

Efektivitas *Seed Coating* Berbahan Aktif Jamur Antagonis Mengendalikan Penyakit Rebah Kecambah Pada Bibit Cabai

Effectiveness of Seed Coating With Antagonistic Fungi to Controlling Damping Off Disease in Chili Seeds

Rahmawati Budi Mulyani^{1*}, Erina Riak Asie¹, Oesin Oemar¹, Melhanah¹ Dan Rima Damayanti²

¹Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya

²Alumni Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya

*E-mail : rahmawati.mulyani@agr.upr.ac.id

ABSTRACT

*This study aims to determine the inhibitory ability of antagonistic fungi from the rhizosphere of pepper (*Piper nigrum* L.), betel nut (*Piper betle* L.) and Bawang Suna (*Allium cinense* G. Don.) against *Fusarium oxysporum capsici* which causes damping off disease and its effectiveness as a seed coating against damping off disease in chili seedlings. The research was carried out in the laboratory and experimental garden of the Department of Agricultural Cultivation, Faculty of Agriculture, Universitas Palangka Raya. Testing the antagonistic inhibition of *F.o.capsici* in vitro, where the antagonistic fungus with the highest inhibition from each plant rhizosphere was used as a seed coating for chili seeds to determine its effectiveness in suppressing damping off disease on seedlings. The results of the study obtained nine antagonist fungi with very good inhibition against the pathogen *F.o.capsici* in vitro ranging from 70.36 – 77.74%. Three types of antagonistic fungi that are used as active ingredients in seed coatings are *Gliocladium* sp. from pepper rhizosphere (73.53% inhibition), *Penicillium citrinum* from betel rhizosphere (77.74% inhibition), and *Trichoderma harzianum* from suna onion rhizosphere (70.83%). The seed coating treatment with active ingredients from three types of biological agents significantly reduced the intensity of damping off disease (0%) compared to the control (23.75%). Control effectiveness reaches 100% with very good category. Seed coating with active ingredients of *T. harzianum* and *Gliocladium* sp was able to increase plant height by 34.06% and 43.11%, respectively, but there was no significant difference in increasing the number of leaves. Seed coating treatment with biological agents effectively protects seeds and plant seedlings from attack by pathogens *F.o. capsici* through mechanisms such as antibiosis, parasitism and competition, besides that rhizosphere fungi can induce plant resistance and produce growth regulators which can increase the growth of chili seedlings. It is hoped that in the future the seed coating treatment added with biological agents can replace the use of chemical pesticides in controlling soil-infected diseases.*

Keywords: Antagonist, chili, damping-off, *Fusarium oxysporum capsici*, seed coating

Disubmit: 09 Oktober 2023, **Diterima:** 17 November 2023, **Disetujui:** 05 Februari 2024 ;

PENDAHULUAN

Cabai besar (*Capsicum annum* L.) memiliki nilai ekonomis tinggi dan merupakan komoditas dalam negeri yang banyak dikonsumsi masyarakat. Kebutuhan tanaman cabai selalu meningkat, akan tetapi di



Lisensi

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

dalam budidayanya banyak menghadapi kendala, salah satunya adalah serangan penyakit rebah kecambah (*damping-off*) yang sering terjadi di pembibitan tanaman cabai. Penyakit *damping-off* umumnya terjadi pada bibit yang baru saja berkecambah. Penyakit ini dapat menyebabkan kerusakan yang hebat, pembusukan, dan kematian bibit. Serangan pada benih menyebabkan kebusukan di dalam tanah sebelum benih muncul ke permukaan tanah. Pada bibit yang muda, pangkal batang dapat terserang menjadi kebasah-basahan, mengkerut, sehingga semai roboh dan mati (Istikorini dan Sari, 2020). Penyakit rebah kecambah umumnya disebabkan oleh patogen tular tanah seperti *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* Kuhn, *Phytium* sp., dan *Phytophthora* spp. (Muslim *et al.*, 2018)

Fusarium oxysporum f.sp *capsici* (*F.o.capsici*) merupakan salah satu patogen yang menimbulkan penyakit layu dan rebah kecambah pada tanaman cabai. Penyakit ini sangat merugikan, terutama pada bibit yang berumur 2-3 minggu setelah semai. Serangan pada persemaian dapat langsung mematikan, sedang pada tanaman dewasa, kadang mengalami kematian atau kerusakan yang berat sebelum panen. Di Jawa Barat dan Jawa Timur serangan patogen ini dapat merusak tanaman sebesar 16,17 % hingga 30% (Semangun, 2002).

Pengendalian penyakit layu *Fusarium* selama ini dengan menggunakan fungisida sintetik. Hasyim *et al.* (2015) melaporkan bahwa terdapat lebih dari 60 jenis pestisida yang digunakan petani dengan frekuensi penggunaan berkisar antara 2-3 hari sekali dalam setiap minggu atau sekitar 35-50% dari total biaya produksi. Penggunaan pestisida secara intensif ini seringkali menimbulkan dampak negatif, baik terhadap lingkungan maupun produk hasil pertanian.

Pengendalian biologi dengan memanfaatkan agens hayati merupakan alternatif untuk mengurangi penggunaan pestisida kimia, karena paling aman dan cukup efektif untuk mengendalikan patogen tersebut. Salah satu cara untuk membawa agen hayati pada benih adalah melalui pelapisan benih (*seed coating*). Cara ini dinilai lebih baik, karena petani dapat menanam benih tanpa memberikan perlakuan tambahan. Seed coating merupakan salah satu metode untuk memperbaiki mutu benih menjadi lebih baik dengan penambahan bahan tertentu pada formula coating. Seed coating dapat mengendalikan dan meningkatkan perkecambahan serta berpotensi digunakan untuk inokulasi benih dengan mikroorganisme hidup, dapat melindungi benih dari hama dan penyakit tanaman yang menyerang saat persemaian dan awal musim tanam, meningkatkan vigor bibit, serta mengurangi penggunaan pestisida saat menanam.

Perlakuan *seed coating* benih padi dengan *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus subtilis* mampu menekan pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) (Palupi *et al.*, 2013). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa penyalutan benih tomat dengan kombinasi agens hayati *Trichoderma* sp. dan *Actinomyces* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat dan mampu menekan penyakit layu *Fusarium* hingga 43% - 55% (Laila *et al.*, 2016). Oleh karena itu perlu dikaji efektivitas jamur antagonis yang diisolasi dari rizosfer tanaman Lada, Sirih dan Bawang Suna terhadap patogen *F.o.capsici* dan diformulasi sebagai pelapis benih (*seed coating*) berbahan aktif jamur antagonis untuk melindungi benih dan bibit cabai terhadap penyakit rebah kecambah (*damping-off*).

