JURNAL
FITOPATOLOGI
INDONESIA
ISSN: 0215-7950

Volume 18, Nomor 6, November 2022
Halaman 248–254
DOI: 10.14692/jfi.18.6.248–254

Kombinasi Agens Pengendali Hayati untuk Pengendalian Penyakit Bawang Merah di Lapangan

Combination of Biocontrol Agents to Control Shallot Disease in The Field

Suryo Wiyono[1]*, Widodo[1], Thamrin Khamidi[2], Sobir[1], Andika Septiana Suryaningsih[1]
[1] Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680
[2] Klinik Pertanian Tegal, Tegal 52465

ABSTRAK

Produksi bawang merah di Indonesia menghadapi permasalahan hama dan penyakit yang berat. Penggunaan pestisida menjadi andalan petani hingga saat ini untuk pengendalian hama dan penyakit tersebut. Beberapa agens biokontrol hama dan patogen bawang merah terbukti efektif secara individual, namun belum terintegrasi di lapangan. Tujuan penelitian ialah mengevaluasi kombinasi agens biokontrol dengan efektivitas terbaik untuk menekan insidensi penyakit utama bawang merah di lapangan. Percobaan lapangan dilakukan di Tegal, Jawa Tengah, salah satu sentra penghasil bawang merah di Indonesia. Perlakuan yang diuji ialah kombinasi *Fusarium* nonpatogenik (FNP) + *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR)+ khamir antagonis (KA), FNP + KA, PGPR + KA, FNP+PGPR, fungisida sintetik, dan tanpa perlakuan (kontrol). Penelitian disusun dalam rancangan acak kelompok dengan empat ulangan sebagai blok. Semua perlakuan kombinasi agens pengendali hayati dan fungisida sintetik menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan kontrol dalam menekan penyakit busuk batang (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) dan bercak ungu (*Alternaria porri*), tetapi tidak berbeda nyata antarperlakuan. Produktivitas bawang merah dengan perlakuan agens pengendali hayati memiliki bobot umbi segar yang cukup tinggi. Tanaman dengan perlakuan agens hayati PGPR + KA dan FNP + PGPR memiliki bobot umbi segar yang paling tinggi di antara perlakuan agens pengendali hayati lainnya. Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi agens pengendali hayati berpotensi menekan penyakit bawang merah di lapangan.

Kata kunci: *Alternaria porri, Fusarium* non patogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, pengendalian hayati, PGPR.

ABSTRACT

Shallot production in Indonesia faces serious pest and disease problems. The use of pesticides has been using as the main practice by shallot farmers for controlling pests and diseases. Several biocontrol agents for shallot pests and pathogens have been shown to be effective individually, but have not been integrated in the field. The aim of the study was to evaluate the combination of biocontrol agents with the best effectiveness in reducing the incidence of the main shallot diseases in the field. Field trials were conducted in Tegal, Central Java, one of the shallots producing regions in Indonesia. The treatment consisted of a combination of non-pathogenic Fusarium (FNP) + plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) + yeast antagonist (KA), FNP + KA, PGPR + KA, FNP + PGPR, synthetic fungicide, and no

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680.
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: suryowi@apps.ipb.ac.id

treatment (control). The study was arranged in a randomized block design with four block replications. All combination of biological control agents and synthetic fungicides showed significant differences with the control treatment in suppressing stem rot (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) and purple spot (*Alternaria porri*) diseases, but not significantly different among them. The productivity of shallots treated with biological control agents had a relatively high fresh tuber weight. Plants treated with PGPR + KA and FNP + PGPR had the highest fresh tuber weight among other biological control agents. This study shows that the application of a combination of biological control agents has the potential to suppress shallot disease in the field.

