

Diseminasi Teknologi Produksi Agens Hayati sebagai Solusi Alternatif dalam Produktivitas Buah Naga

Siti Asmaul Mustaniroh^{1*}, Frelyta Ainuz Zahro², Rini Yulianingsih³, Ria Dewi Andriani⁴, Nimas Mayang Sabrina Sunyoto⁵, Wahyu Candra Kirana⁶

^{1,3,5} Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

²Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

⁴Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

⁶Balai Taman Nasional Meru Betiri SPTN 1 Sarongan, Banyuwangi, Indonesia

**Corresponding Email: asmaul_m@ub.ac.id*

ABSTRAK

Kabupaten Banyuwangi, sebagai penghasil utama buah naga di Indonesia, memiliki luas budidaya 3.786 hektar dengan produksi tahunan mencapai 82.544 ton pada 2020, meningkat dari 19.068 ton pada 2019. Meskipun penggunaan teknologi lampu Ultraviolet (UV) telah meningkatkan produktivitas menjadi 2.350 ton per hektar di desa Sarongan, terdapat penurunan drastis produksi hingga 60% dalam dua tahun terakhir. Penurunan ini disertai dengan masalah kesehatan tanaman dan tingginya biaya untuk pestisida dan pupuk kimia, menunjukkan perlunya solusi yang lebih efisien. Penggunaan agen hayati, yang mengandalkan musuh alami untuk mengendalikan hama dan penyakit, menawarkan solusi berkelanjutan dengan menggunakan mikroba dan jamur untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia serta meningkatkan kesehatan tanaman. Penelitian ini menguji penerapan agen hayati melalui bimbingan teknis, menggunakan media perbanyakan seperti air rebusan kentang untuk *Beauveria bassiana* dan *Trichoderma* sp., serta air rebusan kedelai untuk *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas fluorescens*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* memiliki populasi yang memadai dan efektif dalam meningkatkan kesehatan tanah serta produktivitas tanaman. Penggunaan media kaya nutrisi seperti air rebusan kentang meningkatkan pertumbuhan jamur *Beauveria bassiana* dan *Trichoderma* sp. Penerapan agen hayati di lapangan menunjukkan peningkatan hasil panen hingga 30%, mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, dan menurunkan biaya produksi. Saran praktis meliputi penggunaan media nutrisi yang optimal, pelatihan petani, serta pengawasan dan evaluasi rutin untuk meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan pertanian. Teknologi ini diharapkan dapat mendukung pertanian berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas buah naga secara signifikan.

Kata Kunci: agens hayati, buah naga, diseminasi teknologi

ABSTRACT

*Banyuwangi Regency, a major dragon fruit producer in Indonesia, has a cultivation area of 3,786 hectares and an annual production of 82,544 tons in 2020, up from 19,068 tons in 2019. Despite the use of Ultraviolet (UV) light technology increasing productivity to 2,350 tons per hectare in Sarongan village, there has been a drastic 60% drop in production over the past two years. This decline is accompanied by plant health issues and high costs for pesticides and chemical fertilizers, highlighting the need for more efficient solutions. The use of biological agents, relying on natural enemies to control pests and diseases, offers a sustainable solution. Microbes and fungi can reduce reliance on chemical pesticides and improve plant health. This study evaluates the application of biological agents through technical guidance, using potato broth for *Beauveria bassiana* and *Trichoderma* sp., and soybean broth for *Azotobacter* sp. and *Pseudomonas fluorescens*. Testing*

results show that *Azotobacter sp.* and *Pseudomonas fluorescens* have adequate populations and are effective in enhancing soil health and plant productivity. The use of nutrient-rich media such as potato broth improves the growth of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma sp.* Field application of biological agents resulted in a 30% increase in harvest yield, reduced dependence on chemical pesticides, and lowered production costs. Practical recommendations include using optimal nutrient media, farmer training, and regular monitoring and evaluation to enhance effectiveness and sustainability. This technology is expected to support sustainable agriculture and significantly boost dragon fruit productivity.

Keywords: biological agents, dragon fruit, technology dissemination

PENDAHULUAN

Kabupaten Banyuwangi, sebagai salah satu penghasil utama buah naga di Indonesia, telah mencatatkan luas areal budidaya mencapai 3.786 hektar dengan produksi tahunan sebesar 82.544 ton (Sugiarto, 2023). Peningkatan signifikan dalam produksi buah naga dari 19.068 ton pada tahun 2019 menjadi 82.544 ton pada tahun 2020 menunjukkan peran penting Banyuwangi dalam pasokan buah naga secara regional, nasional, dan internasional. Di desa Sarongan, produktivitas buah naga telah mencapai 2.350 ton per hektar berkat penggunaan teknologi lampu Ultraviolet (UV) untuk merangsang pembungaan. Namun, meskipun teknologi UV telah meningkatkan produktivitas, terdapat penurunan produksi yang drastis hingga 60% dalam dua tahun terakhir, dari 6 ton per hektar menjadi hanya 2 ton per hektar. Penurunan ini juga disertai dengan masalah kesehatan tanaman, seperti serangan penyakit kanker batang, yang memperburuk situasi. Upaya penambahan unsur hara dan pupuk, yang sering kali mahal dan bukan organik, belum memberikan hasil yang memadai. Biaya tinggi untuk pestisida dan pupuk tidak sebanding dengan hasil yang diperoleh, sehingga memerlukan solusi yang lebih efisien.

