkan barang atau jasa. Komponennya dapat berupa organel, sel, jaringan, atau molekul-molekul tertentu, misalnya DNA, RNA, protein, atau enzim [4]. Penggunaan pengendalian hayati dengan bioteknologi melibatkan berbagai disiplin ilmu, antara lain: mikrobiologi, genetika, ilmu pangan, pertanian, biologi molekuler, komputer, dan lain-lain. Secara ringkas, beberapa disiplin ilmu dan teknologi serta cabang bioteknologi dapat dilihat pada Gambar 1.

Bioteknologi dapat diklasifikasikan menjadi dua tingkatan, yaitu bioteknologi konvensional dan bioteknologi modern. Dalam bioteknologi konvensional, penerapan teknik biologi, biokimia, atau rekayasa masih sangat terbatas sehingga belum mencapai tingkat rekayasa molekuler. Dalam hal ini, jasad hidup digunakan secara langsung dan alami. Sedangkan bioteknologi modern menerapkan teknik manipulasi genetik, yang dikenal sebagai DNA rekombinan atau rekayasa genetika.



**Gambar 1. Ilmu dasar dan teknologi yang mendasari perkembangan bioteknologi serta empat cabang utama bioteknologi [4]**

Agen biologi atau musuh alami yang dapat dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati seperti predator, parasitoid, patogen, maupun antagonis telah dikenal sebagai salah satu komponen pengendalian hama dan penyakit terpadu. Pengendalian terpadu meningkat seiring dengan perhatian masyarakat terhadap kesehatan dan kelestarian lingkungan [1]. Agen biologi telah diakui sebagai alternatif untuk mengurangi penggunaan pestisida [3]. Penggunaan jamur sebagai agen biokontrol telah banyak digunakan dan berpotensi baik, antara lain *Trichoderma* sp sebagai jamur antagonis pada *Ganoderma* sp. [5]. *Trichoderma* sp. sebagai antagonis terhadap *Fusarium* sp. dan *Collectotrichum* sp. [6] dan *Beauveria bassiana* sebagai entomopathogenik [7].

Namun, penggunaan pengendalian hayati pada petani dan masyarakat masih belum banyak digunakan, pestisida masih menjadi salah satu kebutuhan penting dalam menekan serangan hama pemukiman [8]. Pestisida merupakan bahan kimia yang sering digunakan untuk menghilangkan zat yang tidak diinginkan, berupa gulma, serangga, jamur dan hama tanaman dengan tujuan menjamin hasil yang baik dan tinggi. Penggunaan pestisida secara tidak bijaksana dapat menimbulkan berbagai dampak negatif baik bagi manusia maupun lingkungan [9]. Sehingga

perlu dilakukan pengkajian terkait jamur sebagai agen biologi pengendali hayati, dan diharapkan dapat memunculkan kepedulian dan kesadaran terhadap lingkungan serta dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut.

## **METODE PENELITIAN**

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder. Metode yang digunakan ialah pengumpulan data. Data yang diperoleh dikompilasi, dianalisis, dan disimpulkan sehingga mendapatkan kesimpulan mengenai studi literatur.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Pengendalian Hayati***

Pengendalian hayati ialah pengaturan populasi kepadatan organisme oleh musuh-musuh alaminya, hingga tingkat kepadatan rata-rata organisme tersebut rendah dibandingkan dengan yang tidak diatur oleh musuh alaminya. Dari segi kepentingan manusia, musuh-musuh alam tersebut dimanfaatkan sebagai pengendali hama agar fluktuasi kepadatan rata-rata populasi tanaman selalu rendah. Musuh-musuh alam tersebut dapat digolongkan sebagai berikut : predator, parasitoid, patogen serangga (virus, bakteri, jamur, nematoda), dan vertebrata (mamalia, burung, amphibi, ikan) [1]. Tujuan pengendalian secara hayati adalah untuk mengurangi jumlah inokulum patogen melalui: penekanan ketahanan hidup, menekan reproduksi/pembiakannya, dan menekan penyebarannya [10].

