

Efikasi formulasi pasta *Pseudomonas fluorescens* P12 dan campurannya dengan *Ralstonia pickettii* TT47 terhadap penyakit busuk bulir bakteri pada padi

Efficacy of *Pseudomonas fluorescens* P12 paste formulation and its combination with *Ralstonia pickettii* TT47 to rice bacterial panicle blight disease

RATNA SARI DEWI^{1*}, GIYANTO², DADANG², SANTOSO¹, MEITY SURADJI SINAGA², BAMBANG NURYANTO³

¹Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi, Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Kementerian Pertanian, Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang 41256, Jawa Barat, Indonesia. Tel/fax.: +62-251-8350713, *email: ratna.rsd@gmail.com

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia

³Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta Pusat 10340, Jakarta, Indonesia

Manuskrip diterima: 25 Maret 2023. Revisi disetujui: 13 April 2023.

Abstrak. Dewi RS, Giyanto, Dadang, Santoso, Sinaga MS, Nuryanto B. 2023. Efikasi formulasi pasta *Pseudomonas fluorescens* P12 dan campurannya dengan *Ralstonia pickettii* TT47 terhadap penyakit busuk bulir bakteri pada padi. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 9: 10-14*. Uji efikasi merupakan tahapan akhir kegiatan formulasi pestisida untuk mendapatkan informasi tingkat efikasi produk yang menjadi salah satu syarat pendaftaran pestisida. Formula FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 adalah biopestisida berbahan aktif bakteri *Pseudomonas fluorescens* P12, sementara formula FP12+TT47-Ind-1 berbahan aktif campuran *P. fluorescens* P12 dan *Ralstonia pickettii* TT47. Tiga biopsetisida ini mampu mempertahankan viabilitas agens hayati >80% selama 6 bulan penyimpanan, sehingga keefektifannya perlu dievaluasi. Penelitian bertujuan mengevaluasi keefektifan biopestisida FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 dalam mengendalikan penyakit busuk bulir padi yang disebabkan bakteri *Burkholderia glumae*. Pengujian dilakukan di rumah kaca Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSI Padi) menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Pengujian terdiri atas perlakuan formula FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, FP12+TT47-Ind-1, dan kontrol (tanpa aplikasi) dengan 3 ulangan dan 10 tanaman per ulangan. Inokulasi patogen dilakukan saat fase muncul malai 20-30%. Konsentrasi biopestisida yang digunakan adalah 10% (kerapatan 10⁷ CFU mL⁻¹). Hasil efikasi menunjukkan bahwa formula FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 mampu menekan penyakit busuk bulir padi. Tiga formulasi mampu memperpanjang periode laten lebih lama dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Ketiga formulasi juga mampu menekan laju infeksi, yaitu secara berturut-turut sebesar 0,0039; 0,0165; 0,0190, sementara laju infeksi pada kontrol sebesar 0,0323. Ketiga formulasi juga mampu menekan perkembangan penyakit busuk bulir padi. Nilai AUDPC secara berturut-turut sebesar 345,431; 478,329; 749,579, sementara pada kontrol sebesar 1100,264. Formula FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 mampu menekan perkembangan penyakit busuk bulir dengan tingkat efikasi >50% hingga 25 hari setelah aplikasi dan mampu menekan kehilangan hasil secara berturut-turut sebesar 44,04% dan 32,58%. Hasil menunjukkan bahwa formulasi FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 berpotensi sebagai prototipe biopestisida untuk pengendalian penyakit busuk bulir pada tanaman padi.

Kata kunci: Biopestisida, *Burkholderia glumae*, efikasi, *Pseudomonas fluorescens* P12, *Ralstonia pickettii* TT47