Keywords: *Alternaria porri,* biocontrol, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae,* non-pathogenic *Fusarium*, PGPR

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium cepa* var. *agregatum*) merupakan tanaman sayuran utama di Indonesia. Budi daya bawang merah menghadapi permasalahan berupa biaya produksi yang tinggi yang disebabkan oleh tekanan hama dan penyakit (Lestari dan Winahyu 2021). Penyakit terpenting pada bawang merah ialah busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* yang menyebabkan kerugian hingga 50% (Rahmiyati *et al*. 2021) dan penyakit bercak ungu yang disebabkan oleh *Alternaria porri* (Wiyatiningsih *et al*. 2009) yang menyebabkan kerugian mencapai 57% (Fahrun *et al*. 2018).

Tingginya tekanan hama dan penyakit menyebabkan penggunaan pestisida kimia sintetik yang sangat intensif. Petani bawang merah di Tegal, Jawa Tengah—salah satu sentra produksi—melakukan penyemprotan pestisida untuk mengendalikan dua penyakit tersebut setiap dua hari sekali (Hidayat *et al*. 2010). Selain itu, penggunaan pestisida sintetik secara tidak bijaksana dapat menimbulkan kerusakan agroekosistem, lingkungan, dan gangguan kesehatan bagi petani (Afifah *et al*. 2015; Prajawahyudo *et al*. 2022).

Penggunaan mikrob agens hayati merupakan salah satu metode pengendalian yang potensial untuk mengelola penyakit pada tanaman bawang merah. Salah satu keunggulannya ialah agens hayati mudah berkembang dan beradaptasi dengan lingkungan, serta aman bagi lingkungan (Amaria *et a.l* 2019) sehingga tanaman dapat mencapai produktivitas yang tinggi dan berkelanjutan. Berbagai teknologi pengendalian hayati dengan mikrob antagonis secara individual telah diuji pada penyakit bawang merah. Aplikasi *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) efektif untuk meningkatkan ketahanan terhadap penyakit bercak ungu, serta pertumbuhan dan hasil bawang merah (Widodo *et al*. 2006). Selain itu *Fusarium* nonpatogenik (FNP) efektif mengendalikan penyakit busuk batang fusarium bawang merah pada penelitian rumah kaca (Isniah dan Widodo 2015). *Fusarium* non patogenik juga dilaporkan sebagai agens biokontrol yang efektif terhadap beberapa penyakit seperti layu fusarium pada tanaman pisang (Neil *et al*. 2006) dan layu fusarium pada tomat (Kavroulakis *et al*. 2007). Khamir antagonis (KA), yaitu kombinasi *Cryptococcus terreus* dan *C. albidus* juga terbukti efektif melawan bercak daun alternaria tomat dan hawar daun curvularia pada anggrek dendrobium (Wiyono dan Widodo 2009; Wiyono dan Agustina 2012).

Meskipun hampir semua agens pengendali hayati telah diuji secara tunggal, integrasi berbagai agens pengendali hayati di lapangan dengan penyakit yang kompleks belum dilaporkan. Integrasi tersebut merupakan kebutuhan untuk mengembangkan sistem pengelolaan penyakit bawang merah yang handal. Oleh karena itu penelitian dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi beberapa agens pengendali hayati dalam mengendalikan penyakit utama bawang merah di lapangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Desa Prupuk, Kecamatan Margasari, Tegal, Jawa Tengah. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan enam perlakuan dan empat ulangan. Unit percobaan terdiri atas petak berukuran 1.2 m × 16 m dengan perlakuan, yaitu aplikasi kombinasi FNP + PGPR + KA, FNP + KA, PGPR + KA, PGPR + FNP, fungisida sintetik, dan tanpa perlakuan (kontrol).

Semua galur agens pengendali hayati merupakan koleksi Klinik Tanaman, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Perlakuan FNP dan PGPR dilakukan dengan metode pelapisan umbi dan dilakukan saat tanam. Formula FNP yang berbahan dasar talek dengan kerapatan massa konidium 10^6 g^{-1} diaplikasikan dengan dosis 5 g kg^{-1} umbi. *Plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) yang digunakan merupakan campuran *Paenibacillus polymixa* BG 25 dan *Pseudomonas fluorescens* PG01 dengan kerapatan masing-masing 10^7 cfu g^{-1}. Umbi bawang merah yang sudah dibasahi dengan air diberi perlakuan formula PGPR yang berbahan dasar tepung talek dengan dosis aplikasi 5 g kg^{-1} umbi.