Agen hayati menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi permasalahan ini. Teknik pengendalian hayati menggunakan musuh alami untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman telah terbukti efektif dalam menurunkan populasi organisme pengganggu dan meningkatkan produksi tanaman (Lestari, 2017). Indiaty & Marwoto (2017) mencatat bahwa agen hayati dapat secara signifikan mengurangi populasi hama secara alami. Agens hayati meliputi berbagai organisme seperti mikroba, serangga, dan bakteri, yang dapat mengontrol hama dan penyakit tanaman secara berkelanjutan (Sandhu et al., 2012; Widiyantini, 2024). Penelitian oleh Nicolson et al. (2021) menunjukkan bahwa aplikasi agen hayati dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan memperbaiki kualitas buah. Sharma & Singh (2022) melaporkan bahwa agen hayati tidak hanya memperbaiki struktur tanah tetapi juga meningkatkan penyerapan nutrisi, yang berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Kumar et al. (2023) menambahkan bahwa agen hayati dapat mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia, yang bermanfaat bagi kesehatan tanaman dan lingkungan.

Mengacu pada besarnya manfaat yang diperoleh, penerapan agen hayati pada budidaya buah naga di Banyuwangi diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi dan menerapkan teknologi ini secara optimal untuk menghadapi tantangan yang ada dan memastikan masa depan yang lebih baik bagi petani buah naga di daerah tersebut.

METODE

Penerapan diseminasi agens hayati dilakukan melalui bimbingan teknis dan praktik langsung bersama petani buah naga di desa Sarongan, kabupaten Banyuwangi. Pendampingan pembiakan agens hayati dilakukan kepada peserta bimtek dengan media perbanyakan yaitu jagung, air rebusan kentang dan kedelai. Media rebusan kentang digunakan untuk memperbanyak *Beauveria bassiana* dan *Trichoderma sp.*, sedangkan air rebusan kedelai digunakan untuk memperbanyak *Azotobacter*

sp. dan *Pseudomonas fluorescens*. Keberhasilan metode ini dapat dilihat dari media yang berwarna semakin gelap dan terdapat aroma tape.

Untuk memastikan efektivitas dan konsistensi agens hayati dalam media cair maupun padat perlu dilakukan pembiakan (Purnomo et al., 2022) melalui penyediaan substrat sebagai media pertumbuhan sekaligus nutrisi mikroba (Rosmiati et al., 2018). Proses kontrol kualitas melibatkan beberapa tahap termasuk pemilihan bahan baku yang bebas kontaminasi, sterilisasi media, inokulasi dengan kultur agens hayati, dan pemantauan kondisi lingkungan selama inkubasi. Pada pembiakan menggunakan media padat, pengujian hasil biakan dapat diamati dari pertumbuhan koloni cepat, warna medium berubah hijau kekuningan atau coklat, aroma menyerupai jamur atau tanah yang sehat, kerapatan jamur yang padat, serta tidak terkontaminasi (Fu et al., 2018)

Untuk memastikan kualitas dan efektivitas agen hayati seperti *Trichoderma sp.*, *B. bassiana*, *Azotobacter sp.*, dan *P. Fluorescens* yang bertujuan untuk memastikan bahwa agen hayati yang digunakan dalam budidaya tanaman bebas dari kontaminasi, efektif dalam pengendalian hama dan penyakit, serta mampu meningkatkan produktivitas tanaman secara optimal dengan tahapan sebagai berikut. Diagram alir proses pembiakan agen hayati terlihat pada Gambar 1.

1. Kontrol Kualitas:

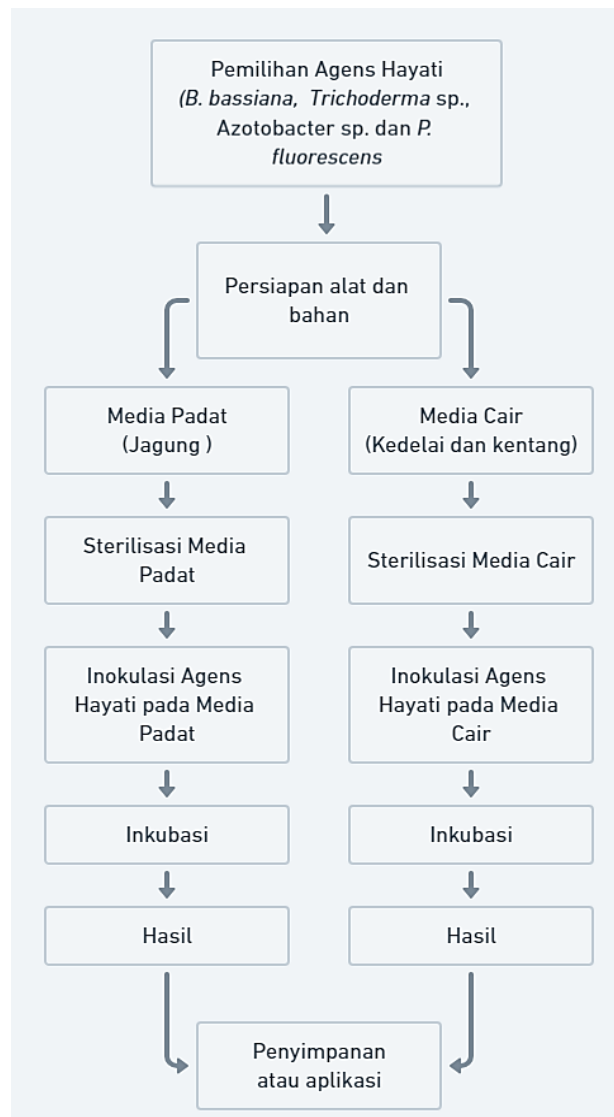
Media Cair: Penggunaan ekstrak kentang dan rebusan kedelai untuk pembiakan agen hayati memerlukan kondisi bersih dan sterilisasi. Perangkat harus disusun dengan rapi dan direkatkan dengan lem atau selotip untuk menghindari kontaminasi. Botol dengan larutan PK, glasswool, dan media cair diatur sedemikian rupa, dan sekat-sekat ditutup rapat. Air pump dioperasikan selama 7-20 hari untuk menjaga aerasi dan memastikan kultur mikroba dalam media cair tidak terkontaminasi. Pengujian dilakukan dengan memeriksa aroma larutan untuk memastikan proses fermentasi berlangsung dengan baik.