### ***Karakteristik Jamur***

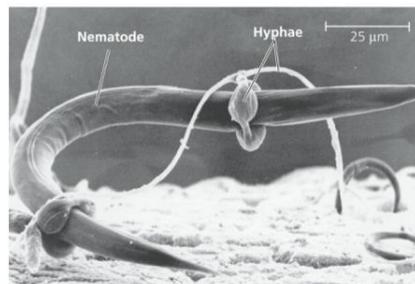
Jamur merupakan organisme heterotroph (tidak dapat menghasilkan makanan sendiri), namun tidak seperti hewan, jamur tidak menelan (memakan) makanannya. Jamur mengabsorpsi nutrient dari lingkungan ke tubuhnya. Jamur memegang peran ekologis yaitu dekomposer, parasit, dan mutualis. Fungsi dekomposer memecah dan menyerap nutrient dari benda mati dan bangkai. Sebagai parasit berfungsi mengabsorpsi nutrient dan sel-sel inang yang masih hidup. Fungsi mutualis juga berfungsi mengabsorpsi nutrient namun jamur membalas dengan tindakan yang menguntungkan bagi inang [11].

Struktur tubuh fungi yang paling umum adalah filament multiselular dan sel-sel tunggal (khamir, yeast) (dapat dilihat pada gambar 2). Tubuh jamur biasanya membentuk jaringan filament kecil, yang disebut hifa. Hifa terdiri dari dinding sel berbentuk tabung yang mengelilingi membrane plasma dan sitoplasma sel. Tidak seperti dinding sel tumbuhan, yang mengandung selulosa, dinding sel fungi diperkuat oleh kitin [11].



**Gambar 2. Jenis perawakan jamur; 1) uniselular/khamir; 2) multiselular/kapang; 3) multiselular/jamur [12]**

Kumpulan hifa pada jamur membentuk massa yang saling menjalin disebut miselium, yang berfungsi menembus inangnya. Jamur tidak melakukan mobilitas (berpindah-pindah tempat) untuk mencari makanannya, akan tetapi, jamur menjulurkan ujung-ujung hifanya ke wilayah tertentu. Beberapa fungi memiliki hifa terspesialisasi yang memungkinkan mereka menyerap makanan pada tubuh hewan hidup. Pada *Arthropods*, sejenis fungi tanah, bagian hifa termodifikasi sebagai lingkaran yang dapat mengencang di sekeliling nematode (cacing gilig) dalam waktu kurang dari satu detik (seperti pada gambar 3). Spesies-spesies fungi yang lain memiliki hifa terspesialisasi yang disebut haustoria, yang digunakan oleh fungi untuk mengekstraksi nutrient dari atau bertukar nutrien dengan inangnya [11].



**Gambar 3.** Hifa jamur termodifikasi yang dapat menangkap mangsa [11]

### ***Sejarah Bioteknologi dalam Pengendalian Hayati dengan Jamur***

Aplikasi kontrol mikroba berskala besar pertama yang berhasil menggunakan konidiospora dari jamur *Metarhizium anisopliae* dilakukan di Ukraina Ukraina terhadap kumbang penggerek. Pada tahun 1897, ilmuwan Rusia menggunakan *Metarhizium anisopliae* untuk melawan *Anisoplia austriaca*. Sejumlah penelitian laboratorium dan lapangan menunjukkan bahwa Entomo Pathogenic Fungi (EPF) dapat memberikan kontrol yang aman dan efektif bagi banyak hama serangga (El ghani, 2018).

Dalam 50 tahun terakhir, kontrol mikroba hama dan penyakit tanaman menunjukkan perkembangan yang luar biasa dengan hasil yang jelas di bawah kondisi laboratorium yang dioptimalkan. Pada tahun 1890 karya Konstantinus dan Matruchot mampu mengembangkan keturunan kultur murni dari jamur, dengan ilmuwan Duggar melanjutkan pekerjaan pada tahun 1905 untuk berhasil menciptakan pertumbuhan baru dari sampel jaringan jamur dewasa. Hal tersebut membuka pintu di kemudian hari untuk bioteknologi jamur. Kemudian ditemukan genus jamur *Penicillium* sebagai antibiotik. Pada tahun 1890 an seorang ahli kimia bernama Eduard Buchner menemukan ragi untuk menginduksi fermentasi gula. Hingga pada abad ke-20 muncul bioteknologi biologi molekuler jamur yang digunakan untuk menumbuhkan molekul yang diinginkan. Beberapa hal penting dari ini termasuk menemukan sejumlah jenis antibiotik baru, dan meningkatkan hasil untuk produksi jamur tertentu. Jamur sebagai agen hayati dapat melawan dan menghamba organisme lain. Berikut memaparan beberapa pemanfaatan jamur sebagai agen pengendali hayati.