Khamir antagonis, terdiri atas campuran *Cryptococcus albidus* dan *C. terreus* dengan kerapatan masing-masing 10^5 sel L^{-1}, disemprotkan setiap minggu mulai satu minggu setelah tanam (MST) sampai 9 MST. Perlakuan konvensional ialah aplikasi fungisida azoxystrobin + difenokonazole dengan konsentrasi 2.5 g L^{-1} dengan volume semprot 400 L ha^{-1}. Penyemprotan dilakukan pada 1 MST sampai 8 MST dengan interval satu minggu.

Pengaturan petak percobaan dilakukan di lapangan sehingga antara perlakuan dipisahkan oleh bedengan pembatas tanaman bawang merah (1.2 m × 16.0 m) tanpa perlakuan pestisida atau agens biokontrol. Praktik budi daya tanaman bawang merah menerapkan pemupukan, penyiangan, dan penyiraman mengikuti kebiasaan petani pada semua perlakuan kecuali pengendalian penyakit.

Dua penyakit terpenting bawang merah, yaitu busuk batang fusarium dan bercak ungu *Alternaria porri*dipantau setiap minggu. Insidensi busuk batang fusarium dihitung sebagai jumlah total tanaman yang terinfeksi per bedengan (660 tanaman). Penyakit bercak ungu dinilai keparahannya dengan mengikuti skala Soedomo (2006) pada lima tanaman acak per ulangan, kemudian dihitung keparahan penyakit dengan rumus Towsend dan Hueberger (1943). Variabel pertumbuhan yang dicatat ialah tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar yang diukur pada umur tanaman 28 hari setelah tanam. Produktivitas ditentukan dengan menimbang bobot umbi segar per petak yang dipanen dan dikonversi per ha.

HASIL

Penelitian ini tidak dirancang untuk menilai teknologi tunggal, tetapi keefektifan paket teknologi terhadap penyakit bawang merah yang terjadi secara alami pada kondisi lapangan. Tabel 1 menunjukkan bahwa insidensi pneyakit maksium 14.71 %. Semua perlakuan agens pengendali hayati dan fungisida mempunyai insidensi penyakit busuk batang fusarium yang lebih rendah bila dibanding tanpa perlakuan. Selanjutnya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan agens hayati, kecuali 4 MST. Perlakuan FNP + PGPR + KA dan PGPR + KA memberikan penekanan penyakit busuk batang yang nyata pada 4 MST.

Semua perlakuan agens pengendali hayati menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol dalam mengendalikan penyakit bercak ungu, tetapi tidak berbeda nyata antarperlakuan (Tabel 2). Seluruh perlakuan kombinasi agens hayati memiliki efektivitas yang sama dengan teknik konvensional, yaitu penggunaan fungisida kimia sintetik. Keefektifan kombinasi tiga agens pengendali hayati (FNP + PGPR + KA) tidak berbeda nyata dengan dua agens hayati saja yaitu FNP + KA, PGPR + KA atau FNP + PGPR.

Semua perlakuan agens pengendali hayati meningkatkan pertumbuhan bawang merah

Tabel 1 Insidensi penyakit busuk batang fusarium bawang merah dengan berbagai kombinasi agens hayati

Perlakuan[a]	Insidensi penyakit pada umur (minggu setelah tanam)[b]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
FNP + PGPR + KA	0.26 b	0.74 b	0.74 a	1.73 a	8.11 a	8.48 a	10.03 a	12.23 a
FNP + KA	0.00 a	0.59 b	0.59 a	2.00 b	8.03 a	8.24 a	10.41 a	12.29 a
PGPR + KA	0.00 a	0.21 a	0.65 a	1.53 a	7.86 a	8.33 a	9.41 a	11.26 a
PGPR + FNP	0.00 a	0.20 a	0.62 a	2.05 b	7.85 a	8.08 a	9.39 a	11.32 a
Fungisida sintetik	0.00 a	0.26 a	1.00 a	2.41 c	8.21 a	8.70 a	10.33 a	12.27 a
Kontrol	0.00 a	0.18 a	0.74 a	2.92 d	10.00 b	10.40 b	13.15 b	14.71 b