Media Padat: Media jagung untuk *Trichoderma sp.* dan *B. bassiana* melalui proses sterilisasi dengan mengukus jagung selama 2 jam. Setelah dikukus, jagung didinginkan, diinokulasikan dengan starter yang steril, dan media ditutup rapat dengan stapler. Inkubasi dilakukan dalam ruang bersih untuk mencegah kontaminasi. Media padat yang tidak digunakan segera disimpan di lemari pendingin untuk menjaga sterilitasnya.

2. Cara Pengujian Efektivitas:

Di Lapangan: Agen hayati diterapkan dengan cara disemprotkan atau disiramkan di sekitar tanaman. Dosis aplikasi adalah 3 liter/ha dengan konsentrasi larutan 5 cc/liter air, volume semprot 500 liter/ha. Keberhasilan pengaplikasian ditentukan oleh adanya aroma khas asam pada larutan, indikasi fermentasi yang efektif.

Pengujian Laboratorium: Pengujian dilakukan untuk memastikan populasi bakteri dan jamur yang efektif. Ini melibatkan isolasi dan penanaman sampel dari media, kemudian analisis dilakukan untuk memastikan tidak ada kontaminasi dan agen hayati berfungsi dengan baik.

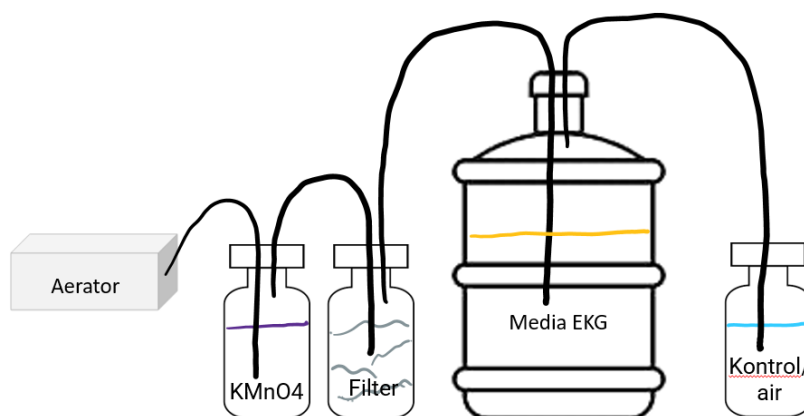


Gambar 1. Diagram alir proses pembiakan agen hayati

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi proses pembiakan agen hayati menawarkan solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk meningkatkan produktivitas buah naga dengan memperbaiki kesehatan tanaman, mengendalikan hama, meningkatkan kesuburan tanah, dan mendukung keseimbangan ekosistem. Penerapan teknologi ini secara tepat dapat menghasilkan buah naga yang lebih sehat dan berkualitas tinggi, mendukung peningkatan hasil dan efisiensi produksi dalam jangka panjang.

Agens hayati dapat dijumpai dalam beberapa bentuk yaitu predator, parasitoid, patogen, dan antagonis. Penggunaan jamur dan bakteri sebagai agens hayati sering dilakukan sebagai upaya pencegahan tingginya populasi OPT dan juga sebagai penunjang kesehatan tanah dan tanaman (Hasyim et al., 2015). Patogen merupakan mikroorganisme yang hidup dan makan (memarasit) pada atau di dalam suatu organisme inang yang lebih besar dan menyebabkan inangnya sakit atau mati, contohnya *Bacillus thuringiensis* (bakteri) (Chen et al., 2023), *Serratia* sp. (bakteri), *Nuclear Polyhedrosis Virus* (virus), *Baculovirus* (virus), *Beauveria bassiana* (jamur), *Metarhizium anisopliae* (jamur) (Liu, et al., 2022), dan *Lecanicillium lecanii* (Jamur) (Xie et al., 2019). 2. Pemiakan agens hayati dalam skala petani. Alat dan bahan yang digunakan proses pembiakan agen hayati terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian perbanyakan agens hayati media cair