Abstract. Dewi RS, Giyanto, Dadang, Santoso, Sinaga MS, Nuryanto B. 2023. Efficacy of pest formulation of *Pseudomonas fluorescens* P12 and its combination with *Ralstonia pickettii* TT47 to bacterial panicle blight disease of rice. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 9: 10-14*. The efficacy test is the final stage of the pesticide formulation activity to obtain information on the product efficacy level, which is required for pesticide registration. Formulas FP12-Ind-1 and FP12-Ind-2 are biopesticides made from active bacteria *Pseudomonas fluorescens* P12, while formula FP12+TT47-Ind-1 is made from a mixture of active *P. fluorescens* P12 and *Ralstonia pickettii* TT47. These three biopesticides were able to maintain the viability of biological agents >80% for 6 months of storage, so their effectiveness needs to be evaluated. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of the biopesticides FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, and FP12+TT47-Ind-1 in controlling grain rot disease of rice caused by the bacterium *Burkholderia glumae*. The test was carried out in the Center for Rice Instrument Standard Testing (BBPSI Padi) greenhouse using a completely randomized design (CRD). The test consisted of treatment formulas FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, FP12+TT47-Ind-1, and control (without application) with 3 replicates and 10 plants per repetition. Pathogen inoculation is done when the panicle phase appears 20-30%. The concentration of the biopesticide used was 10% (density 10⁷ CFU mL⁻¹). The efficacy results showed that FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, and FP12+TT47-Ind-1 could suppress grain rot disease in rice. These products extended the latency period longer than the control treatment. These products were also able to reduce the rate of infection, namely 0.0039; 0.0165; 0.0190, while the infection rate in the control was 0.0323. These formulations could also suppress the development of rice grain rot disease; the AUDPC values at 345.431; 478.329; 749.579, respectively, while the control was 1100.264. The FP12-Ind-1 and FP12-Ind-2 formulas could suppress the development of grain rot disease with an efficacy level of >50% up to 25 days after application and were able to reduce yield loss by 44.04% and 32.58%, respectively. The results showed that the FP12-Ind-1 and FP12-Ind-2 formulations could be biopesticides prototypes for controlling grain rot disease in rice plants.

Keywords: Biopesticide, *Burkholderia glumae*, efficacy, *Pseudomonas fluorescens* P12, *Ralstonia pickettii* TT47

PENDAHULUAN

Penyakit busuk bulir padi yang disebabkan oleh *Burkholderia glumae* merupakan salah satu penyakit padi selain hawar daun bakteri, blas daun, dan blas leher yang dapat menjadi ancaman dalam produksi padi di beberapa negara di dunia. Penyakit ini dilaporkan mampu menurunkan hasil antara 34-75% (Trung et al. 1993; Shahjahan et al. 2000; Jeong et al. 2003).

Di Indonesia, penyakit ini dilaporkan sudah menyerang pada tahun 1987 (Mogi et al. 1989) dan muncul kembali pada tahun 2010. Penyakit ini dilaporkan banyak menyerang varietas padi yang umumnya ditanam oleh sebagian besar petani, seperti IR64, Ciherang, dan Inpari (Baharuddin et al. 2017; Handiyanti et al. 2018). Pengendalian penyakit ini di Indonesia, bahkan di beberapa negara masih sangat terbatas. Pengendalian masih terbatas pada perlakuan benih dan teknik budidaya, namun teknik pengendalian tersebut belum berhasil mengatasi permasalahan akibat penyakit ini (Ham et al. 2011; Ham dan Groth 2011; Saylor et al. 2006; Groth et al. 2007). Penggunaan bahan kimia sintesis seperti asam oxolinic pada benih sebelum tanam diketahui mampu menghambat pertumbuhan *B. glumae*, namun bahan tersebut diketahui sudah mengakibatkan terbentuknya strain *B. glumae* di Jepang (Hikichi et al. 2001). Berdasarkan informasi ini teknik pengendalian yang aman terhadap lingkungan menjadi hal yang sangat dibutuhkan. Salah satu pengendalian yang ramah lingkungan di antaranya adalah pengendalian hayati.

Bakteri agens hayati kelompok *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. diketahui mampu menekan keparahan penyakit busuk bulir padi (Inoue et al. 2001; Zhou et al. 2011; Zhou et al. 2010). Hasil uji *in-vitro* dengan metode uji biakan ganda dan uji aktivitas senyawa volatil, diketahui bahwa *Pseudomonas fluorescens* P12 dan *Ralstonia pickettii* TT47 mampu menghambat perkembangan *B. glumae* (Dewi et al. 2020). Kedua agens hayati ini telah dikembangkan dalam bentuk formulasi pasta. Formulasi biopestisida FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-1 berbahan aktif tunggal *P. fluorescens* P12, sementara FP12+TT47-Ind-1 berbahan aktif yaitu *P. fluorescens* P12 dan *R. pickettii* TT47. Ketiga formulasi biopestisida ini diketahui mampu mempertahankan viabilitas agens hayati >80% selama 6 bulan penyimpanan, sehingga formulasi tersebut memiliki prospek untuk digunakan dalam penekanan penyakit busuk bulir padi.