[a] FNP, Fusarium nonpatogenik; PGPR, *plant growth promoting rhizobacteria*.; KA, khamir antagonis.
[b]Angka yang diikuti simbol yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf nyata α 5%.

Tabel 2 Keparahan penyakit bercak ungu pada bawang merah dengan berbagai kombinasi agens hayati

Perlakuan[a]	Keparahan penyakit (%) pada umur (minggu setelah tanam)[b]							
	1	2	3	4	5	6	7	8
FNP + PGPR + KA	0	0	0	0	8.24 a	12.23 a	20.81 a	26.37 a
FNP + KA	0	0	0	0	9.67 a	12.25 a	29.41 a	29.26 a
PGPR + KA	0	0	0	0	8.45 a	13.32 a	25.67 a	27.81 a
PGPR + FNP	0	0	0	0	9.45 a	14.16 a	28.45 a	30.48 a
Fungisida sintetik	0	0	0	0	9.56 a	14.41 a	32.31 a	28.43 a
Kontrol	0	0	0	0	21.34 b	27.28 b	37.23 b	37.24 b

[a] FNP, Fusarium nonpatogenik; PGPR, *plant growth promoting rhizobacteria*.; KA, khamir antagonis.
[b]Angka yang diikuti simbol yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf nyata α 5%.

untuk variabel jumlah daun, panjang akar, dan tinggi tanaman, tetapi tidak berbeda nyata antarperlakuan. Efek stimulasi pada tanaman dengan perlakuan fungisida kimia sintetik juga memacu pertumbuhan (Tabel 3).

Produktivitas bawang merah dengan perlakuan agens pengendali hayati memiliki bobot umbi segar yang cukup tinggi. Tanaman dengan perlakuan agens hayati PGPR + KA dan FNP + PGPR memiliki bobot umbi segar yang paling tinggi di antara perlakuan agens pengendali hayati lainnya. Sementara itu, semua perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4).

PEMBAHASAN

Pengendalian hayati penyakit seringkali diterapkan dengan memberikan perlakuan kombinasi agens pengendali hayati. Penerapan perlakuan kombinasi agens hayati dimaksudkan untuk meningkatkan keefektifan pengendalian dan efisiensi aplikasi termasuk efisiensi kebutuhan tenaga kerja dan biaya. Perlakuan kombinasi akan lebih bermanfaat jika agens hayati yang digunakan memiliki mekanisme kerja yang berbeda. Dilaporkan bahwa FNP dan PGPR mempunyai mekanisme mengendalikan penyakit dengan cara induksi resistensi tanaman. FNP dilaporkan dapat menginduksi ketahanan tanaman yang dibuktikan dengan penurunan viabilitas patogen, perluasan daerah pertahanan (khusus pada dinding sel tanaman), dan penyempitan daerah interseluler dari sel tanaman (Benhamou *et al.* 2002). Aplikasi PGPR dilaporkan dapat menunda munculnya gejala penyakit hawar daun kentang, hal tersebut disebabkan tanaman memiliki ketahanan sistemik terhadap invasi patogen *Phytophthora infestans* dibandingkan dengan tanaman yang tidak mendapatkan perlakuan PGPR (Purwantisari *et al.* 2019). Sementara khamir antagonis memiliki mekanisme mengendalikan penyakit dengan kompetisi nutrisi dan ruang, hiperparasitisme, dan antibiosis serta lisis (Lestari *et al.* 2020).