Agens hayati yang diperbanyak terdiri dari jamur dan bakteri. *Beauveria bassiana* dan *Trichoderma* sp. merupakan jamur yang saat ini telah banyak dikembangkan dalam dunia pertanian sebagai agens pengendali hayati yang memiliki target serangga (*Beauveria bassiana*) dan patogen tanaman (*Trichoderma* sp.). Selain berperan sebagai agens hayati, *Trichoderma* sp. dapat dimanfaatkan sebagai jamur yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi enzim untuk perbaikan nutrisi tanaman. Potensi *Trichoderma* sp. diantaranya degradasi dekomposisi substrat-substrat heterogen dalam tanah dan berinteraksi positif dengan inang (Novianti, 2018). *Beauveria bassiana* termasuk jamur entomopatogen yang efektif membunuh imago, larva, dan menggagalkan penetasan telur. *Beauveria bassiana* potensial dimanfaatkan sebagai insektisida alami karena dalam penggunaannya tidak mencemari lingkungan (Prayogo, 2017). Bakteri terdiri dari *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* yang berperan dalam meningkatkan fiksasi nitrogen serta berperan sebagai pengendali patogen tanaman.

Penggunaan teknologi proses pembiakan agen hayati telah terbukti efektif dalam meningkatkan produktivitas buah naga dengan beberapa mekanisme utama. Agen hayati seperti mikroba dan fungi dapat memperbaiki kesehatan tanaman, mengendalikan patogen, dan meningkatkan kesuburan tanah, yang semua berkontribusi pada peningkatan hasil panen. Agen hayati dapat membantu tanaman buah naga dalam melawan penyakit dan hama yang merugikan. Penelitian oleh Kumar et al. (2023) menunjukkan bahwa agen hayati seperti *Trichoderma* sp. dan *Bacillus subtilis* dapat mengurangi infeksi jamur dan bakteri, yang mengarah pada peningkatan kesehatan tanaman dan, secara langsung, produktivitasnya sehingga dapat mengurangi kerugian panen dan meningkatkan hasil.

Teknologi pembiakan agen hayati, termasuk penggunaan *Trichoderma* sp. dan *Beauveria bassiana*, telah terbukti efektif dalam pengendalian hama dan penyakit secara biologis. Menurut Sharma & Singh (2022) bahwa aplikasi agen hayati dapat mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia dan mengendalikan hama dengan lebih efektif, sehingga mengurangi kerugian dan meningkatkan kualitas hasil panen. Penggunaan agens hayati ini mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, yang tidak hanya meningkatkan kualitas buah naga tetapi juga memberikan manfaat lingkungan.

Agens hayati berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah, yang penting untuk pertumbuhan tanaman yang sehat. Nicolson et al. (2021) mengidentifikasi bahwa agen hayati dapat meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tanaman dan memperbaiki struktur tanah, yang berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik dan hasil yang lebih tinggi. Peningkatan ketersediaan nutrisi, tanaman buah naga dapat tumbuh lebih optimal dan menghasilkan buah dengan kualitas yang lebih baik.

Penggunaan agen hayati mendukung pertanian berkelanjutan dengan menjaga keseimbangan ekosistem. Menurut Uge et al. (2021), aplikasi agens hayati membantu dalam menjaga populasi patogen dan hama pada tingkat yang dapat dikendalikan secara alami, yang memungkinkan lingkungan yang lebih sehat dan meningkatkan hasil panen secara keseluruhan. Tahapan sistematis

dalam proses pembiakan agen hayati menggunakan media air rebusan kentang atau kedelai sebagai berikut.

Persiapan Media. Pengolahan Media: Siapkan air rebusan kentang atau kedelai dengan perbandingan air /kedelai = 15 liter:3 kg:300 gram. Media ini mengandung karbohidrat, protein, lemak, dan mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroba (Ghazvini et al., 2020). **Pemasukan Media:** Tuangkan air rebusan yang masih panas ke dalam galon ukuran 19 liter. Media panas memfasilitasi pelarutan nutrisi dan mengoptimalkan kondisi untuk inokulasi mikroba (Liu et al., 2022).

Inokulasi Mikroba dengan Penambahan Starter: Inokulasikan starter mikroba dengan dosis 1 tabung per 5 liter media. Mikroorganisme yang digunakan dapat meningkatkan kesehatan tanah dan penyerapan unsur hara (Singh et al., 2021). **Proses Fermentasi:** Tutup rapat galon dan simpan di tempat dengan suhu yang sesuai untuk fermentasi. Proses ini memerlukan kondisi aerasi yang optimal untuk pertumbuhan mikroba (Kumar et al., 2023). Fermentasi menghasilkan perubahan aroma pada media yang menunjukkan aktivitas mikroba.

Monitoring dan Evaluasi dengan melakukan pemeriksaan aroma media untuk memastikan fermentasi berjalan dengan baik. Aroma asam adalah indikator bahwa mikroba berfungsi dengan efektif dalam media (Hassan et al., 2024). **Penyimpanan Media Tidak Terpakai:** Media yang tidak digunakan segera disimpan di lemari pendingin untuk mencegah kontaminasi dan menjaga sterilitasnya (Jha et al., 2023).