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi keefektifan 3 formulasi biopestisida, yaitu FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 berbahan aktif bakteri *P. fluorescens* P12, serta FP12+TT47-Ind-1 berbahan aktif campuran *P. fluorescens* dan *R. pickettii* TT47 dalam mengendalikan penyakit busuk bulir padi yang disebabkan bakteri *B. glumae*.

BAHAN DAN METODE

Penyiapan formulasi biopestisida

Formulasi biopestisida yang diuji adalah formulasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47. Formulasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2 adalah biopestisida yang berbahan

aktif tunggal bakteri *P. fluorescens* P12, sementara FP12+TT47-Ind-1 mengandung bahan aktif campuran bakteri *P. fluorescens* P12 dan *R. pickettii* TT47. Agens hayati yang diformulasikan adalah bakteri yang telah diberi perlakuan induksi adaptasi tekanan osmotik. Formulasi FP12-Ind-1 dan FP12+TT47-Ind-1 menggunakan bakteri yang diberi perlakuan adaptasi tekanan osmotik dengan metode induksi secara langsung, sementara FP12-Ind-2 menggunakan metode induksi secara tidak langsung. Agens hayati diformulasikan dalam bentuk pasta dengan komposisi: 83% bahan pembawa yang terdiri atas talk dan minyak sawit, 7% bahan tambahan yang terdiri atas molase, Tween 80, dan *Carboxy Methyl Cellulose*/CMC, serta 10% suspensi agens hayati (Dewi et al. 2021).

Uji in-planta di rumah kaca

Uji efikasi dilakukan di rumah kaca Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSI Padi), Subang, Jawa Barat, Indonesia, dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Pengujian terdiri atas perlakuan formulasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, FP12+TT47-Ind-1, dan kontrol (tanpa aplikasi). Pengujian diulang 3 kali dengan 10 tanaman per ulangan.

Persiapan tanaman

Varietas yang digunakan pada uji efikasi ini adalah varietas Ciherang. Benih padi sebelum disemai diberi perlakuan sterilisasi permukaan menggunakan NaOCl 1% dan dilanjutkan dengan perlakuan air panas (*hot water treatment*/HWT). Benih selanjutnya direndam dalam air steril selama 2 malam dan diperam selama 1 malam. Benih kemudian direndam dalam suspensi formulasi dengan konsentrasi 10% selama 2 jam, selanjutnya disemai. Bibit yang berumur 14 hari setelah semai dipindah tanam ke dalam ember plastik dan dipelihara hingga muncul malai dan siap digunakan untuk pengujian. Uji efikasi terdiri atas perlakuan formulasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, FP12+TT47-Ind-2, dan kontrol. Pengujian diulang sebanyak 3 kali dengan 10 tanaman per ulangan.

Aplikasi formulasi biopestisida dan inokulasi patogen

Aplikasi formulasi dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu 3 hari sebelum dan sesudah inokulasi patogen. Konsentrasi yang digunakan adalah 10% atau kerapatan populasi agens hayati dalam cairan semprot setara 10^7 CFU mL⁻¹. Inokulasi bakteri patogen *B. glumae* dilakukan pada malai padi (fase pembentukan malai 20%-30%). Isolat *B. glumae* pada media King's B padat diinokulasikan pada media King's B cair dan diinkubasi pada inkubator bergoyang dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam hingga diperoleh populasi 10^8 CFU mL⁻¹. Aplikasi biopestisida maupun inokulasi bakteri *B. glumae* dilakukan dengan penyemprotan pada malai menggunakan *hand sprayer*.

Pengamatan

Peubah yang diamati untuk mengetahui keefektifan formulasi pada pengujian ini adalah periode laten, keparahan penyakit, laju infeksi, area di bawah kurva perkembangan penyakit atau juga dikenal dengan istilah *Area Under the Disease Progress Curve* (AUDPC), dan

tingkat efikasi, selain itu juga diamati pengaruhnya terhadap hasil panen.