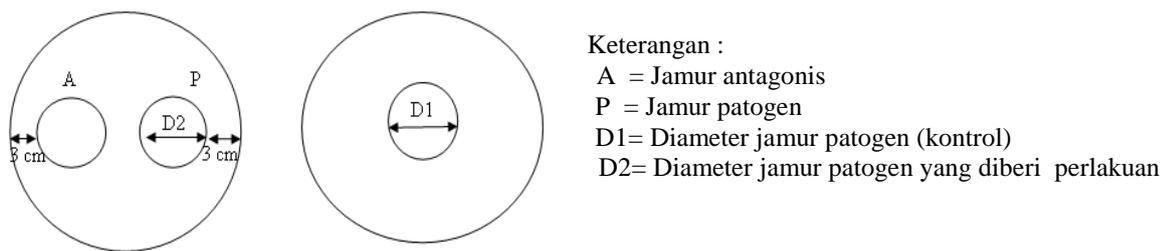
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2020 sampai dengan Oktober 2020. Kegiatan penelitian dilaksanakan secara berseri yang terdiri dari dua tahap. Percobaan tahap pertama, yaitu uji daya penghambatan agens hayati terhadap patogen *F.o. capsici* secara *in vitro* di laboratorium, dan tahap kedua dilaksanakan di rumah plastik yaitu pengujian *seed coating* agens hayati pada benih cabai untuk menekan penyakit *damping-off* pada bibit cabai. Seluruh tahapan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Budidaya Pertanian dan Kebun Percobaan, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya.

Isolasi dan Pemurnian Jamur Patogen *F.o. capsica*. Patogen *F.o. capsici* diisolasi dari jaringan tanaman sakit di lahan petani yang bergejala rebah kecambah, layu dan terlihat warna coklat pada jaringan yang nekrosis. Selanjutnya potongan jaringan yang sakit ditumbuhkan pada media PDA dan diinkubasikan

selama 5-8 hari pada suhu 27-28°C, miselium jamur yang tumbuh selanjutnya direisolasi hingga diperoleh isolat murni (Utami *et al.*, 2023). Identifikasi patogen menggunakan mikroskop dengan mengamati bentuk konidia dan hifa jamur patogen merujuk pada Barnett and Hunter (2006).

Peremajaan jamur antagonis dan pengujian secara kultur ganda. Koleksi sembilan isolat jamur antagonis yang diperoleh dari rizosfer lada, sirih dan bawang suna diremajakan kembali pada media PDA, selanjutnya digunakan untuk pengujian daya hambat terhadap *F.o.capsici* dengan metode kultur ganda (*dual culture methode*). Inokulum jamur antagonis dan *F.o.capsici* diletakkan secara berdampingan di atas media PDA dalam cawan petri dengan jarak 3 cm dari tepi cawan, dan 3 cm antar inokulum. Kemampuan antagonis dari jamur rizosfer ditentukan berdasarkan persentase daya hambat terhadap diameter jamur patogen (Gambar 1).



Gambar 1. Metode kultur ganda pengujian daya hambat jamur antagonis dan patogen

Pengujian *in vitro* Penghambatan Jamur Antagonis terhadap *F.o.capsici* Variabel Pengamatan Persentase Penghambatan (%). Daya hambat jamur antagonis terhadap patogen *F.o.capsici* dilakukan dengan mengukur diameter koloni jamur patogen pada cawan petri diberi perlakuan jamur antagonis, kemudian dibandingkan dengan diameter koloni patogen pada cawan petri kontrol. Persentase penghambatan dihitung berdasarkan rumus Skidmore & Dickinson (1976) dalam Hasanah (2017) yaitu : $PA = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100\%$

Keterangan : PA = Persentase penghambatan antagonis; D1 = Pertumbuhan diameter jamur patogen *F.o.capsici* (kontrol); D2 = Diameter jamur patogen *F.o.capsici* yang diberi perlakuan jamur antagonis

Selain daya hambat, mekanisme jamur antagonis menghambat patogen dapat berupa kompetisi, mikoparasit, dan antibiosis. Hal tersebut dapat diamati secara makroskopis mengamati pertumbuhan kedua koloni jamur dalam memperebutkan substrat sebagai tempat hidupnya, dan pengamatan mikroskopis. dilakukan dengan menggunakan slide culture yaitu dengan cara mengambil potongan hifa berukuran 1 cm × 1 cm dengan scalpel secara aseptik pada daerah persinggungan antara koloni agens hayati dan koloni *F.o.capsici* pada umur 2 hari setelah isolasi (hsi). Potongan biakan kemudian diletakkan pada slide glass dan ditutup dengan cover glass, selanjutnya diamati di bawah mikroskop. Mekanisme interaksi yang terjadi antara agens hayati dengan jamur patogen didasarkan pada kriteria sebagai berikut, yaitu : Kompetisi : koloni agens hayati menutupi koloni patogen dan pertumbuhan agens hayati lebih cepat memenuhi cawan petri, pada daerah kontak hifa patogen mengalami lisis; Antibiosis : terbentuk zona kosong di antara jamur patogen dengan agens hayati, terdapat perubahan bentuk hifa patogen, dan dihasilkan pigmen di permukaan bawah koloni agens hayati; Parasitisme : hifa agens hayati tumbuh di atas hifa patogen, pada daerah kontak ditemukan hifa agens hayati melilit hifa patogen, serta mengalami lisis, hifa abnormal (bengkak) (Amaria *et al.*, 2015).

Pengujian *in vivo* Efektivitas Seed coating berbahan aktif Agens Hayati Terhadap Penyakit Rebah Kecambah pada Bibit Cabai. Pengujian efektivitas agens hayati terhadap perkembangan penyakit rebah kecambah dan pertumbuhan bibit cabai dilakukan dengan metode pelapisan benih (*seed coating*) berbahan aktif jamur antagonis. Setiap jamur antagonis dari tiga rizosfer tanaman lada, bawang suna dan

sirih dipilih masing-masing satu jenis yang memiliki daya penghambatan lebih dari 70% (sangat baik), kestabilan daya penghambatan dan kecepatan pertumbuhan dalam menghambat patogen digunakan sebagai bahan aktif pelapis benih cabai (*seed coating*).