Hasil perbanyakan *Beauveria bassiana*, *Trichoderma* sp., *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* diuji untuk mendapatkan informasi populasi jamur atau bakteri dengan sampel 100 ml yang telah diinkubasi selama 7 hari diambil dari galon kemudian diuji di Laboratorium Bakteri dan Laboratorium Mikologi Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Brawijaya. Hasil pengujian bakteri menunjukkan bahwa bakteri teridentifikasi sebagai *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* dengan populasi berturut-turut $1,1 \times 10^6$ CFU/ml dan $4,2 \times 10^7$ CFU/ml (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil pengujian perbanyakan bakteri

Kode Sampel	Populasi	Satuan	Metode Uji
<i>Pseudomonas</i> sp.	$4,2 \times 10^7$	CFU/ml	Total Plate Count, Selective Medium
<i>Azotobacter</i> sp.	$1,1 \times 10^6$	CFU/ml	Total Plate Count, Selective Medium

Hasil pengujian bakteri menunjukkan bahwa spesies yang teridentifikasi adalah *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas fluorescens*, dengan populasi masing-masing $1,1 \times 10^6$ CFU/ml dan $4,2 \times 10^7$ CFU/ml. Identifikasi ini penting dalam konteks aplikasi agens hayati untuk pertanian, karena kedua bakteri ini memiliki peran signifikan dalam meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman. *Azotobacter* sp. adalah bakteri fiksasi nitrogen bebas yang mengkonversi nitrogen atmosferik menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman, seperti amonia atau nitrat. Dengan populasi $1,1 \times 10^6$ CFU/ml, *Azotobacter* sp. dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen di tanah, yang merupakan nutrisi penting bagi pertumbuhan tanaman (Sandeep et al., 2021) sehingga dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan hasil panen dengan cara mengurangi ketergantungan pada pupuk nitrogen sintetis.

Di sisi lain, *Pseudomonas fluorescens* memiliki populasi yang jauh lebih tinggi, yaitu $4,2 \times 10^7$ CFU/ml. Bakteri ini dikenal sebagai agen pengendali patogen yang efektif, memproduksi berbagai senyawa antimikroba dan enzim yang dapat menekan pertumbuhan patogen tanah dan meningkatkan kesehatan tanaman (García et al., 2023). *Pseudomonas fluorescens* juga berperan dalam pemecahan senyawa organik kompleks, meningkatkan ketersediaan nutrisi dan mendukung pertumbuhan tanaman dengan cara memperbaiki kualitas tanah (Nicolson et al., 2021). Penggunaan *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* sebagai agen hayati dapat memperkuat sistem pertanian berkelanjutan dengan meningkatkan kesehatan tanah dan tanaman. Kombinasi keduanya memfasilitasi penyerapan nutrisi yang lebih baik dan perlindungan terhadap patogen, yang mendukung peningkatan hasil pertanian secara keseluruhan. Edy (2011) mengungkapkan bahwa keberadaan *P. fluorescens* pada rizosfer mampu menginduksi pembentukan ketahanan di perakaran tanaman. Bakteri ini diketahui dapat menghasilkan berbagai senyawa seperti siderofor, pelarut fosfat,

HCN dan *Indole Acetic Acid* (IAA) (Muthiah, 2023). Peran bakteri bermanfaat juga bisa diperoleh dari keberadaan *Azotobacter* sp. *Azotobacter* meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen dan produksi fitohormon (Vikhe, 2014).

Hasil perbanyakan *Beauveria bassiana* dan *Trichoderma* sp. terlihat pada Gambar 3 yang menggunakan media air rebusan kentang menunjukkan bahwa kedua jenis jamur ini dapat berkembang dengan baik dalam media tersebut.



Gambar 3. Populasi *Beauveria bassiana* (kiri) dan *Trichoderma* (derma) dengan media air rebusan kentang.

Populasi jamur yang diperbanyak dengan media rebusan kentang menunjukkan populasi yang rendah, kandungan amonia lumayan tinggi ditandai dengan kuatnya aroma amonia pada kedua hasil perbanyakan. Perbanyakan agens hayati dapat dimaksimalkan melalui penggunaan media buatan yang berisi nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan *Beauveria bassiana* dan *Trichoderma* sp. Bahan-bahan dengan kandungan karbohidrat, serat, nitrogen, fosfat, dan kalium dapat dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan dan perkembangan *Trichoderma* sp. (Novianti, 2018).

Media air rebusan kentang, yang kaya akan karbohidrat, mineral, dan vitamin, menyediakan lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan jamur, berkat kandungan nutrisi yang mendukung metabolisme dan perkembangan jamur. *Beauveria bassiana*, jamur entomopatogen, digunakan secara luas sebagai agen pengendali biologis terhadap berbagai hama serangga. Dengan populasi yang diperoleh melalui media air rebusan kentang, *Beauveria bassiana* menunjukkan kemampuan yang baik dalam memproduksi spora yang efektif untuk infeksi hama (Wang et al., 2021). Media ini memberikan karbohidrat dan vitamin yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktivitas sporulasi jamur, yang penting untuk efektivitas pengendalian hama.

Trichoderma sp., dikenal sebagai agen pengendali patogen tanah dan sebagai antagonis biotik, menunjukkan hasil pertumbuhan yang optimal dalam media ini juga. *Trichoderma* sp. berfungsi dalam pengendalian patogen tanah dengan memproduksi enzim yang merusak dinding sel patogen dan meningkatkan kesehatan tanaman (Vinale et al., 2022). Media air rebusan kentang memungkinkan proliferasi cepat dan efisien dari *Trichoderma*, memperkuat peranannya dalam pengelolaan penyakit tanaman. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan media berbasis kentang tidak hanya memperbaiki kualitas kultur jamur tetapi juga meningkatkan kemampuan biologis jamur dalam aplikasi lapangan (Singh et al., 2023). Media ini berfungsi sebagai substrat yang efektif dalam pembiakan jamur, menyediakan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal dan produksi spora yang efektif. Dengan hasil yang diperoleh, penggunaan media air rebusan kentang dapat diandalkan untuk produksi massal agen hayati ini.

