

Penggunaan *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan Khamir Antagonis untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman dan Pengendalian Penyakit Antraknosa pada Pepaya di Lapangan

The Use of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Antagonistic Yeast to Increase Plant Growth and Control of Anthracnose Diseases of Papaya in the Field

Suryo Wiyono^{1*}, Widodo¹, Napiudin²

Diterima 14 Desember 2020/Disetujui 26 November 2021

ABSTRACT

*Papaya production faces a destructive anthracnose diseases in Indonesia. Biological control used a combination of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and *Cryptococcus albidus* potential to control the diseases. The research objective was to assess the effectiveness of PGPR consisting of a mixture of *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus polymixa*, yeast antagonists, and its combination of PGPR and *Cryptococcus albidus* in controlling anthracnose disease, increasing the growth and yield of papaya under field conditions. An experiment was conducted in Bogor, West Java. Treatments were the application of PGPR in the nursery (P1), yeast antagonists application after papaya flowers anthesis (P2), the combination of two applications P1 and P2 (P3), and conventional plant protection using weekly spraying of fungicides with active ingredient Mankozeb 80% (P4). The experiment was arranged in a randomized complete block design with six replications as blocks with sixteen plants per block. PGPR, yeast antagonist and its combination significantly suppressed anthracnose diseases of papaya under field conditions, and increase plant growth. Moreover, the combination of applications also increased the papaya seed germination.*

*Keywords: biological agents, biological control, *Colletotrichum sp.*, fruit production, plant growth*

ABSTRAK

Produksi pepaya di Indonesia menghadapi kendala penyakit antraknosa. Kombinasi biokontrol *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) dan khamir antagonis *Cryptococcus albidus* berpotensi digunakan untuk mengendalikan penyakit antraknosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan PGPR yang terdiri dari bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus polymixa*, khamir antagonis, dan kombinasinya terhadap penyakit antraknosa pepaya di lapang. Percobaan dilakukan di pertanaman pepaya Kabupaten Bogor, Jawa Barat dengan beberapa perlakuan: (P1) perlakuan PGPR di persemaian, (P2) perlakuan khamir antagonis *Cryptococcus albidus* setelah pepaya berbunga, (P3) kombinasi perlakuan (P1) dan (P2), serta (P4) penyemprotan fungisida dengan bahan aktif Mankozeb 80% setiap minggu. Percobaan disusun dengan rancangan acak kelompok 6 ulangan dengan 16 tanaman per kelompok perlakuan. Pengamatan pertumbuhan pepaya dan produksi buah dicatat dan dianalisis. Aplikasi PGPR, khamir dan kombinasinya signifikan menekan infeksi penyakit antraknosa di kondisi lapang dan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman pepaya di lapangan. Selain itu, aplikasi kombinasi juga dapat meningkatkan daya perkecambahan benih pepaya.

Kata kunci: agens hayati, pengendalian hayati, *Colletotrichum sp.*, produksi buah, pertumbuhan tanaman

¹Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

²Wish Indonesia, Jl Batuhulung 49 Gociputih, Margajaya, Bogor Barat, Bogor.
E-mail : suryowi@apps.ipb.ac.id (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Buah pepaya merupakan salah satu buah yang banyak diminati untuk dikonsumsi di berbagai daerah di Indonesia. Salah satu masalah dalam memenuhi permintaan buah pepaya di tingkat konsumen adalah kegagalan panen akibat infeksi penyakit antraknosa yang disebabkan oleh patogen *Colletotrichum* sp. Patogen ini menginfeksi bagian buah, batang, daun, dan bahkan pembibitan tanaman pepaya, sehingga penyakit ini paling banyak merusak dan merugikan di lapangan dan pasca panen (Rangkuti *et al.*, 2017). Gejala yang ditimbulkan oleh penyakit antraknosa berupa bercak kebasahan, kemudian jaringan yang mati meleku dan selanjutnya meluas menjadi bercak kosentrik berwarna abu-abu atau kehitaman dengan titik-titik oranye pada permukaan buah atau batang, infeksi berat pada batang pepaya akan menimbulkan gejala mati pucuk (*die back*), sedangkan infeksi pada pembibitan akan menimbulkan rebah kecambah (*damping off*). Epidemi penyakit antraknosa di Indonesia terjadi pada tahun 2008 di tiga sentra pertanaman pepaya yaitu Kabupaten Bogor, Kabupaten Sukabumi, dan Kabupaten Subang (Wiyono dan Manuwoto, 2009), sehingga kejadian penyakit tersebut sangat merugikan petani.