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 5 perlakuan bahan aktif *seed coating* (S) dan 1 perlakuan fungisida kimia sebagai pembanding. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Perlakuan tersebut adalah sebagai berikut :

S0 = tanpa agens hayati dan tanpa inokulasi patogen (kontrol negatif)

S1 = tanpa agens hayati dan inokulasi patogen (kontrol positif)

S2 = agens hayati rizosfer bawang suna

S3 = agens hayati rizosfer lada

S4 = agens hayati rizosfer sirih

S5 = Fungisida kimia (Metalaksil 35 %)

Pembuatan Suspensi Agens Hayati. Agens hayati yang terpilih diperbanyak pada substrat beras. Beras terlebih dahulu dicuci bersih kemudian dikukus setengah matang selama 15-20 menit. Setelah beras dingin, dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas sebanyak 100 g per bungkus dan disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Sebanyak 3 potong biakan murni jamur agens hayati masing-masing berukuran 5 mm dipindahkan ke dalam plastik yang berisi substrat beras, dilakukan secara aseptik dalam laminar air flow (LAF). Plastik ditutup rapat dan disimpan di dalam ruangan yang gelap pada suhu kamar selama 7 hari. Suspensi agens hayati dengan kerapatan 10^7 konidia ml^{-1} disiapkan dengan cara menambahkan 100 ml aquades steril ke dalam 100 g substrat beras yang sudah ditumbuhi agens hayati. Selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring untuk memisahkan substrat beras dan suspensi konidia, kemudian dihomogenkan menggunakan *shaker* (Anggarawati *et al.*, 2017).

Pelapisan (*seed coating*) Benih Cabai. Benih cabai besar yang digunakan adalah Varietas Baja F1. Benih terlebih dahulu didisinfeksi dengan merendam benih dalam alkohol 70% selama 2 menit, kemudian dicuci dengan aquades sebanyak tiga kali dan dikering-anginkan dalam LAF selama 60 menit. Bahan perekat yang digunakan untuk proses *seed coating* adalah tepung tapioka sebanyak 20 g dilarutkan dalam 100 ml suspensi agens hayati, kemudian diaduk hingga homogen menggunakan *magnetic stirrer*. Benih cabai sebanyak 10 g direndam dalam larutan tersebut selama 20 menit sampai merata, kemudian disaring menggunakan saringan berukuran 18 mesh untuk menghilangkan larutan yang tersisa. Benih diletakkan dalam cawan petri yang dialasi kertas saring, kemudian dikering-anginkan dalam LAF selama 24 jam (Madyasari, 2017).

Penanaman Benih dan inokulasi *F.o.capsici*. Media tanam berupa tanah mineral dan pupuk kandang yang sudah disterilkan terlebih dahulu. Setiap polibag diisi dengan 5 kg tanah mineral dan pupuk kandang dengan dosis 20 ton ha^{-1} ($45,45 \text{ g polibag}^{-1}$), kemudian diinkubasi selama 7 hari. Benih cabai yang sudah diberi perlakuan *seed coating* agens hayati ditanam dalam polibag, setiap polibag ditanam 5 benih cabai. Pada perlakuan fungisida kimia dengan dosis 2 g metalaksil untuk 1 kg benih yang dilumuri secara merata.

Inokulasi patogen dilakukan bersamaan saat penyemaian benih dengan penyiraman suspensi *F.o.capsici* ke media tanam sebanyak 10 ml polibag⁻¹. Kemudian benih cabai dipelihara selama 30 hari, dan dilakukan pengamatan setiap hari sampai tanaman berumur 4 MST (Salim, 2012).

Variabel Pengamatan Intensitas serangan penyakit rebah kecambah. Intensitas serangan dihitung dengan menggunakan rumus $IS = \frac{\sum(n \times v)}{N \times Z} \times 100\%$ (Lestari, 2020) dimana, I = Intensitas serangan; n = Jumlah bibit yang terserang; N = jumlah benih yang disemai; Z = harga numerik dari nilai kategori tertinggi; dan v = Harga numerik dari setiap nilai kategori (0-4).

Tabel 1. Nilai Kategori

Skor	Gejala
0	Tanaman sehat (tidak ada serangan)
1	Ada bintik kecil yang berukuran <2,5mm pada pangkal batang dan tingkat serangan antara 0-25%
2	Serangan berat, bintik membesar berukuran antara 2,5-5 mm dan tingkat serangan antara 25-50%
3	Serangan semakin berat, bintik semakin membesar, tanaman menjadi layu, berukuran >5 mm dan tingkat serangan antara 50-80%
4	Tanaman mati, baik pada <i>pre-emergence damping off</i> dan <i>post-emergence damping off</i> dan tingkat serangan >80%

Efektivitas penghambatan

Efektivitas antagonis dihitung dengan rumus $Ea = \frac{IPK-IPP}{IPK} \times 100\%$

Keterangan :

Ea = Efektivitas antagonis

IPK = Intensitas penyakit pada kontrol (tanpa perlakuan)

IPP = Intensitas penyakit dengan perlakuan.

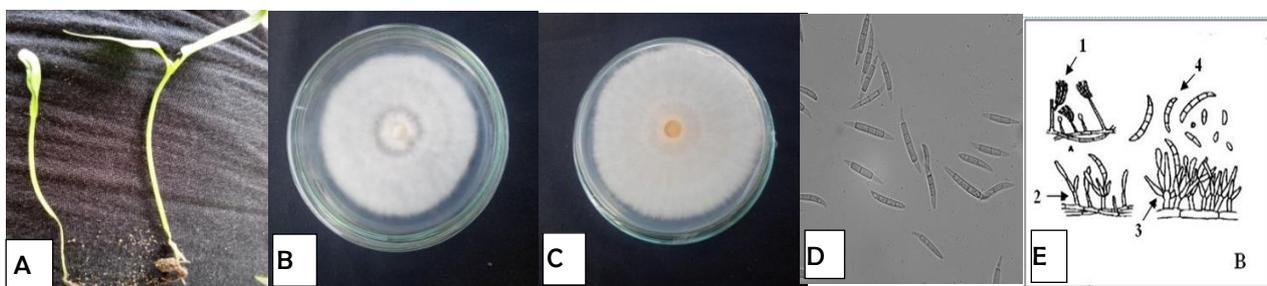
Kategori nilai keefektifan adalah Sangat baik ($Ea > 69\%$); Baik ($Ea = 50-69\%$); Kurang baik ($Ea = 30-49\%$) dan Tidak baik ($Ea < 30\%$) (Sukamto, 2003 dalam Supriati *et al.*, 2019).