Data analysis

Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh aplikasi pestisida biologi terhadap perkembangan penyakit busuk bulir padi dan tingkat efikasinya

Hasil uji efikasi menunjukkan bahwa formulasi biopestisida FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 mampu menekan perkembangan penyakit busuk bulir padi yang disebabkan oleh *B. glumae*. Ketiga formulasi mampu memperlambat proses infeksi *B. glumae* pada bulir. Periode laten rata-rata tanaman yang diaplikasikan formulasi FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 secara berturut-turut adalah 0,57 dan 0,58 hari dan lebih lama dibandingkan FP12+TT47 (5,17 hari) dan berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (4,7 hari).

Formulasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 juga mampu menekan laju infeksi yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Laju infeksi secara berturut-turut adalah 0,0093; 0,0165; dan 0,0190, sementara laju infeksi pada kontrol sebesar 0,0323. Laju infeksi pada perlakuan formulasi FP12-Ind-1 memberikan laju infeksi terendah (0,0093) dan berbeda nyata dengan kontrol. Aplikasi tiga formulasi juga mampu menekan kejadian (insidensi) penyakit yang lebih rendah. Persentase malai bergejala penyakit lebih rendah dengan kisaran 44,11%-49,07% yang lebih rendah dibandingkan kontrol dengan tingkat kejadian penyakit sebesar 70,76% (Tabel 1).

Aplikasi formulasi biopestisida juga mampu menekan perkembangan penyakit busuk bulir padi. Nilai AUDPC pada perlakuan diapikasi formulasi biopestisida lebih rendah dan berbeda nyata dibandingkan kontrol. Formulasi FP12-Ind-1 memberikan nilai AUDPC sebesar 345,431, sementara FP12-Ind-2 sebesar 478,329. Nilai AUDPC ini jauh lebih rendah dibandingkan kontrol dengan AUDPC = 1100,264.

Tingkat efikasi 3 formulasi terhadap *B. glumae* cukup bervariasi. Tingkat efikasi pada 4 hari setelah aplikasi tertinggi diperoleh pada perlakuan aplikasi FP12-Ind-1 yaitu sebesar 76,03%, diikuti FP12-Ind-2 (72,58%), dan terendah pada FP12+TT47 (40,75%). Tingkat efikasi FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 lebih baik dibandingkan formulasi FP12+TT47 yang mampu bertahan hingga 25 hari setelah aplikasi dengan tingkat efikasi >50% (69,53% dan 53,75%), sementara formulasi FP12+TT47 hanya memberikan tingkat efikasi sebesar 28,97% (Tabel 2).

Pengaruh aplikasi pestisida biologi terhadap keparahan penyakit dan hubungannya dengan hasil panen

Kemampuan formulasi biopestisida FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 dalam menekan perkembangan penyakit busuk bulir padi berdampak terhadap komponen hasil panen. Berat gabah kering

panen/malai, bobot 1000 butir lebih baik dibandingkan kontrol, selain memberikan tingkat penurunan hasil lebih rendah, artinya aplikasi biopestisida dapat menekan penurunan hasil. Aplikasi tiga formulasi biologi mampu menekan tingkat keparahan penyakit, sehingga menekan kehilangan hasil panen. Formulasi FP12-Ind-1 mampu menekan kehilangan hasil sebesar 44,04%, diikuti FP12-Ind-2 (32,58%), sementara aplikasi FP12+TT47-Ind-1 hanya mampu menekan kehilangan hasil sebesar 24,33% dibandingkan kontrol (Tabel 3).

Tabel 1. Pengaruh aplikasi formulasi pestisida biologi terhadap periode laten, laju infeksi, insidensi malai, dan perkembangan penyakit busuk bulir padi

Perlakuan	Periode laten	Laju infeksi	Insidensi malai (%)	AUDPC
FP12-Ind-1	5,70 ^a	0,0093 ^b	46,53 ^{ab}	345,431 ^b
FP12-Ind-2	5,80 ^a	0,0165 ^{ab}	44,11 ^b	478,329 ^b
FP12+TT47-Ind-1	5,17 ^{ab}	0,0190 ^{ab}	49,07 ^{ab}	749,579 ^{ab}
Kontrol	4,73 ^b	0,0323 ^a	70,76 ^a	1100,264 ^a

Keterangan: ^arataan pada kolom yang sama yang diikuti huruf kecil yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata menurut uji tukey pada taraf $\alpha=5\%$.