Strategi pengendalian yang efektif serta ramah lingkungan sangat dibutuhkan dalam menekan perkembangan patogen. Pemanfaatan mikroba antagonis menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan dan dipelajari oleh peneliti dalam mengatasimasalah penyakit tanaman. Hasil penelitian Wiyono *et al.* (2007) menunjukkan bahwa perlakuan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) yang mengandung *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus polymixa* yang diaplikasikan pada benih dan tanaman cabai setiap dua minggu, dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan berpotensi mengendalikan antraknosa di lapangan. Selain itu, Jumawati *et al.* (2018) dalam penelitiannya juga menyebutkan bahwa khamir *Cryptococcus albidus* dapat menekan penyakit antraknosa cabai (*Colletotrichum gloeosporioides*), ditambah Sugiprihatini *et al.* (2011) dalam penelitiannya juga menyebutkan khamir *Cryptococcus albidus* berpotensi menekan busuk hitam pada mangga yang disebabkan oleh *Botryodiplodia theobromae*. Dharmaputra *et al.* (2016) dalam penelitiannya menyebutkan khamir *Issatchenkia orientalis* dapat menghambat total pertumbuhan penyebab penyakit antraknosa pada cabai (*Colletotrichum capsici*) secara *in vivo*.

Berbagai teknik pengendalian potensial tersebut masih perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui keefektifannya pada tanaman pepaya di lapangan. Teknik pengendalian berbasis pengendalian hayati yang efektif di lapangan akan sangat bermanfaat bagi usaha tani pepaya secara umum. Penelitian bertujuan untuk menguji efektivitas PGPR, khamir antagonis, dan kombinasinya terhadap pertumbuhan dan penyakit antraknosa pepaya di lapang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di lahan pertanaman pepaya yang merupakan daerah endemik penyakit antraknosa, Desa Cibatok, Kecamatan Cibungbulang, Kabupaten Bogor dengan jarak tanam 3 m × 2 m. Waktu penelitian dilakukan pada tahun 2020. Bahan penelitian berupa dua isolat bakteri PGPR merupakan milik Dr. Widodo dan khamir merupakan isolat koleksi Sugiprihatini *et al.* (2020). Bahan tanaman yang digunakan adalah tanaman pepaya fase vegetatif dan generatif.

Percobaan yang dilakukan merupakan percobaan lapangan. Percobaan disusun menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 1 faktor perlakuan, 4 taraf dan 6 ulangan. Satu unit percobaan terdiri dari 16 tanaman dengan jarak tanam 3 m × 2 m, varietas yang ditanam merupakan pepaya Calina yang rentan terhadap penyakit antraknosa, diperoleh dari Pusat Kajian Hortikultura Tropika (PKHT) IPB.

Perlakuan terdiri dari: perlakuan penyiraman PGPR setiap 2 minggu sekali pada benih (P1), perlakuan penyemprotan khamir antagonis setiap 2 minggu sekali pada saat tanaman mulai berbunga (P2), kombinasi perlakuan PGPR dan khamir antagonis (P3), dan kontrol (K) yaitu pengendalian penyakit antraknosa yang biasanya digunakan petani dengan penyemprotan fungisida Dithane M45 (b.a. Mankozeb 80%) setiap 1 minggu sekali. PGPR yang diaplikasikan pada benih disuspensikan dengan kepadatan 10⁷ cfu ml⁻¹ selama 1 jam. Sedangkan, penyiraman PGPR pada tanaman dilakukan dengan volume 50 ml per tanaman untuk umur kurang dari 1 bulan, 100 ml untuk tanaman 1 sampai 2 bulan, dan 200 ml untuk tanaman berumur diatas 2 bulan, semua penyiraman dilakukan dengan konsentrasi sel sebanyak 10⁷ cfu ml⁻¹. Perlakuan khamir antagonis *Cryptococcus albidus* dilakukan setelah tanaman berbunga dengan menyemprotkan suspensi khamir dalam media PDB yang berumur 72 jam dengan konsentrasi 10⁶ cfu ml L⁻¹, dan volume semprot 600 L ha⁻¹. Penyemprotan khamir antagonis dilakukan pada pukul 15.00 WIB.