Galur PGPR yang digunakan pada penelitian ini merupakan campuran *P. polymixa* BG25 dan *P. fluorescens* PG01 yang diketahui efektif meningkatkan ketahanan terhadap

Tabel 3 Pertumbuhan tanaman bawang merah dengan berbagai perlakuan kombinasi agens pengendali hayati[a]

Perlakuan[b]	Jumlah daun[c]	Panjang akar (cm)	Tinggi tanaman (cm)
FNP + PGPR + KA	44 b	8.34 b	33.46 b
FNP + KA	45 b	7.85 ab	32.12 b
PGPR + KA	40 b	8.27 b	35.44 b
PGPR + FNP	39 b	8.14 b	32.06 b
Fungisida sintetik	44 b	8.00 b	30.15 a
Kontrol	32 a	7.25 a	31.28ab

[a] Variabel pertumbuhan tanaman diukur pada 28 hari setelah tanam
[b]FNP, Fusarium nonpatogenik; PGPR, *plant growth promoting rhizobacteria*.; KA, khamir antagonis.
[c]Angka yang diikuti simbol yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf nyata α 5%.

Tabel 4 Bobot umbi segar tanaman bawang merah dengan berbagai perlakuan kombinasi agens pengendali hayati

Perlakuan[a]	Bobot umbi segar (ton ha^{-1})[b]
FNP + PGPR + KA	6.58 bc
FNP + KA	6.45 bc
PGPR + KA	7.58 c
PGPR + FNP	7.25 c
Fungisida sintetik	6.00 b
Kontrol	2.58 a

[a] FNP, Fusarium nonpatogenik; PGPR, *plant growth promoting rhizobacteria*.; KA, khamir antagonis.
[b]Angka yang diikuti simbol yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata dengan DMRT pada taraf nyata α 5%.

penyakit bercak ungu dan juga meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman (Widodo *et al*. 2006). FNP yang digunakan pada penelitian ini juga mempunyai efek sebagai pemacu pertumbuhan dan induksi ketahanan terhadap penyakit busuk batang fusarium (Kaur *et al*. 2010; Isniah dan Widodo 2015); sedangkan kemampuan FNP dalam menginduksi ketahanan tanaman bawang merah terhadap penyakit bercak ungu belum diketahui.

Aplikasi PGPR disertai penyemprotan berjadwal khamir *C. terreus* dan *C. albidus* mempunyai tingkat pengendalian yang sama dengan kombinasi lainnya, namun menghasilkan nilai produktivitas tertinggi. Hal ini disebabkan karena PGPR memiliki peran dalam meningkatkan produksi tanaman, yang diduga ada hubungannya dengan kemampuan mensintesis hormon tumbuh (Tuhuteru *et al.* 2019). Campuran dua khamir antagonis efektif menekan penyakit hawar daun bunga *Dendrobium* yang disebabkan oleh *Curvularia pallescens* (Wiyono dan Agustina 2012). Khamir antagonis seperti *Aureobasidium pulullans*, *Sporobolomyces roseus*, *Saccharomyces cerevisiae* dilaporkan sebagai khamir yang efektif menekan *Alternaria porri* dan *Stemphyllium* sp. pada tanaman bawang bombai (Fokkema dan Lorbeer 1974; Hussein *et al*. 2007).

Aplikasi tiga agens pengendali hayati tidak menghasilkan pengendalian yang lebih baik dibandingkan dengan kombinasi dua agens pengendali hayati. Hal tersebut terjadi karena FNP dan PGPR memiliki mekanisme yang sama, yaitu mengendalikan penyakit dengan cara induksi resistensi tanaman, sedangkan khamir memiliki mekanisme kompetisi dan antibiosis. Insidensi penyakit busuk batang fusarium yang rendah pada penelitian ini membuat keefektifan FNP tidak dapat dinilai, walaupun beberapa penelitian menunjukkan efek sinergis ko-inokulasi rhizobakteria dan FNP (Lemanceau dan Alabouvette 1991; Leeman *et al*. 1996). Penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi FNP dan