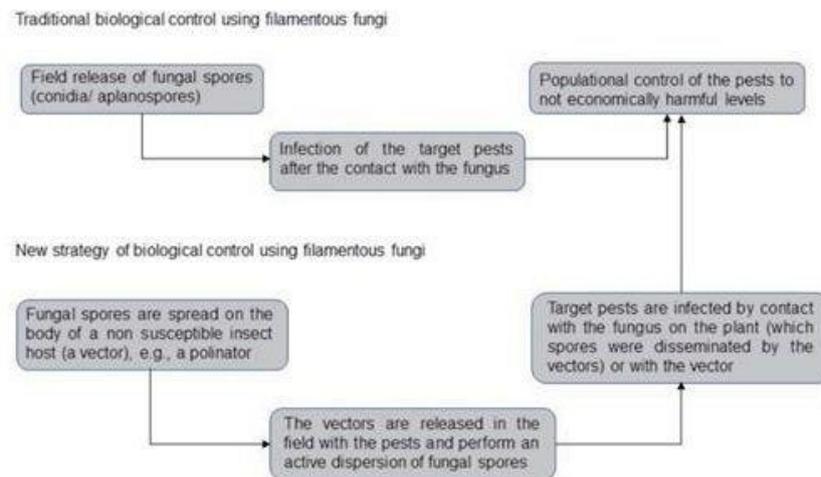
### ***Pengendalian terhadap arthropoda menggunakan jamur***

Serangga adalah kelas utama filum Arthropoda dan termasuk di antara makhluk hidup paling beragam. Beberapa serangga menyebabkan kerusakan pada

tanaman yang dikenal sebagai hama. Dalam konteks ini, muncul praktik pengendalian biologis menggunakan jamur entomopatogenik, kelompok yang dibentuk oleh beberapa spesies yang dapat menginfeksi dan menyebabkan penyakit pada serangga dan arthropoda lainnya. Jamur entomopatogenik yang berkarakteristik terbaik dan paling banyak digunakan dalam pengendalian biologi adalah *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* [3]. Jamur entomopatogenik menggunakan spora aseksual dalam proses invasi inang, setelah kematian inang dihasilkan hifa dan mulai proses sporulasi (dapat dilihat pada gambar 3).



**Gambar 3. Jamur entomopatogenik [3]**



**Gambar 4. Aplikasi jamur entomopatogenik jalur tradisional dan jalur strategi baru [3]**

Penggunaan jamur entomopathogen dengan cara tradisional menggunakan spora jamur yang dilepas pada hama target, kemudian menginfeksi hama target dan menyebabkan populasi hama ke tingkat tidak berbahaya. Sedangkan pada cara atau strategi baru, spora jamur disebar pada tubuh serangga penyerbuk yang tidak rentan (vector), kemudian vector dilepaskan di lapangan dengan hama dan melakukan penyebaran aktif. Hama target terinfeksi oleh kontak dengan jamur pada tanaman (yang disebar oleh vector) [3].

### ***Pengendalian terhadap patogen tanaman menggunakan jamur***

Jamur dapat bertindak sebagai antagonis terhadap patogen tanaman, terdapat beberapa mekanisme yang dilakukan oleh jamur dalam menghambat atau melawan patogen, yaitu : produksi metabolit (antibiotik, senyawa volatile-amonia, sianida, alcohol, ester, keton, dan lain-lain), kompetisi (untuk ruang, C, N, atau sumber mineral), parasitisme, induksi sistemik pada tanaman inang atau peningkatan respons pertumbuhannya sehingga menghasilkan pengurangan aktivitas patogen [3].

Genus *Trichoderma* (Hypocreales) adalah salah satu yang paling terkenal karena aktivitasnya melawan patogen tanaman. Tergolong spesies kosmopolitan yang biasa ditemukan di tanah. Anggota genus ini menunjukkan pertumbuhan yang cepat, dan peran utama mereka di alam adalah sebagai pengurai utama. Selain itu, *Trichoderma* sp. telah menjadi target penelitian dan digunakan untuk eksploitasi komersial karena kemampuan mereka untuk menghasilkan antibiotik dan beberapa enzim yang menarik dan potensinya sebagai agen biokontrol [3]. *Trichoderma* sp. berpotensi menghambat *Rhizotonia solani* yang menyebabkan penyakit pada beberapa tanaman secara *invitro* dan *invivo* [3]. *Trichoderma harzianum* dan *T. pseudokoningii* efektif menghambat laju pertumbuhan koloni *Ganoderma* sp. secara in-vitro [5]. Metabolit sekunder *Trichoderma* sp. mampu menekan pertumbuhan jamur patogen yang menyebabkan layu fusarium dan patek pada cabai secara invitro [6].