Tinggi bibit tanaman (cm) dan Jumlah daun (helai). Tinggi bibit tanaman cabai diukur mulai umur 1 minggu setelah tanam (mst) hingga umur 4 mst dengan cara mengukur tinggi tanaman dari atas permukaan tanah sampai ujung bagian tanaman tertinggi dengan menggunakan penggaris. Demikian pula variabel jumlah daun dihitung mulai umur 1 mst hingga umur 4 mst. Kriteria daun yang dihitung adalah daun yang telah membuka sempurna.

Analisis Data. Data intensitas serangan penyakit, tinggi bibit dan jumlah daun tanaman cabai dianalisis menggunakan uji F taraf nyata 5% dan 1%. Apabila terdapat pengaruh perlakuan dilanjutkan dengan uji BNJ taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Jamur Patogen. Karakteristik makroskopis dan mikroskopis jamur patogen merujuk pada Barnett dan Hunter (2006), diketahui bahwa patogen yang menyebabkan gejala rebah kecambah dan layu pada bibit cabai adalah *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* (*F.o.capsici*) (Gambar 2).



Gambar 2. A. Gejala rebah kecambah pada bibit cabai. B. Koloni *F.o.capsici* tampak atas. C. Koloni *F.o.capsici* tampak bawah. D. Morfologi makrokonidia *F.o.capsici*. (A-D dokumentasi pribadi, 2021). E. Morfologi konidia dan konidiofor *F.oxysporum* (Barnett & Hunter, 2006).

Koloni patogen *F.o.capsici* pada bagian tengah dan tepi koloni berwarna putih, kemudian semakin tua pada bagian tengah koloni berubah menjadi merah muda. Sesuai dengan pernyataan Utami (2017) dan Hasanah (2017), bahwa miselium *F.o.capsici* pada media PDA berwarna putih kemudian semakin tua berubah warna menjadi merah muda hingga keunguan, hifa kasar dan berserabut serta tepinya bergerigi. Barnett & Hunter (2006) menjelaskan bahwa jamur *F. oxysporum* memiliki miselium seperti kapas, tumbuh cepat dengan bercak-bercak berwarna abu-abu merah muda atau kuning. Mikrokonidia berbentuk lonjong, bersel 1, memiliki bentuk bulat telur atau lonjong, tunggal atau rantai. Konidiofor berbentuk ramping dan sederhana, bercabang tidak teratur.

Persentase Penghambatan Jamur Antagonis Terhadap *F.o.capsici*. Hasil pengujian sembilan isolat jamur antagonis yang berpotensi sebagai agens hayati diperoleh dari rizosfer tanaman lada, bawang suna dan sirih, diketahui memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *F.o.capsici* secara *in vitro* (Tabel 2). Jamur rizosfer yang berpotensi sebagai agens hayati memiliki persentase penghambatan terhadap patogen yang sangat baik yaitu > 70 % dan kestabilan daya penghambatan pada 2 kali pengujian. Sembilan jamur antagonis tersebut dapat menghambat pertumbuhan *F.o.capsici* dengan persentase penghambatan yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh isolat-isolat yang memiliki daya hambat ≥ 70 %, yaitu isolat LD1 (73,53%), LD2 (72,82%), LD3 (72,52%), SR2 (73,94%), SR3 (77,74%), BS1 (70,36%) dan BS2 (70,83 %).

Isolat yang memiliki daya hambat tertinggi dan kestabilan daya hambat akan digunakan sebagai bahan aktif *seed coating* pada pengujian *in planta*. Isolat *Gliocladium* sp. asal rizosfer sirih (SR1) dan *Trichoderma* sp. asal bawang suna (BS3) terhadap *F.o.capsici* hanya memiliki daya hambat di bawah 70 %. Perbedaan ini terjadi karena jamur antagonis dari rizosfer tanaman yang berbeda kemungkinan memiliki kemampuan daya hambat yang berbeda pula. Sejalan dengan pernyataan Maulana *et al.* (2016) dan Lestari (2020) bahwa agens hayati *Trichoderma* sp. yang berasal dari rizosfer putri malu dan cabai rawit yang sehat memiliki daya hambat yang tidak sama dalam menekan patogen *F.o.capsici*, namun masih dalam kisaran sangat baik yaitu sebesar 70%-80%. Jamur rizosfer merupakan salah satu kelompok mikroorganisme yang dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap berbagai penyakit, baik penyakit terbawa benih (*seed borne*) maupun terbawa tanah (*soil borne*) (Lestari, 2020). Banyak jenis jamur dapat diisolasi dari rizosfer tanaman budidaya seperti bawang daun, bawang suna, dan bambu. Jamur antagonis yang umum ditemukan seperti *T. harzianum* dan *Aspergillus flavus* dapat memacu pertumbuhan tanaman sehingga termasuk dalam kelompok *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) (Tarigan, 2019).

Tabel 2. Daya penghambatan jamur antagonis terhadap *F.o.capsici* secara *in vitro* (%).

Isolat jamur Antagonis	Persentase Daya Hambat (HSI)							Rata-Rata (%)
	1	2	3	4	5	6	7	
LD1	66,67	68,61	73,54	76,48	76,48	76,48	76,48	73,53
LD2	61,25	68,06	73,75	76,67	76,67	76,67	76,67	72,82
LD3	54,58	67,78	75,63	77,41	77,41	77,41	77,41	72,52
BS1	65,00	64,17	70,00	73,33	73,33	73,33	73,33	70,36
BS2	69,17	68,06	68,96	72,41	72,41	72,41	72,41	70,83
BS3	64,58	59,17	61,67	65,93	65,93	65,93	65,93	64,16
SR1	59,50	53,06	56,04	60,93	60,93	60,93	60,93	58,90
SR2	69,58	69,44	73,33	76,30	76,30	76,30	76,30	73,94
SR3	61,67	73,61	80,00	82,22	82,22	82,22	82,22	77,74

Keterangan : LD = rizosfer lada; BS = rizosfer bawang suna; SR = rizosfer sirih. Isolat LD1 (*Gliocladium* sp.); LD2 (*P. citrinum*); LD3 (*P. pinophilum*); BS1 (*Gliocladium* sp.); BS2 (*T. harzianum*); BS3 (*Trichoderma* sp.); SR1 (*Gliocladium* sp.); SR2 (*T. harzianum*); SR3 (*P. citrinum*).