PGPR secara bersama tidak memiliki tingkat pengendalian yang lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi tunggal.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penyakit bawang merah di lapangan dapat dikendalikan sepenuhnya dengan aplikasi agens pengendali hayati, dengan kombinasi terbaik ialah perlakuan umbi bawang merah dengan PGPR dan penyemprotan KA. Kombinasi PGPR dan KA tersebut memiliki keefektifan yang tinggi dalam menekan penyakit bercak ungu dan mendukung produktivitas tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan konvensional melalui aplikasi fungisida berjadwal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Sinas Kemenristekdikti melalui Pusat Kajian Hortikultura Tropika, IPB University yang mendanai penelitian berjudul Pengendalian Varietas dan Teknologi Sayuran Utama dan *Indigenous* untuk Mendukung Ketahanan Pangan, dengan No Kontrak: 12/SEK/INSINAS/PPK/IV/2015.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah L, Hidayat P, Buchori D, Rahardjo BT. 2015. Pengaruh perbedaan pengelolaan agroekosistem tanaman terhadap struktur komunitas serangga pada pertanaman kedelai di Ngale, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. 15(1):53–64. DOI: https://doi.org/10.23960/j.hptt.11553-64.

Alabouvette C, Olivain C, Migheli Q, Steinberg C. 2009. Microbiological control of soil-borne phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt-inducing *Fusarium oxysporum*. New Phytologist. 184(3):529–544. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03014.x.

Amaria W, Khaerati, Harni R. 2019. Peranan agens hayati dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. Perspektif. 18(1):52–66. DOI: https://doi.org/10.21082/psp.v18n1.2019.52-66.

Benhamou N, C Garand, A Goulet. 2002. Ability of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Starin Fo47 to induce resistance against *Pythium ultimum* infection in cucumber. Applied and Environmental Microbiology. 68(8):4044–4060. DOI: https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.4044-4060.2002.

Fahrun M, Panggeso J, Rosmini R. 2018. Efikasi ekstrak daun sirih terhadap alternaria porri penyebab penyakit bercak ungu pada bawang merah secara *in vitro*. Agrotekbis: E-Jurnal Ilmu Pertanian. 6(6):757–763.

Fokkema J, Lorbeer RC. 1974. Interaction between *Alternaria porri* and saprophytic mycoflora of onion leaves. Phytopathology. 64:1128–1133. DOI: https://doi.org/10.1094/Phyto-64-1128.

Hidayat F, Khamidi T, Wiyono S. 2010. Knowledge, attitude and practices of Tegal farmers and its relation to pesticide intoxication. Jurnal Bumi Lestari. 10:1–12.

Hussein MAM, Hassan MHA, Allam ADA, Abo-Elyousr KAM. 2007. Management of Stemphylium blight of onion by using biological agents and resistance inducers. Egypt Journal of Phytopathology. 35(1):49–60.

Isniah US, Widodo. 2015. Eksplorasi *Fusarium* nonpatogen untuk pengendalian penyakit busuk pangkal pada bawang merah. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 11 (1):14–22. DOI: https://doi.org/10.14692/jfi.11.1.14.

Kaur R, Kaur J, Singh RS. 2010. Nonpathogenic *Fusarium* as a biological control agent. Plant Pathology Journal. 9(3):79–91. DOI: https://doi.org/10.3923/ppj.2010.79.91.

Kavroulakis N, Ntougias S, Zervakis GI, Ehaliotis C, Haralampidis K, Papadopoulou KK. 2007. Role of ethylene in the protection of tomato plants against soil-borne fungal pathogens conferred by an endophytic *Fusarium solani* strain. Journal of Experimental Botany. 58(14):3853–3864. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/erm230.

Leeman M, Den Ouden FM, Van Pelt JA, Cornelissen C, Matamala-Garros A, Bakker PA, Schippers B. 1996. Suppression of fusarium wilt of radish by co-inoculation of fluorescent *Pseudomonas* spp. and root-colonizing fungi. European Journal of Plant Pathology. 102:21–31. DOI: https://doi.org/10.1007/BF01877112.