Pengamatan yang dilakukan meliputi peubah pertumbuhan kecambah, pertumbuhan vegetatif tanaman, produksi buah, dan penyakit antraknosa. Peubah pertumbuhan kecambah di persemaian yang diamati meliputi daya berkecambah, tinggi, dan diameter batang pada umur 28 hari setelah semprot (HSS). Peubah pertumbuhan vegetatif tanaman muda meliputi tinggi batang, diameter batang, dan diameter kanopi pada tanaman umur 15, 30, 45, 60, 75, 90 dan 105 hari setelah tanam (HST). Peubah produksi buah yang diamati adalah jumlah buah per batang pohon, sedangkan pengamatan penyakit antraknosa pada buah pepaya dilakukan dengan menghitung kejadian penyakit (KP) dengan rumus:

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

n : jumlah tanaman yang terinfeksi

N: jumlah tanaman yang diamati

Seluruh data yang dihasilkan dianalisis menggunakan ANOVA dengan program SAS versi 9.1. Kemudian perlakuan yang memberikan pengaruh nyata diuji lanjut dengan Tukey pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan kombinasi perlakuan PG-PR+Khamir dan perlakuan PGPR meningkatkan perkecambahan benih pepaya, dengan daya perkecambahan secara berturut turut 97.50% dan 87.50% dibandingkan dengan kontrol yang memiliki daya perkecambahan 82.50%. Namun, perlakuan tidak berpengaruh nyata pada peubah tinggi dan diameter bibit (Tabel 1). Hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi PGPR mampu mempengaruhi bagian meristematik tanaman (akar) untuk berkembang lebih dan merangsang pemanfaatan unsur hara seperti N, Fe, S, P dari tanah (Latifah *et al.*, 2018). Unsur hara N dan P pada fase perkecambahan sangat berpengaruh nyata terhadap daya perkecambahan serta meningkatkan nilai kecepatan tumbuh (Manurung dan Arti, 2018).

Pertumbuhan tanaman pepaya mulai dari tinggi pohon, diameter batang, dan diameter kanopi di lapangan menunjukkan respon yang berbeda terhadap keempat perlakuan. Aplikasi PGPR menunjukkan pengaruh yang nyata sebagai pemicu pertumbuhan secara *in vivo* dibandingkan kontrol yaitu pertumbuhan tanaman yang lebih cepat pada umur 45 HST sampai 105 HST. Namun, perlakuan khamir antagonis tidak berpengaruh nyata terhadap peubah-peubah pertumbuhan tersebut (Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4). Hal tersebut disebabkan *B. polymixa* dan *P. fluorescens* yang terkandung dalam PGPR menghasilkan fitohormon dalam jumlah besar, utamanya IAA yang berperan merangsang pertumbuhan tanaman. Lee *et al.* (2010) menyatakan bahwa *Pseudomonas sp.* dapat mengkolonisasi lapisan epidermis akar sehingga keberadaannya dapat memicu penyerapan nutrisi untuk tanaman inang.

Egamberdiyeva (2007) menyebutkan bahwa *B. polymixa* strain BcP26 memiliki pengaruh stimulasi pertumbuhan dan penyerapan N, P, dan K lebih baik pada tanaman jagung di kondisi lahan miskin hara. Kemampuan pengambilan hara K oleh tanaman yang dibantu PGPR ini menjadi pemicu pertumbuhan vegetatif pepaya diantaranya tinggi tanaman, diameter batang, diameter kanopi, dan jumlah daun. Hasil penelitian Martias *et al.* (2011) tentang respon dan peningkatan produksi pepaya, menunjukkan bahwa pemberian K₂O 300 g tanaman-1 memberikan hasil nyata dalam peningkatan pertumbuhan tanaman pepaya. Hal tersebut disebabkan kalium menjadi pengaktif sejumlah besar enzim yang diperlukan untuk pembentukan pati dan protein, kalium juga mengendalikan pembukaan dan penutupan stomata melalui tekanan vigor, tekanan osmosis yang dihasilkan melalui akumulasi K⁺ di dalam sel juga digunakan untuk mendorong sel-sel dalam perluasan daun (proses fotosintesis optimal) (Maathuis dan Sanders, 1996). Ketersediaan K yang mampu dimanfaatkan tanaman mempengaruhi proses fisiologi secara optimal sehingga dapat

mempercepat pertumbuhan tanaman.

Aplikasi PGPR juga dapat meningkatkan jumlah buah per tanaman, sedangkan aplikasi khamir tunggal tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah buah pepaya (Tabel 5). Peningkatan itu diduga dipengaruhi oleh hara N yang dapat diserap oleh tanaman secara optimal untuk memenuhi kebutuhan pada fase generatif pepaya. Hasil penelitian Martias *et al.* (2011) menyebutkan bahwa nitrogen sangat berpengaruh nyata terhadap jumlah buah, panjang buah, dan padatan terlarut total, karena ketersediaan N di dalam tanah yang tergolong cukup tinggi hanya mampu mendukung pertumbuhan vegetatif sampai tanaman pepaya berumur 180 HST. Namun N tanah tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan fase generatif sampai 300 HST. Hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi PGPR dapat meningkatkan penyerapan ketersediaan N untuk tanaman yang dibutuhkan dalam jumlah banyak pada fase produktif.