Berdasarkan hasil uji daya hambat ditentukan masing-masing satu isolat dari tiga rizosfer tanaman berbeda yang mempunyai persentase penghambatan tertinggi, yaitu isolat LD1 (*Gliocladium* sp.), BS2 (*T. harzianum*) dan SR3 (*P. citrinum*) untuk diuji lebih lanjut secara *in planta*.

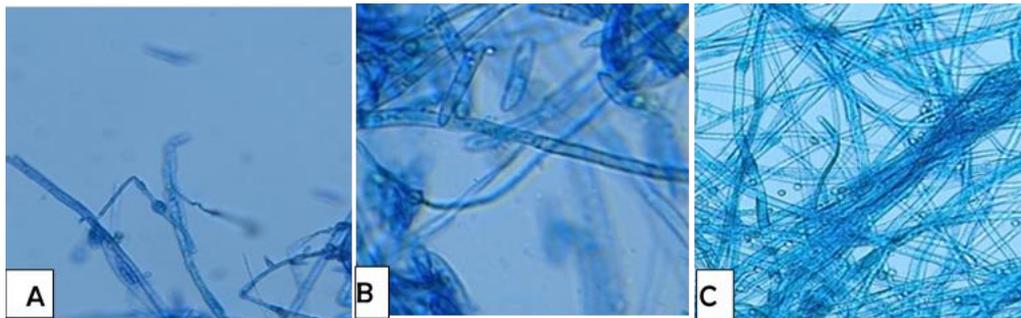
Mekanisme antagonisme dari tiga jenis jamur rizosfer secara makroskopis berupa kompetisi ruang dan nutrisi antara koloni patogen dengan patogen *F.o. capsici* (Gambar 3).



Gambar 3. Uji antagonis jamur rizosfer terhadap *F.o. capsici*. 7 HSI. A. Isolat LD1 (*Gliocladium* sp.). B. Isolat BS2 (*T. harzianum*). C. Isolat SR3 (*P. citrinum*)

Terdapat perbedaan presentase penghambatan dalam setiap perlakuan jamur antagonis. Hal ini dapat diakibatkan oleh mekanisme penghambatan agens hayati. Hubungan antara agens hayati dengan patogen dapat terjadi melalui parasitisme, antibiosis, kompetisi, predasi dan lisis. Mekanisme antagonis dari *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. terhadap patogen adalah hiperparasitisme, antibiosis atau lisis, maupun kombinasi keduanya. Di alam, agens hayati dapat memiliki satu atau lebih mekanisme untuk menekan pertumbuhan patogen. Kecepatan pertumbuhan jamur antagonis merupakan indikator mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi dengan patogen. Semakin cepat pertumbuhan jamur antagonis maka semakin efektif menekan pertumbuhan patogen (Amaria *et al.*, 2015). Kompetisi merupakan mekanisme yang terjadi antara dua atau lebih mikroorganisme yang menggunakan atau memperebutkan makanan (karbon dan nitrogen) atau sumber mineral yang sama. Selain itu, mekanisme ini juga terjadi dengan cara kompetisi dalam menempati habitat atau inang yang sama. Mikroorganisme yang satu dapat mengalahkan mikroorganisme lainnya karena pertumbuhannya lebih cepat sehingga dapat menggunakan secara efisien sumber makanannya.

Gliocladium sp. mampu memproduksi antibiosis yang dapat menghambat pertumbuhan hifa cendawan patogen. Penetrasi hifa oleh *Trichoderma* sp. mengakibatkan adanya perubahan unsur kimia dan partikel pada dinding sel sehingga dapat memengaruhi permeabilitas dinding sel patogen. Hifa antagonis yang berhasil melakukan penetrasi akan menyerap nutrisi sehingga hifa jamur patogen dapat mengecil dan mati (Dwiastuti *et al.*, 2015). Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan respon hifa jamur patogen akibat interaksi dengan jamur antagonis. Hifa mengalami lisis, malformasi dan adanya lilitan (Gambar 4).



Gambar 4. Morfologi hifa patogen *F.o. capsici* pada perlakuan jamur antagonis A. Lisis pada isolat LD1 (*Gliocladium* sp.). B. Lisis dan membengkak pada isolat BS2 (*T. harzianum*). C. Pelilitan pada isolat SR3 (*P. citrinum*)

Jamur antagonis dari genus *Trichoderma* sp. yang mempunyai mekanisme kompetisi dan parasitisme, umumnya memiliki spektrum penghambatan yang lebih luas dan lebih kuat sehingga menyebabkan patogen tidak dapat tumbuh. Aktivitas parasitisme dari *Trichoderma* sp. terhadap patogen *F.o. capsici* menghasilkan senyawa kimia yang bersifat toksik dan enzim yang mampu mendegradasi sel patogen. Menurut Amaria *et al.* (2015), pada pengendalian hayati menggunakan *Trichoderma* sp. menunjukkan bahwa hifa parasit. akan tumbuh sejajar dengan hifa patogen dan membentuk cabang-cabang samping seperti pengait di sekeliling hifa dan mampu menembus hifa patogen, hal ini akan menyebabkan hifa patogen membesar dan lisis. Mekanisme lisis ditandai dengan berubahnya warna hifa jamur patogen menjadi bening dan kosong, kemudian ada yang putus, dan akhirnya hancur. Dilaporkan oleh Lestari *et al.* (2021), bahwa efikasi beberapa agens hayati seperti *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. mampu menghambat pertumbuhan dari cendawan *Pyricularia grisea* penyebab penyakit blas secara signifikan yaitu sebesar 67.04 % dan 51.85%. *Penicillium* sp. merupakan jenis jamur yang sudah banyak digunakan untuk pupuk organik, antara lain *P. aculeatampa*, *P. albidum*, *P. rubrum* (Lestari dan Mukhlis, 2017).