Tabel 2. Tingkat efikasi 3 formulasi biopestisida terhadap *B. glumae* penyebab penyakit busuk bulir pada padi

Jenis formulasi	Tingkat efikasi (%) ^a pada waktu pengamatan (hsa)				
	4	11	18	25	32
FP12-Ind-1	76,03 ^a	67,87 ^a	72,75 ^a	69,53 ^a	57,66 ^a
FP12-Ind-2	72,58 ^a	58,91 ^{ab}	63,83 ^a	53,75 ^{ab}	38,47 ^{ab}
FP12+TT47-Ind-1	40,75 ^b	24,09 ^b	29,83 ^b	28,97 ^b	20,77 ^b

Keterangan: ^arataan pada kolom yang sama yang diikuti huruf kecil yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata menurut uji tukey pada taraf $\alpha=5\%$.

Tabel 3. Pengaruh aplikasi pestisida biologi terhadap keparahan penyakit dan hubungannya dengan komponen dan kehilangan hasil panen

Perlakuan	Keparahan penyakit (%) ^a	GKP/ malai (g) ^a	Bobot 1000 butir (g) ^a	Kehilangan hasil (%) ^a	Penekanan kehilangan hasil (%) ^a
FP12-Ind-1	22,22 ^b	3,11 ^b	23,31 ^a	14,20 ^c	44,04 ^a
FP12-Ind-2	30,56 ^{ab}	2,55 ^c	23,36 ^a	17,04 ^{cb}	32,58 ^b
FP12+TT47-Ind-1	38,33 ^{ab}	2,04 ^d	23,48 ^a	19,16 ^b	24,33 ^c
Kontrol	52,28 ^a	1,39 ^e	19,42 ^a	25,36 ^a	

Keterangan: ^arataan pada kolom yang sama yang diikuti huruf kecil yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata menurut uji tukey pada taraf $\alpha=5\%$

Pembahasan

Prospek pengembangan biopestisida cukup tinggi. Menurut Kumar dan Singh (2015), penggunaan biopestisida meningkat 10% setiap tahunnya dan kemungkinan akan terus meningkat dengan meningkatnya tuntutan masyarakat akan keamanan produk pertanian dari residu pestisida kimia sintetik dan isu keamanan lingkungan.

Pendaftaran pestisida untuk memperoleh izin distribusi dan peredaran membutuhkan informasi tingkat efikasi. Tingkat efikasi juga menentukan keberlanjutan produk pestisida tersebut untuk tetap digunakan sebagai salah satu komponen pengendalian. Formulasi biopestisida FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47 adalah biopestisida yang diformulasikan dalam bentuk pasta yang mengandung agens hayati dari kelompok bakteri, yaitu *P. fluorescens* P12 dan *R. pickettii*. TT47. FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 berbahan aktif tunggal *P. fluorescens* P12, sementara FP12+TT47-Ind-1 berbahan aktif yaitu *P. fluorescens* P12 dan *R. pickettii* TT47.

Hasil uji efikasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 terhadap penyakit busuk bulir padi menunjukkan bahwa mekanisme penekanan agens hayati sebagai bahan aktif formulasi adalah memperpanjang periode laten, menekan laju infeksi, dan keparahan penyakit. Formulasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 juga dilaporkan mampu menekan perkembangan penyakit blas daun dengan memperpanjang periode laten, menekan laju infeksi dan keparahan penyakit dengan nilai AUDPC yang lebih rendah dibandingkan kontrol (Dewi et al. 2021).

Hasil uji juga memberikan informasi tingkat efikasi dari ketiga formulasi biopestisida yang diuji. Formulasi biopestisida FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 mampu menekan penyakit busuk bulir padi dan mampu mempertahankan tingkat efikasi >50% hingga 25 hari setelah aplikasi. Perbedaan tingkat efikasi 3 formulasi yang diperoleh kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti suhu. Pengujian dilakukan pada saat musim kemarau dengan suhu rumah kaca >38°C bahkan pada saat uji efikasi terhadap *B. glumae*, suhu mencapai 40°C. Suhu yang tinggi tersebut sangat cocok untuk perkembangan patogen, namun tidak sesuai dengan agens hayati. Agens hayati umumnya sangat sensitif terhadap suhu yang tinggi yang dapat menyebabkan kematian atau menurunkan populasi agens hayati yang mampu bertahan pada tanaman. Menurut Mishra (2015), suhu yang tinggi dapat mengakibatkan penurunan viabilitas agens hayati yang diaplikasikan pada tanaman yang pada akhirnya memengaruhi tingkat efikasinya.