**Gambar 5. Jamur *Trichoderma* sp (koloni berwarna hijau) mampu menghambat *Fusarium* sp. secara invitro [13]**

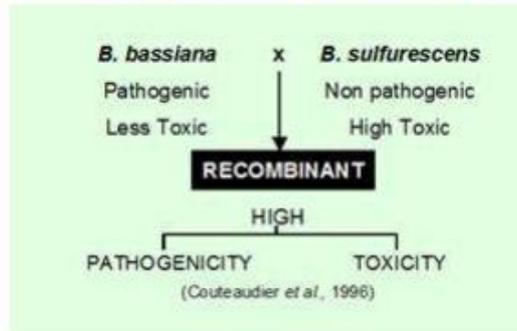
### ***Pengendalian hayati menggunakan jamur dengan teknik modern***

Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan terkait penggunaan jamur dalam pengendalian hayati secara modern :

1) Teknik Fusi Protoplast; merupakan salah satu tipe modifikasi genetik pada jamur, modifikasi genetik atau yang disebut rekayasa genetika. Pada teknik ini, terdapat dua strain yang difusikan, kemudian menghasilkan rekombinan yang unggul. Fusi ini bertujuan untuk meningkatkan strain. Peningkatan genetik dari dua strain yang berbeda *Beauveria bassiana* lebih efektif untuk mengendalikan *Ostrinia nubilalis* dengan toksik yang dihasilkan oleh strain *Beauveria* [14] (dapat dilihat pada gambar 5).

### EPF- strain improvement

- i. Parasexual recombination -*B. bassiana* x *B. sulfurescens* recombinants
- ii. Direct gene manipulation -Ben A3 gene for Ben late resistance



Gambar 6. Peningkatan Strain pada Jamur [14]

2) rekayasa genetika; manipulasi genetik dari jamur entomopatogenik dapat meningkatkan kemampuan dalam mengurangi vector (perantara) pada penyakit malaria. Strain *M. anisopliae* yang telah dimodifikasi genetik untuk menghasilkan *transgene s* (SM1, scorpine, atau antiplasmodium) yang dapat menghambat perkembangan parasite pada *An. Gambiae*. Infeksi dari jamur transgenik ini dapat mengurangi jumlah *Plasmodium sp* [15].

### ***Peluang dan Tantangan Penggunaan Jamur sebagai Agen Biologi***

Prospek masa depan menggunakan mikoinsektisida sebagai alternatif untuk pestisida sintesis. Peluang ini didukung dengan beberapa kelebihan yang dimiliki oleh jamur sebagai agen pengendali hayati antara lain [16]: Residu jamur tidak memiliki efek buruk pada lingkungan hidup, jamur entomopatogen memiliki sedikit atau tidak beracun untuk organisme nontarget, jamur memiliki toksisitas yang kecil (kebanyakan khusus untuk satu kelompok atau beberapa spesies), mengurangi penggunaan insektisida kimia, melindungi keanekaragaman hayati dalam ekosistem, potensi hama resistensi untuk mikoinsektisida lebih berkembang lambat dan menyediakan biokontrol murah yang berkelanjutan untuk periode yang jauh lebih lama daripada bahan kimia yang ada.

Pada tahun 1888, sejak hadiah Nobel yang diberikan pada Elie Metchnikoff mengenai *M. anisopliae*, para peneliti mengidentifikasi lebih dari 750 spesies jamur yang bersifat patogen terhadap serangga [16]. Aktivitas mikoinsektisida memainkan peran dalam stabilitas populasi serangga dalam ekosistem alami. Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa terdapat banyak peluang jamur yang dapat dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati. Salah satunya ialah jamur *Trichoderma sp.* merupakan kekuatan pendorong utama bagi investigasi biokontrol. Sebagai simbion tanaman oportunistik dan mikoparasit yang efektif, banyak spesies dari genus ini berpotensi untuk menjadi biofungisida komersial [17]. Peluang lainnya terkait kemajuan teknologi tentang dasar genetik dan virulensi akan memungkinkan pengembangan strain rekombinan dari jamur patogen serangga yang menunjukkan spesifisitas untuk hama sasaran dan yang tahan dalam lingkungan [18].

Tantangan di bidang ini terkait beberapa kekurangan penggunaan jamur sebagai agen pengendali hayati, antara lain [16]: biaya yang relatif mahal untuk



penggunaan komersial, memiliki umur simpan pendek, perawatan yang tidak sederhana, sering bertindak lambat dan membutuhkan tingkat aplikasi yang tinggi. Penelitian akan menjadi pengembangan teknik skrining yang memungkinkan untuk prediksi isolat biokontrol yang efisien [17].