Penicillium citrinum telah dipatenkan sebagai pupuk organik dan diketahui berfungsi sebagai penghasil giberellin, peningkat pertumbuhan tanaman, pencegah penyakit tanaman dan penghasil zat metabolik. Isolat *P. citrinum* P3.10 merupakan jamur endofit daun dari tanaman rawa gambut yang telah dianalisis melalui analisis molekular, dimanfaatkan sebagai pupuk hayati (Hakim *et al.*, 2019). Dilaporkan oleh Sari *et al.* (2023) bahwa jamur *P. citrinum* isolat MEBP0017 berpotensi untuk dikembangkan sebagai kandidat antifungi terhadap patogen pada tanaman rami termasuk *Fusarium* spp. dan *Clonostachys rosea* strain B304.

Sebelumnya Mulyani *et al.* (2018) melaporkan bahwa *Trichoderma* sp. asal rizosfer bawang daun memiliki daya hambat sangat tinggi terhadap patogen *S. rolfsii* mencapai 94,4%, sedangkan *Aspergillus* sp. yang diisolasi dari jaringan endofit bawang daun mencapai 83,3%. Jamur *Gliocladium* sp., *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp., dan *Aspergillus* sp. berpotensi digunakan sebagai agen hayati untuk mengendalikan jamur patogen *Phyium* sp. namun secara *in vitro* ketiganya lebih baik dibandingkan dengan *Penicillium* sp. Mekanisme antagonis *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. adalah kompetisi, antibiosis, lisis, dan parasitisme, sedangkan *Penicillium* sp. hanya bersifat antibiosis.

Intensitas Serangan Penyakit Rebah Kecambah. Serangan penyakit rebah kecambah pada bibit cabai terjadi pada umur 3 - 4 MST. Berdasarkan analisis ragam terdapat pengaruh sangat nyata perlakuan *seed coating* berbahan aktif agens hayati terhadap intensitas serangan patogen *F.o. capsici*. Hasil uji BNJ diketahui terdapat perbedaan nyata besarnya intensitas serangan pada perlakuan agens hayati pada bibit cabai dibandingkan tanpa perlakuan *seed coating* (Tabel 3).

Tabel 3. Intensitas Serangan dan Efektivitas Pengendalian Penyakit Rebah Kecambah pada Perlakuan *seed*

coating berbahan aktif agens hayati (%)

Perlakuan <i>Seed coating</i> bahan aktif agens hayati	Intensitas Serangan		Efektivitas Pengendalian (%)	Kategori Efektivitas
	3 MST	4 MST		
S0 (Tanpa seed coating + tanpa <i>F.o.capsici</i>)	8,75 ^{ab}	8,75 ^{ab}	0	-
S1 (Tanpa seed coating + <i>F.o.capsici</i>)	21,25 ^b	23,75 ^b	0	-
S2 (Seed coating <i>T.harzianum</i> + <i>F.o.capsici</i>)	0,00 ^a	0,00 ^a	100	Sangat baik
S3 (Seed coating <i>Gliocladium</i> sp. + <i>F.o.capsici</i>)	0,00 ^a	0,00 ^a	100	Sangat baik
S4 (Seed coating <i>P. citrinum</i> + <i>F.o.capsici</i>)	0,00 ^a	0,00 ^a	100	Sangat baik
S5 (Seed coating b.a. Metalakasil 35% + <i>F.o.capsici</i>)	10,00 ^{ab}	10,00 ^{ab}	57,89	Baik
BNJ 5%	5,56	5,46	-	-

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom, tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%. Data dianalisis menggunakan transformasi Arc sin.

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata intensitas serangan penyakit tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa seed coating dan diinokulasi *F.o.capsici* (S1), berbeda nyata dengan perlakuan seed coating berbahan aktif agens hayati *T. harzianum* (S2), *Gliocladium* sp. (S3) dan *P. citrinum* (S4) dimana tidak terdapat serangan penyakit rebah kecambah hingga 4 MST. Perlakuan berbahan aktif agens hayati ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan fungisida berbahan aktif Metalakasil. Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan agens hayati yang diaplikasikan sebagai pelapis benih (*seed coating*), bersamaan waktunya dengan inokulasi patogen *F.o. capsici* juga menunjukkan pengaruh yang nyata dalam menghambat keparahan penyakit. Keparahen penyakit pada benih yang diberi agens hayati jauh lebih rendah dibandingkan dengan kontrol, dengan efektivitas pengendalian yang sangat baik mencapai 100%, dan tidak berbeda nyata dibandingkan dengan penggunaan fungisida kimia berbahan aktif Metalakasil 35%. Oleh karena itu, *seed coating* benih cabai berbahan aktif agens hayati diharapkan dapat menggantikan pengendalian menggunakan pestisida di masa yang akan datang.

Penyakit rebah kecambah sangat berbahaya bagi bibit yang berumur kurang dari 3 minggu karena pada fase ini bibit dalam keadaan lemah dan rentan terhadap serangan patogen. Pada penelitian ini gejala serangan rebah kecambah baru terlihat pada umur 3 MST. Rendahnya serangan penyakit rebah kecambah yang disebabkan oleh *F.o. capsici* mungkin disebabkan karena agens hayati pada benih mampu mempercepat berkecambahnya benih sehingga lebih cepat tumbuh dan terhindar dari serangan *F.o. capsici*.

Efektivitas yang tinggi dalam menghambat serangan berbagai macam patogen disebabkan mekanisme yang umumnya dimiliki oleh dari agens hayati, terutama *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. Menurut Muslim *et al.* (2014) bahwa genus *Trichoderma* umum ditemukan di tanah dan berinteraksi dengan akar, tumbuh dengan sangat cepat sehingga sangat efisien berkompetisi dengan patogen dengan memproduksi enzim perusak sel seperti kitinase, N-acetyl-b-D-glucosaminidase, dan b-1,3-glukanase

Tinggi Bibit Tanaman Cabai dan Jumlah Daun. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perlakuan seed coating berbahan aktif agens hayati tidak hanya menghambat serangan penyakit rebah kecambah tanaman cabai, tetapi juga meningkatkan tinggi bibit tanaman cabai. Perlakuan seed coating berbahan aktif *T. harzianum* (S2) dan *Gliocladium* sp. (S3) pengaruhnya berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan tanpa seed coating (S1) dan seed coating bahan aktif Metalakasil 35% (S5). Persentase peningkatan tertinggi masing-masing berkisar antara 28,89 - 43,11%. Persentase peningkatan tinggi bibit tanaman cabai dihitung pada hari terakhir pengamatan (Tabel 4).