Aplikasi ketiga formulasi yang mampu menekan perkembangan penyakit tentunya akan berdampak pada hasil panen. Dua formulasi ini mampu menekan kehilangan hasil secara berturut-turut sebesar 44,04% dan 32,58%. Berdasarkan hasil kemampuannya dalam menekan kehilangan hasil, formulasi FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 berpotensi dikaji lebih lanjut sebagai alternatif pengendalian penyakit busuk bulir padi.

Bakteri *P. fluorescens* P12 dan *R. pickettii* TT47 diketahui memiliki kemampuan menekan bakteri *B. glumae*

dengan mekanisme antibiosis. Hasil uji biakan senyawa volatil, kedua bakteri ini mampu menekan perkembangan *B. glumae* secara berturut-turut sebesar 40,51% dan 33,72%. Kedua bakteri ini juga mampu menginduksi tanaman dengan meningkatkan aktifitas feroksidase dan *Phenylalanine Ammonia Liase* (PAL), selain itu juga mampu berperan dalam mendukung kebugaran tanaman dengan menghasilkan siderofor dan mampu melarutkan fosfat (Dewi et al. 2020).

Pemanfaatan *P. fluorescens* P12 dan *R. pickettii* TT47 sebagai bahan aktif biopestisida dilakukan dengan memformulasikannya dalam bentuk formulasi pasta dengan pertimbangan kedua agens hayati yang termasuk kelompok bakteri Gram-negatif yang tidak mampu membentuk struktur bertahan seperti endospora dan sangat sensitif terhadap lingkungan dengan kadar air yang dapat menyebabkan bakteri mengalami dehidrasi dan menyebabkan kematian sel (Bonaterra et al. 2012).

Bakteri agens hayati yang diformulasikan juga telah diberi perlakuan adaptasi tekanan osmotik menggunakan NaCl. Hal ini dilakukan sebagai upaya meningkatkan atau mempertahankan viabilitas agens hayati dalam formulasi. Perbedaan tekanan osmotik diketahui sangat memengaruhi keberlangsungan hidup sel bakteri. Perbedaan tekanan osmotik antara lingkungan di luar dan dalam sel dapat menyebabkan kematian sel akibat terjadi dehidrasi dan lisis dan menurut Bonaterra et al. (2005), induksi adaptasi tekanan osmotik mampu memperlambat penurunan viabilitas agens hayati dalam formulasi selama penyimpanan.

Formulasi FP12-Ind-1, FP12-Ind-2, dan FP12+TT47-Ind-1 mampu mengendalikan penyakit busuk bulir padi dengan mekanisme penekanan yaitu memperpanjang periode laten, menekan laju infeksi, dan keparahan penyakit. Formulasi FP12-Ind-1 dan FP12-Ind-2 mampu menekan perkembangan penyakit busuk bulir dengan tingkat efikasi >50% pada 25 hari setelah aplikasi dan mampu menekan kehilangan hasil secara berturut-turut sebesar 44,04% dan 32,58%, sehingga dapat dikaji lebih lanjut sebagai biopestisida potensial untuk penyakit busuk bulir padi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah membiayai Pendidikan Program Doktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin, Harniati R, Faisal F, Yani A, Suparmi, Hamid H, Kuswinanti T, Jahuddin R. 2017. Keberadaan penyakit busuk bulir (*Burkholderia glumae*) pada tanaman padi di Sulawesi Selatan. Dalam: Hidayat SH, Priyatmojo A, Wiyono S, Giyanto, Supramana, Istiaji B (eds). Prosiding Simposium Nasional Fitopatologi Indonesia 2017: Kemunculan penyakit baru dan impor benih. Institut Pertanian Bogor, Bogor, 10 Januari 2017. [Indonesian]
- Bonaterra A, Jaume C, Montesinos E. 2005. Osmotically induced trehalose and glycine betaine accumulation improves tolerance to