## KESIMPULAN

Pengendalian hayati merupakan pengendalian hama dan penyakit menggunakan musuh alami. Pengendalian hayati dengan bioteknologi melibatkan berbagai disiplin ilmu. Bioteknologi pengendalian hayati dengan jamur dapat digolongkan menjadi dua, yaitu secara konvensional dan modern. Beberapa jamur yang dapat digunakan sebagai agen biokontrol antara lain: *Metarhizium anisoplia* dan *Beauveria bassiana* sebagai jamur entomopatogen dan *Trichoderma sp* sebagai jamur antagonis. Pada masa yang akan datang, penggunaan jamur memiliki prospek yang baik karena sifatnya yang ramah lingkungan (tidak meninggalkan residu dan toksisitas), dan diperlukan pengembangan lebih lanjut.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] I. N. Oka, *Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia*. Yogyakarta: UGM Press, 2005.
- [2] E. Amilia, B. Joy, and S. Sunardi, "Residu Pestisida pada Tanaman Hortikultura (Studi Kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat)," *Agrikultura*, vol. 27, no. 1, pp. 23–29, 2016, doi: 10.24198/agrikultura.v27i1.8473.
- [3] N. C. Baron, E. C. Rigobelo, and D. C. Zied, "Filamentous fungi in biological control: Current status and future perspectives," *Chil. J. Agric. Res.*, vol. 79, no. 2, pp. 307–315, 2019, doi: 10.4067/S0718-58392019000200307.
- [4] T. Yuwono, *Bioteknologi Pertanian*. Yogyakarta: UGM Press, 2006.
- [5] U. J. I. Antagonisme, T. Ganoderma, M. Tanaman, S. Secara, and B. Dendang, "Attacks Sengon Trees)," vol. 4, pp. 147–156, 2015.
- [6] U. Utami, C. Nisa, A. Y. Putri, and E. Rahmawati, "The potency of secondary metabolites endophytic fungi *Trichoderma sp* as biocontrol of *Colletotrichum sp* and *Fusarium oxysporum* causing disease in chili," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2120, 2019, doi: 10.1063/1.5115758.
- [7] I. Indrayani, D. Soetopo, and J. Hartono, "Efektifitas Formula Jamur *Beauveria bassiana* Dalam Pengendalian Penggerek Buah Kapas (*Helicoverpa armigera*)," *J. Penelit. Tanam. Ind.*, vol. 19, no. 4, p. 178, 2020, doi: 10.21082/jlitri.v19n4.2013.178-185.
- [8] titiek siti Yuliani, H. Triwidodo, and N. Panjaitan, "Perilaku Penggunaan Pestisida: Studi Kasus Pengendalian Hama Pemukiman di Permukiman Perkotaan DKI Jakarta," *Forum Pascasarj.*, vol. 34, pp. 195–212, 2011.
- [9] M. Ameriana, "Farmer's Behavior in Using Chemical Pesticide on Vegetable," *J. Hort.*, vol. 18, no. 1, pp. 95–106, 2008.
- [10] Djafaruddin, *Dasar-dasar Pengendalian Penyakit Tanaman*. Jakarta: Bumi Aksara, 2000.
- [11] N. A. Campbell, *Biologi Jilid 2 Edisi 8*. Jakarta: Erlangga, 2008.
- [12] I. Santoso, *Biologi Pelajaran untuk SMA/MA kelas X*. Bekasi: Interplus, 2007.
- [13] L. C. Ng, A. Ngadin, M. Azhari, and N. A. Zahari, "Potential of *Trichoderma spp.* As biological control agents against bakanae pathogen (*Fusarium fujikuroi*) in rice," *Asian J. Plant Pathol.*, vol. 9, no. 2, pp. 46–58, 2015, doi: 10.3923/ajppaj.2015.46.58.
- [14] P. Parthiban, "Genetic Improvement of Fungal Pathogens," *Adv. Plants Agric. Res.*, vol.



- 8, no. 1, pp. 3–8, 2018, doi: 10.15406/apar.2018.08.00283.
- [15] B. J. Blumberg, S. M. Short, and G. Dimopoulos, *Employing the Mosquito Microflora for Disease Control*. Elsevier Inc., 2016.
- [16] M. Um, D. Zakaria, I. B. Galadima, and F. M. Gambo, “A review on the use of entomopathogenic fungi in the management of insect pests of field crops,” ~27~*J. Entomol. Zool. Stud.*, vol. 6, no. 1, pp. 27–32, 2018.
- [17] A. Schuster and M. Schmoll, “Biology and biotechnology of Trichoderma,” *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 87, no. 3, pp. 787–799, 2010.
- [18] R. J. S. Leger and C. Wang, “Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve greater efficacy against insect pests,” *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 85, no. 4, pp. 901–907, 2010.