Tabel 4. Perlakuan seed coating berbahan aktif agens hayati terhadap tinggi bibit tanaman cabai dan jumlah daun bibit (umur 4 mst)

Perlakuan <i>Seed coating</i> bahan aktif agens hayati	Jumlah daun (helai)	Tinggi bibit (cm)	Peningkatan Tinggi Tanaman (%)
S1 (Tanpa seed coating + <i>F.o.capsici</i>)	6,50 ^{ab}	12,43 ^a	-
S2 (Seed coating <i>T.harzianum</i> + <i>F.o.capsici</i>)	7,75 ^b	18,85 ^{bc}	34,06
S3 (Seed coating <i>Gliocladium</i> sp. + <i>F.o.capsici</i>)	8,00 ^b	21,85 ^c	43, 11
S4 (Seed coating <i>P. citrinum</i> + <i>F.o.capsici</i>)	7,50 ^{ab}	17,48 ^{abc}	28,89
S5 (Seed coating b.a. Metalaksil 35% + <i>F.o.capsici</i>)	5,75 ^a	12,38 ^a	-
BNJ 5%	1,88	5,46	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom, tidak berbeda nyata menurut uji BNJ 5%.

Tidak terdapat perbedaan nyata pada setiap perlakuan seed coating agens hayati terhadap jumlah daun. Rata-rata jumlah daun berkisar dari 5,75 – 8 helai. Pengaruh dari agens hayati sendiri dapat mendorong pertumbuhan tanaman atau menghasilkan fitohormon seperti *Indole Acetic Acid* (IAA) dan agens hayati mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman dalam tanah dan juga dapat menjaga keberlangsungan biota dalam tanah terutama mikroorganisme yang bersifat saprofit (menguntungkan) bagi kesuburan tanah. Unsur hara berperan untuk pembentukan sejumlah protein tertentu, yang digunakan dalam fotosintesis dan respirasi, dimana jumlah daun tanaman berperan pada proses tersebut untuk digunakan sebagai bahan penyusun biomassa tanaman. Agens hayati dapat menguraikan bahan organik, sehingga melepaskan hara yang terikat dalam senyawa kompleks menjadi tersedia terutama unsur N, P, dan S. Ketersediaan hara-hara tersebut meningkatkan pertumbuhan tanaman (Marnita *et al.*, 2018).

Peningkatan tinggi tanaman nampaknya bervariasi bergantung pada agens hayati sebagai bahan aktif seed coating. Pengaruh tidak langsung perlakuan agens hayati pada benih ialah sangat efektif mengolonisasi akar dengan melindungi akar dari serangan penyakit, juga mengimbas peningkatan pertumbuhan dan perkembangan akar, produktivitas tanaman, dan serapan hara tanaman. Penggunaan bahan aktif baik berupa agens hayati dan bahan lainnya sebagai pelapis benih tidak hanya berpengaruh untuk mempertahankan populasi agen hayati saja, tetapi juga berpengaruh terhadap viabilitas benih (Putri & Majid, 2019).

Agens hayati juga dapat berperan sebagai PGPF yang dapat menginduksi ketahanan tanaman dan menghasilkan zat pengatur tumbuh yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dilaporkan oleh Herlina (2013) bahwa *Gliocladium* sp. sangat mempengaruhi peningkatan tinggi tanaman tomat sebesar 44% dibandingkan dengan kontrol, demikian pula dengan *T. harzianum* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan daya serap mineral aktif, dan nutrisi lainnya dari dalam tanah. Mikroba PGPF dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme, yaitu produksi hormon, membantu mineralisasi dan penekanan mikroorganisme yang merugikan tanaman (Tarigan, 2019). Agens hayati mempunyai kemampuan untuk mengkoloni rizosfer dan mampu membantu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit melalui berbagai mekanisme seperti secara sistemik memacu aktifitas asam salisilat, asam jasmonat dan juga memacu terakumulasinya *fitoaleksin* yang menghambat pertumbuhan patogen. Agens hayati diharapkan dapat diaplikasikan sebagai pelapisan benih, terutama untuk mengendalikan penyakit rebah kecambah, sebagai upaya untuk mengurangi pemakaian pestisida kimia dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

KESIMPULAN

Sembilan jamur antagonis yang diperoleh dari rizosfer lada, sirih dan bawang suna memiliki daya hambat yang sangat baik terhadap patogen *F.o.capsici* secara in vitro, dengan persentase penghambatan yang berbeda-beda berkisar antara 70,36 – 77,74 %. Tiga jenis jamur antagonis yang digunakan sebagai bahan

aktif *seed coating* yaitu *Penicillium citrinum* (rizosfer sirih), *Gliocladium* sp. (rhizosfer lada) dan *Trichoderma harzianum* (rizosfer bawang suna), memiliki daya hambat masing-masing 77,74%, 73,53%, dan 70,83 %.