- desiccation, survival and efficacy of the postharvest biocontrol agent *Pantoea agglomerans* EPS125. FEMS Microbiol Lett. 250: 1-8.
- Bonaterra A, Badosa E, Cabrefiga J, France's J, Montesinos E. 2012. Prospects and limitations of microbial pesticides for control of bacterial and fungal pomefruit tree diseases (rev). Trees. 26: 215-226. DOI: 10.1007/s00468-011-0626-y.
- Dewi RS, Giyanto, Sinaga MS, Dadang, Nuryanto B. 2020. Bakteri agens hayati potensial terhadap patogen penting pada padi. Jurnal Fitopatologi Indonesia 16 (1): 37-48. DOI: 10.14692/jfi.16.1.37-48.
- Dewi RS, Giyanto, Sinaga MS, Dadang, Nuryanto B. 2021. Improvement of the *Ralstonia pickettii* strain TT47 viability in paste formulation by osmoadaptation. J Intl Soc Southeast Asian Agirc Sci 27 (1): 69-76. [Indonesian]
- Groth DE, Linscombe SD, Sha X. 2007. Registration of two disease-resistant germplasm lines of rice. J Plant Regist 1: 63-64. DOI: 10.3198/jpr2006.10.0677crg.
- Ham JH, Melanson RA, Rush MC. 2011. *Burkholderia glumae*: Next major pathogen of rice?. Mol Plant Pathol 12: 329-339. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2010.00676.x.
- Ham JH, Groth D. 2011 Bacterial Panicle Blight, an Emerging Rice Disease Louisiana Agriculture. Baton Rouge, Louisiana.
- Handiyanti M, Subandiyah S, Joko T. 2018. Deteksi molekuler *Burkholderia glumae*, penyebab penyakit hawar malai padi. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia 22 (1): 98-107. DOI: 10.22146/jpti.30259. [Indonesian]
- Hikichi Y, Tsujiguchi K, Maeda Y, Okuno T. 2001. Development of increased Oxolinic acid-resistance in *Burkholderia glumae*. J Gen Plant Pathol 67: 58-62. DOI: 10.1007/PL00012988.
- Inoue H, Nakaho K, Miyagawa H. 2001. Efficacy of the antagonistic bacteria CAB-02 on prevention of bacterial grain rot and seedling blight of rice, applied together with seed disinfectants. Phytopathology 90: S37.
- Jeong Y, Kim J, Suhyun K, Yongsung K. 2003. Toxoflavin produced by *Burkholderia glumae* causing rice grain rot is responsible for inducing bacterial wilt in many field crops. Plant Dis 87 (8): 890-894. DOI: 10.1094/PDIS.2003.87.8.890.
- Kumar S, Singh A. 2015. Biopesticides: Present status and the future prospects. J Fertil Pestic 6 (2): e129. DOI:10.4172/2471-2728.1000e129.
- Mishra J, Tewari S, Singh S, Arora NK. 2015. Biopesticides: Where we stand?. Dalam: Arora NK. Plant microbes symbiosis: Appl Facets 37-75. DOI: 10.1007/978-81-322-2068-8_2.
- Mogi S, Wibowo BS, Zainuddin S. 1989. Laporan awal *bacterial grain rot (Pseudomonas glumae)* pada padi di Indonesia. Kongres Nasional X dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi; 1989 November 14-16. Denpasar (ID). [Indonesian]
- Sayler RJ, Cartwright RD, Yang Y. 2006. Genetic characterization and realtime PCR detection of *Burkholderia glumae*, a newly emerging bacterial pathogen of rice in the United States. Plant Dis 90: 603-610. DOI: 10.1094/PD-90-0603.
- Shahjahan AK, Rush MC, Groth D, Clark C. 2000. Panicle blight. Rice J 15: 26-29.
- Trung HM, Van NV, Vien NV, Lam DT, Lien M. 1993. Occurrence of rice grain rot disease in Vietnam. Intl Rice Res Notes 18: 30.
- Zhou XG, Liu G, Kloepper JW, Reddy MS, Kumar KVK, Zhang S. 2010. Management of bacterial panicle blight of rice with beneficial *Bacillus* strains. Phytopathology 101: S270.
- Zhou XG, Liu G, Kloepper JW, Reddy MS, Kumar KVK, Zhang S. 2011. Evaluation of beneficial *Bacillus* strains for suppression of bacterial panicle blight in rice, 2010. Plant Dis Manag Rep 5: FC079.