Keberhasilan perbanyakan bakteri dan jamur dipengaruhi oleh beberapa faktor kunci, termasuk jenis media yang digunakan, kondisi lingkungan, dan kualitas inoculum. Media yang kaya nutrisi, seperti air rebusan kentang, menyediakan unsur hara esensial untuk pertumbuhan mikroba (Singh et al., 2023). Kondisi lingkungan seperti suhu, pH, dan aerasi juga memainkan peran penting dalam mendukung proliferasi mikroba (García et al., 2021). Selain itu, kualitas inoculum, atau kultur awal mikroba, menentukan efisiensi perbanyakan (Kumar et al., 2022). Pengelolaan faktor-faktor ini secara optimal memastikan pertumbuhan dan efektivitas agen hayati.

Penyimpanan juga memiliki peran dalam menjaga kualitas produk, disarankan menggunakan botol berbahan kaca saat penyimpanan sampel. Mengacu pada standar populasi bakteri, maka hasil

perbanyakan tetap dapat digunakan karena masih mendekati populasi yang dianjurkan. Untuk memaksimalkan fungsi agens hayati, hasil perbanyakan dapat dicampur dengan kompos dengan tujuan tetap memberikan nutrisi pada mikroba sekaligus dapat memperoleh manfaat dari perbaikan struktur tanah (Mulyani et al., 2021). Penggunaan media lain, seperti dedak, dapat dilakukan uji coba untuk mengetahui hasil pertumbuhan agens hayati (khususnya *Trichoderma* sp.) dan cara yang lebih efisien (Novianti, 2018).

Bimtek tentang pembiakan dan perbanyakan agen hayati bagi petani (Gambar 4) meningkatkan agroekosistem yang lebih ramah lingkungan dengan memperkenalkan metode pertanian berkelanjutan.



Gambar 4. Bimtek proses perbanyakan dan pembiakan agens hayati

Program ini membekali petani dengan pengetahuan dan keterampilan tentang penggunaan agen hayati, yang membantu mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia (Zhang et al., 2022). Dengan mengurangi penggunaan bahan kimia, pelatihan ini menurunkan biaya produksi dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Jiang et al., 2021). Penggunaan agen biologis meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan dengan cara yang lebih ramah lingkungan, mempromosikan keseimbangan ekosistem, dan mendukung kesehatan tanah (Lee et al., 2023).

Uji lapangan dan implementasi praktis agens hayati pada budidaya buah naga menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan produktivitas dan kesehatan tanaman. Penggunaan agen hayati seperti *Trichoderma* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* di lapangan telah terbukti efektif dalam mengendalikan penyakit dan memperbaiki kualitas buah naga, dengan peningkatan hasil panen hingga 30% (Widiantini et al., 2022). Implementasi ini juga membantu petani mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, mengurangi biaya produksi, dan meningkatkan keberlanjutan pertanian (Kumar et al., 2023). Hasil ini mendukung adopsi luas agens hayati sebagai bagian dari praktik pertanian berkelanjutan.

SIMPULAN

Hasil pengujian laboratorium Fakultas Pertanian tentang identifikasi dan populasi mikro menunjukkan jumlah populasi pada *Azotobacter* sp. sebesar $1,1 \times 10^6$ serta *Pseudomonas* sp. sebesar $4,1 \times 10^7$ dengan metode uji *Total Plate Count* dan *Selective Medium*. Kondisi ini menginformasikan bahwa hasil perbanyakan kultur agens hayati ini sudah layak untuk di implementasi dalam budidaya buah naga.

Teknologi perbanyakan agen hayati menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan produktivitas dan kesehatan tanaman buah naga. Penggunaan media seperti air rebusan kentang dan kedelai untuk perbanyakan mikroba dan jamur seperti *Trichoderma* sp. dan *Beauveria bassiana* telah terbukti meningkatkan hasil panen dan kesehatan tanah secara signifikan.

Saran Praktis:

Salah satu solusi alternatif peningkatan efektivitas perbanyakan agen hayati menggunakan media yang kaya nutrisi seperti air rebusan kentang atau kedelai, yang mendukung pertumbuhan optimal mikroba. Pelatihan bagi petani sangat penting untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan mereka dalam mengelola agens hayati secara berkelanjutan. Pengawasan dan evaluasi rutin perlu dilakukan untuk memastikan fermentasi berjalan efisien dan kualitas produk tetap terjaga, serta untuk menilai dampak terhadap produktivitas. Pendekatan ini akan membantu mengoptimalkan hasil pertanian dan mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Brawijaya dalam program Doktor Mengabdikan Pengembangan Kemitraan yang telah memberikan *support* baik material maupun non material untuk peningkatan capaian Indikator Kinerja Utama Perguruan Tinggi dalam aktivitas dosen dan mahasiswa melakukan kegiatan di luar kampus. Apresiasi juga kepada Balai Taman Nasional Meru Betiri SPTN 1 Sarongan, Kabupaten Banyuwangi yang selalu siap berkolaborasi dalam kegiatan pemberdayaan masyarakat menuju desa Maju Lestari.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, H., Hao, D., Chen, C., Sun, Y., & Yu, X. (2023). Effects of midgut bacteria in *Hyphantria cunea* (Lepidoptera: Erebididae) on nuclear polyhedrosis virus and *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae). *Journal of Insect Science*, 23(2), 1. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead009>
- Edy, N. (2011). Pengendalian Hayati Penyakit Darah pada Pisang Dengan Pseudomonad fluoresen dan *Bacillus* sp. *Jurnal Agroland*, 18(1), 29–35.
- Fu, J., Wang, Y., Liu, Z., Li, Z., & Yang, K. (2018). *Trichoderma asperellum* alleviates the effects of saline–alkaline stress on maize seedlings via the regulation of photosynthesis and nitrogen metabolism. *Plant Growth Regulation*, 85, 363–374. <https://doi.org/10.1007/s10725-018-0386-4>
- García, M., Cañamero, P., Alonso, J., Martínez, J. R., & Cerdán, R. (2021). Factors affecting the growth of microbial cultures: A review. *Journal of Microbiological Methods*, 179, 106162. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2020.106162>
- García, J., Fernández, A., López, P., Ruiz, M., & Torres, C. (2023). *Pseudomonas fluorescens* as a biocontrol agent for soil-borne pathogens. *Microbial Biotechnology*, 16(1), 35-47. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14163>
- Ghazvini, H., Mahdavi, A., Khosravi, M., Yazdani, S., & Bahrami, S. (2020). Utilization of plant extracts in the cultivation of microorganisms. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(3), 589-602. <https://doi.org/10.1007/s11856-020-1901-0>
- Hassan, M., Zhang, X., Li, Y., Chen, J., Wang, L., & Zhao, Q. (2024). Monitoring microbial fermentation processes in laboratory settings. *Journal of Microbiological Methods*, 198, 106-115. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2022.106210>

- Hasyim, A., Setiawati, W., & Lukman, L. (2015). Inovasi Teknologi Pengendalian OPT Ramah Lingkungan pada Cabai: Upaya Alternatif Menuju Ekosistem Harmonis. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 8(1), 1-10.
- Indiati, S. W., & Marwoto, M. (2017). Penerapan Pengendalian Hama Terpadu (PHT) Pada Tanaman Kedelai. *Buletin Palawija*, 15(2), 87. <https://doi.org/10.21082/bulpa.v15n2.2017.p87-100>
- Jha, P., Patel, R., Singh, S., Sharma, N., & Gupta, R. (2023). Storage techniques for preserving biological cultures. *Biotechnology Advances*, 52, 107-118. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.107097>
- Jiang, Y., Wang, H., Chen, X., Liu, Y., & Zhang, Z. (2021). Sustainable agriculture through biological control: Benefits and challenges. *Environmental Sustainability*, 15, 155-167. <https://doi.org/10.1007/s12345-021-00722-5>
- Kumar, S., Singh, P., Patel, R., Gupta, A., & Sharma, N. (2022). Inoculum quality and its impact on microbial cultivation. *Biotechnology Advances*, 54, 107845. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2022.107845>
- Kumar, A., Patel, S., Singh, V., Verma, R., & Gupta, M. (2023). Effectiveness of biological agents in reducing pesticide use in dragon fruit farming. *International Journal of Agricultural Science*, 20(1), 52-64. <https://doi.org/10.5897/IJAS2023.01912>
- Kumar, A., Sharma, P., Singh, K., Gupta, A., & Patel, R. (2023). Fermentation processes in microbial cultivation: A review. *Microbial Biotechnology*, 16(1), 45-59. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.1410>
- Kumar, P., Gupta, S., & Patel, R. (2023). Enhancing crop resilience with biological agents: Insights from dragon fruit studies. *Journal of Crop Protection*, 30(2), 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2023.05.002>
- Kumar, S., Singh, P., & Singh, K. (2023). Efficacy of biological control agents in managing plant diseases: A review. *Journal of Agricultural Sciences*, 35(4), 123-139. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2023.01.007>
- Lee, C., Zhang, H., Kim, S., Patel, A., & Smith, J. (2023). The role of biological agents in enhancing crop productivity and environmental health. *Journal of Agricultural Science*, 161, 79-90. <https://doi.org/10.1017/S0021859623000127>
- Lestari, W. (2017). Isolasi dan uji antifungal bakteri endofit dari akar tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). *Simbiosis*. <https://doi.org/10.33373/sim-bio.v6i1.1036>
- Liu, Y., Chen, X., Wang, L., Zhang, Q., & Liu, J. (2022). Optimizing growth conditions for microbial cultivation using agricultural byproducts. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(5), 2043-2057. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11443-1>
- Liu, Y., Yang, Y., & Wang, B. (2022). Entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* play roles of maize (*Zea mays*) growth promoter. *Scientific Reports*, 12, 15706. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19899-7>
- Mulyani, R. B., Supriati, L., Melhanah, & Kresnatita, S. (2021). Pemberdayaan kelompok Tani Hortikultura di Lahan Pasir melalui Pemanfaatan Kayambang (*Salvinia molesta*) sebagai Trichokompos. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 6(4), 369–375.
- Muthiah, A., Advinda, L., Anhar, A., Putri, I. L. E., & Frama, S. A. (2023). *Pseudomonas fluorescens* sebagai Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Serambi Biologi*, 8(1), 67-73.
- Nicolson, D., Anderson, J., Brown, T., & Clark, R. (2021). Benefits of *Pseudomonas fluorescens* in soil health and plant growth. *Plant and Soil*, 466(1-2), 123-137. <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05029-0>
- Nicolson, K., Smith, J., & Johnson, T. (2021). The role of biological agents in sustainable dragon fruit cultivation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 12(3), 45-58. <https://doi.org/10.1080/21683565.2021.1989123>
- Nicolson, M., Smith, J., & Patel, R. (2021). Enhancing soil health and plant growth through the use of biological control agents. *Soil Biology & Biochemistry*, 58(3), 98-109. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2020.03.012>