Perlakuan *seed coating* dengan penambahan agens hayati *P. citrinum*, *Gliocladium* sp., dan *T. harzianum* sangat nyata menekan intensitas serangan penyakit rebah kecambah pada bibit cabai (0%) dibandingkan dengan kontrol (23,75%), dengan efektivitas pengendalian sangat baik mencapai 100%. Bahan aktif *T. harzianum* dan *Gliocladium* sp mampu meningkatkan tinggi tanaman masing-masing 34,06% dan 43.11%, namun tidak terdapat perbedaan terhadap penambahan jumlah daun. Diharapkan di masa yang akan datang perlakuan pelapisan benih yang ditambahkan agens hayati dapat menggantikan penggunaan pestisida kimia dalam mengendalikan penyakit tertular tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaria, W., Taufik, E. & Harni, R. (2013). Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *Jurnal Ristri* 4(1) : 55-64.
- Anggarawati, S.H., Santoso, T. & Anwar, R. (2017). Penggunaan cendawan entomopatogen *Beuveria bassiana* (BALSAMO) Vuillemin dan *Lecanicillium lecanii* (ZIMM) Zare & Gams untuk Mengendalikan *Helopeltis antonii* Sign (Hemiptera : Miridae). *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian* 8(1) : 1-10.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. (2006). Illustrated genera of imperfect fungi. 4th Edition, *The American Phytopatological Society*, St. Paul Minnesota.
- Dwiastuti, M. E., Fajri, M. N. & Yunimar. (2015). Potensi *Trichoderma* spp. sebagai agens pengendali *Fusarium* spp. penyebab penyakit layu pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *J. Hort.* 25 (4): 331-339
- Hakim, S.S., Yuwati, T.W., Rachmandi, D. Santosa, P.B., Ardhana, A., & Alimah, D. (2019). Viabilitas fungi *Penicillium citrium* pada media pembawa yang berbeda sebagai pupuk hayati. *Jurnal WASIAN* 6 (2) : 69-76. DOI: 10.20886/jwas.v6i2.5366
- Hasanah, U. (2017). Potensi fungi endofit *Fusarium* sp. dan *Mucor* sp. sebagai agen antagonis terhadap fungi patogen penyebab busuk batang tanaman Buah Naga (*Hylocereus costaricensis*). *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Hasyim, A., Setiawati, W. & Lukman, L. 2015. Inovasi Teknologi Pengendalian OPT Ramah Lingkungan Pada Cabai : Upaya Alternatif Menuju Ekosistem Harmonis. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian* 8(1) : 1-10.
- Herlina, L. (2013). Inovasi Uji Potensi *Gliocladium* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat. *Jurnal Biosaintifika* 5(2) : 88-93.
- Istikorini, Y. & Sari, O.Y. (2020). Survey dan Identifikasi Penyebab Penyakit Damping-Off pada Sengon (*Paraserianthes falcataria*) di Persemaian Permanen IPB. *Jurnal Sylva Lestari*, 8 (1) : 32-41. ISSN (online) 2549-5747- ISSN (print) 2339-0913
- Laila, A.F., Suryaminarsih, P. & Marheini, K.S. (2016). Penyalutan Benih Tomat dengan Agens Hayati *Tricoderma* sp. dan *Actinomyces* sp. Untuk Pencegahan Penyakit Layu *Fusarium* (*Fusarium* sp.). *Jurnal HPT* 3(1) : 7-12.
- Lestari, Y. & Mukhlis. (2017). Mikroba potensial pada ekosistem lahan rawa in Masganti, Noor, M., Alwi, M., Subagio, H., Simatupang, S., Maftuah, M., F. Arifin, Aries, S.M., Thamrin, M., Sosiawan (Eds)., *Agroekologi Rawa*(1 st ed., pp. 288-310). Depok, Rajawali Press.

- Lestari, A.L. (2020). Pemanfaatan cendawan antagonis dari beberapa rizosfer tumbuhan untuk mengendalikan layu *Fusarium* pada Cabai (*Capsicum annum* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.
- Lestari, S.A., Kulsum, U., & Ramdan, E.P. (2021). Efikasi beberapa agens hayati terhadap penekanan pertumbuhan *Pyricularia grisea* secara In Vitro. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi* 23(1): 31-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v23i1.48174>
- Madyasari, I. (2017). Efektifitas *Seed Coating* dan Biopriming cabai dengan rizobakteri terhadap daya simpan benih, pengendalian busuk *Phytophthora* dan pertumbuhan tanaman di lapangan. *Tesis*. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Maulana, D.F., Sudarma, M.I. & Suniti, W.N. (2016). Potensi jamur asal rizosfer tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) sehat dari desa Bumbungan Kecamatan Banjarangkan Kabupaten Klungkung dalam upaya mengendalikan penyakit layu *Fusarium* secara *In Vitro*. *Jurnal Agroteknologi* 5 (2) : 151-159.
- Marnita, Y., Lisnawita & Hasanuddin. (2017). Potensi jamur endofit terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Jurnal Pertanian Tropik* 4 (2) : 171-182.
- Mulyani, R.B., Usup, A., Supriati, L., & Ramlan. (2018). Peran Agen Hayati Asal Rizosfer dan Endofit Menekan Penyakit Busuk *Sclerotium rolfsii* Bawang Daun di Media Gambut. *Jurnal Agripeat* 19 (2): 68 - 76
- Muslim, A., Suwandi, S. & Umar, M.Y. (2018). Serangan Penyakit Rebah Kecambah Tanaman Cabai pada Tanah yang Berasal dari Persemaian Tanaman Petani di Lahan Rawa Lebak Kecamatan Pemulutan Kabupaten Ogan Ilir. *Jurnal Lahan Supoptimal* 7(1) : 80-87.
- Muslim, A., Palimanan K., Hamidson, H., Salim, A., & Anwar, N. (2014). Evaluasi Trichoderma dalam Mengendalikan Penyakit Rebah Kecambah Tanaman Cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 10 (3) : 73–80. DOI: 10.14692/jfi.10.3.73
- Palupi, T., Ilyas, S., Machmud, M. & Widajati, E. (2013). *Coating* Benih dengan Agen Hayati Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi. *Jurnal Agron Indonesia* 41(3) : 175-180.
- Putri, S.K. & Majid, A. (2019). Efektivitas pelapisan benih (*seed coating*) berbahan aktif cendawan antagonis untuk mengendalikan penyakit kecambah (*Damping Off*) kacang tanah. *Jurnal Pengendalian Hayati*, 2(1): 23-33. Rebah DOI: doi.org/10.19184/jph.v2i1.17136
- Salim, A.W. (2012). Keefektifan agens antagonis dalam pengendalian rebah kecambah cabai merah. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sari, K., Dewi, V. K., Wulandari, A.P., Rossiana, N. Herlina, T. & Widiyanti, F. (2023). Metabolites profiling of *Penicillium citrinum* from Endophytic of Ramie (*Boehmeria nivea*) as a potential biocontrol against pathogenic fungi. *HAYATI : Journal of Biosciences*, 30 (2): 246-255. DOI:10.4308/hjb.30.2.246-255 ISSN: 1978-3019
- Semangun, H. (2002). Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta.
- Supriati, L. Basuki, Mulyani, R.B., Muliandah, & Muliandah. (2019). Peranan Trichokompos dan pupuk KCl dalam mengendalikan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman bawang merah di tanah berpasir. *Jurnal Agripeat*, 20 (1):19-26.

Mulyani, dkk.: Efektivitas Seed Coating Berbahan Aktif Jamur Antagonis Mengendalikan Penyakit Rebah...

Tarigan, T. M. (2019). Potensi Cendawan Antagonis Dari Beberapa Rizosfer Tanaman Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) Pada Tanaman Bawang Merah. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya. Palangka Raya.

Utami, W.P., Syam, N., & Suriyanti, H.S. (2023). Perbanyak jamur *Trichoderma* sp. pada beberapa jenis media tumbuh dengan metode terbuka dan tertutup. *Jurnal Agrotekmas*, 4 (1) : 111-118