Lemanceau P, Alabouvette C. 1991. Biological control of fusarium diseases by fluorescent *Pseudomonas* and non-pathogenic *Fusarium*. Crop Protection. 10(4):279–286. DOI: https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90006-D.

Lestari MD, Suketi K, Widodo, Wiyono S. 2020. Pemanfaatan khamir antagonis untuk memperpanjang umur simpan dan mengendalikan penyakit antraknosa buah pepaya. Jurnal Agronomi Indonesia. 48(3):300–306. DOI: https://doi.org/10.24831/jai.v48i3.32167.

Lestari RD, Winahyu N. 2021. Pengaruh Luas Lahan, Curahan Tenaga Kerja dan Biaya Produksi terhadap Pendapatan Usahatani Bawang Merah Di Kabupaten Bojonegoro. Journal Science Innovation and Technology (SINTECH). 2(1):28–34. DOI: https://doi.org/10.47701/sintech.v2i1.1578.

Neil B, Steinberg C, Labuschagne N, Viljoen A. 2006. The potential of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and other biological control organisms for suppressing fusarium wilt of banana. Plant Pathology. 55:217–223. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01344.x.

Prajawahyudo T, Asiaka FK, Ludang E. 2022. Peranan keamanan pestisida di bidang pertanian bagi petani dan lingkungan. Journal Socio Economics Agricultural. 17(1):1–9. DOI: https://doi.org/10.52850/jsea.v17i1.4227.

Purwantisari S, Parman S, Karnoto K. 2019. Ketahanan sistemik tanaman kentang oleh aplikasi PGPR. Bioma: Berkala Ilmiah Biologi. 21(2):126–131. DOI: https://doi.org/10.14710/bioma.21.2.126-131.

Rahmiyati M, Hartanto S, Sulastiningsih NWH. 2021. Pengaruh aplikasi actinomycetes terhadap serangan *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cepae* (Hanz.) Synd. et Hans. penyebab penyakit layu pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L. var. Mentes). Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi. 9(1):248–260. DOI: https://doi.org/10.33394/bjib.v9i1.3594.

Soedomo RP. 2006. Seleksi induk tanaman bawang merah. Jurnal Hortikultura. 16(4):269–282.

Towsend GR, Hueberber JV. 1943. Methods for estimating loss by disease in fungicide experiment. Plant Disease Report. 24: 340–343

Tuhuteru S, Sulistyaningsih E, Wibowo A. 2019. Aplikasi plant growth promoting rhizobacteria dalam meningkatkan produktivitas bawang merah di lahan pasir pantai. Jurnal Agronomi Indonesia. 47(1): 53–60. DOI: https://doi.org/10.24831/jai.v47i1.22271.

Widodo, Wiyono S, Widodo WD, Pujianto. 2006. Development of IPM Technology for Shallots. Research report (in Bahasa Indonesia). Bogor (ID): IPB dan Bappeda Brebes.

Wiyatiningsih, Arif W, Endang TP. 2009. Severity of fusarium basal stem rot caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* in three production centre in Indonesia. Proc. Seminar Nasional 'Akselerasi Pengembangan Teknologi Pertanian dalam Mendukung Revitalisasi Pertanian' Surabaya, 2 Desember 2009 Diselenggarakan oleh Fak. Pertanian & LPPM UPN "Veteran" Jawa Timur

Wiyono S, Widodo. 2009. The use of microbial pesticides by farmers in Indonesia as utilization of microbe diversity: plant clinic experience. Proceeding Seminar and Workshop Promoting Biodiversity in Rainforest Margin (IPB- University of Goettingen- Universitas Tadulako-DAAD). Bogor November 2009.

Wiyono S, Agustina ER. 2013. Use of yeast antagonist *Cryptococcus terreus* to control petal blight of dendrobium caused by *Curvularia pallescens*. Journal of ISSAAS. 19(1):41–48.