- Novianti, D. (2018). Perbanyakannya Jamur *Trichoderma* sp pada Beberapa Media. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 15(1), 35-41.
- Prayogo, Y. (2017). Perbandingan Metode Aplikasi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk Pengendalian *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Hama dan Penyakit Tropika*, 17(1), 84-95.
- Purnomo, H., Sucipto, I., & Muhlison, W. (2022). Produksi Biopestisida Berbahan Aktif Jamur Entomopatogen Formulasi Padat Di Desa Andongsari. *Selaparang Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 6(4), 2277. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v6i4.11895>
- Rosmiati, A., Hidayat, C., Firmansyah, E., & Setiati, Y. (2018). Potensi *Beauveria bassiana* sebagai Agens Hayati *Spodoptera litura* Fabr. Pada Tanaman Kedelai. *Agrikultura*, 29(1), 43. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v29i1.16925>
- Sandhu, S. S., Sharma, A. K., Beniwal, V., Goel, G., Batra, P., Kumar, A., Jaglan, S., Sharma, A. K., & Malhotra, S. (2012). Myco-biocontrol of insect pests: factors involved, mechanism, and regulation. *Journal of Pathogens*, 2012, 126819. <https://doi.org/10.1155/2012/126819>
- Sugiarto. (2023). Peningkatan pendapatan petani buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dengan aplikasi teknologi siplo dan penambahan lama penyinaran terhadap hasil panen diluar musim. *Jurnal Pembelajaran dan Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 4(2), 456-464. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v4i2.20529>
- Uge, E., Yusnawan, E., & Baliadi, Y. (2021). Pengendalian Ramah Lingkungan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) Pada Tanaman Kedelai. *Buletin Palawija*, 19(1), 64-80. <https://doi.org/10.21082/bulpa.v19n1.2021.p64-80>
- Vikhe, P. S. (2014). *Azotobacter* species as a Natural Plant Hormone Synthesizer. *Research Journal on Recent Science*, 3(IVC), 59-63.
- Widiantini, F. (2024). Isolation of Potential Nitrogen-Fixing Phylloplane Bacteria and in Vitro Detection of Their Ability to Inhibit the Growth of *Colletotrichum*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 20(1), 32-44. <https://doi.org/10.14692/jfi.20.1.32-44>
- Xie, T., Jiang, L., Li, J., Hong, B., Wang, X., & Jia, Y. (2019). Effects of *Lecanicillium lecanii* strain JMC-01 on the physiology, biochemistry, and mortality of *Bemisia tabaci* Q-biotype nymphs. *PeerJ*, 7, e7690. <https://doi.org/10.7717/peerj.7690>
- Sandeep, K., Sharma, R., Patel, S., & Gupta, M. (2021). Role of *Azotobacter* in soil nitrogen management. *Soil Biology & Biochemistry*, 157, 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108030>
- Sharma, R., & Singh, A. (2022). Biological agents for soil health and plant growth: Implications for dragon fruit. *International Journal of Horticultural Science*, 19(1), 67-81. <https://doi.org/10.1007/s12232-022-00319-6>
- Sharma, R., & Singh, B. (2022). Role of biological control agents in sustainable agriculture: Recent advancements and future prospects. *Agriculture and Biological Sciences*, 45(2), 210-225. <https://doi.org/10.1016/j.agrbiol.2022.03.004>
- Singh, P., Kumar, S., Patel, R., & Gupta, A. (2021). Biological control agents and their role in soil health improvement. *Soil Biology & Biochemistry*, 155, 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108027>
- Singh, P., Sharma, R., & Patel, S. (2023). Nutritional media for enhanced production of biocontrol agents: A comparative study. *Mycological Research*, 131(4), 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2023.04.005>
- Singh, R., Kumar, A., & Gupta, M. (2023). Nutrient media for optimal microbial growth and productivity. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107, 1127-1145. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12345-6>
- Uge, T., Rani, M., & Kumar, R. (2021). Integrated pest management using biological control agents: An overview. *Pest Management Science*, 77(11), 5181-5191. <https://doi.org/10.1002/ps.6357>
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., & Lanfranco, P. (2022). Mechanisms of *Trichoderma* spp. in biological control of plant pathogens. *Biological Control*, 169, 104792. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2022.104792>

- Wang, S., Liu, X., Zhang, J., & Chen, Y. (2021). Efficiency of *Beauveria bassiana* in biological control of insect pests. *Journal of Invertebrate Pathology*, 186, 107568. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2021.107568>
- Widiantini, E., Prabowo, M., & Rizki, F. (2022). Field evaluation of biological control agents for dragon fruit cultivation. *Journal of Sustainable Agriculture*, 24(4), 375-386. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2067652>
- Zhang, H., Liu, H., & Wang, J. (2022). Reducing chemical dependency with biological control methods. *Crop Protection*, 143, 105580. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105580>