Jumlah buah pepaya yang terinfeksi penyakit antraknosa paling sedikit (berbeda nyata dibanding kontrol) di lapangan terjadi pada perlakuan kombinasi PGPR + khamir, khamir tunggal, dan PGPR tunggal mulai 120 HST. Hal ini menunjukkan bahwa PGPR dan Khamir mampu menekan perkembangan penyakit antraknosa di lapangan dengan melihat persen buah yang sakit pada umur tanaman 150 HST dan 160 HST tunggal maupun kombinasi (Tabel 5).

Perlakuan khamir tunggal tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan pepaya. Penyakit antraknosa dapat tertekan karena kemampuan mikroba PGPR dalam induksi resistensi terhadap penyakit antraknosa melalui peningkatan aktivitas enzim yang berhubungan dengan akumulasi senyawa fenolik yang lebih tinggi pada tanaman inang, sehingga meningkatkan pertahanan inang terhadap infeksi patogen. Jayapala *et al.* (2019) dalam penelitiannya tentang induksi resistensi oleh bakteri *Bacillus sp.* terhadap penyakit antraknosa, menyatakan bahwa *Bacillus sp.* dapat meningkatkan aktivitas enzim yang berhubungan dengan pertahanan tanaman diantaranya *phenyl alanin amonialiase* (PAL), *peroxidase* (POX), *polyphenol oxidase* (PPO), *lipoxygenase* (LOX), dan *kitinase*. Induksi ketahanan yang dimediasi oleh PGPR mengakibatkan peningkatan regulasi enzim yang berhubungan dengan pertahanan melalui akumulasi senyawa fenolik.

Tabel 1. Pertumbuhan bibit pepaya dengan berbagai perlakuan

Perlakuan	Daya berkecambah (%)	Tinggi bibit (cm)	Diameter bibit (cm)
PGPR	87.50 ab	6.22 a	0.22 a
Khamir	81.25 a	7.28 a	0.15 a
PGPR+Khamir	97.50 b	7.04 a	0.22 a
Kontrol	82.50 a	7.64 a	0.21 a

Keterangan: Angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

Tabel 2. Tinggi tanaman pepaya dengan berbagai perlakuan agens hayati di lapangan

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)						
	15 HST	30 HST	45 HST	60 HST	75 HST	90 HST	105 HST
PGPR	16.80 a	31.00 a	65.60 b	90.20 b	126.40 b	140.40 b	170.80 b
Khamir	13.83 a	27.67 a	44.83 a	66.50 a	89.33 a	96.67 a	115.83 a
PGPR+Khamir	16.83 a	31.00 a	57.20 b	84.40 b	118.00 b	134.00 b	154.40 b
Kontrol	13.40 a	26.83 a	46.00 a	61.83 a	81.17 a	92.17 a	111.17 a

Keterangan: HST (hari setelah tanam), angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Tabel 3. Diameter batang pepaya dengan berbagai perlakuan agens hayati di lapangan

Perlakuan	Diameter batang (cm)						
	15HST	30 HST	45 HST	60 HST	75 HST	90 HST	105 HST
PGPR	0.56 a	1.65 a	2.73 b	3.95 b	5.13 a	7.60 b	8.87 b
Khamir	0.37 a	1.29 a	1.97 a	2.92 a	4.22 a	6.08 a	7.18 a
PGPR+Khamir	0.54 a	1.48 a	2.25 b	3.25 b	4.23 a	6.60 ab	7.87 b
Kontrol	0.35 a	1.31 a	2.05 a	2.78 a	4.02 a	5.50 a	7.03 a

Keterangan: HST (hari setelah tanam), angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Tabel 4. Diameter kanopi pepaya dengan berbagai perlakuan agens hayati di lapangan

Perlakuan	Diameter kanopi (cm)			
	30 HST	45 HST	75 HST	105 HST
PGPR	29.30 b	56.83 b	83.47 b	120.25 b
Khamir	23.20 a	44.83 a	68.28 a	88.67 a
PGPR+Khamir	28.43 b	53.20 b	77.25 b	107.38 b
Kontrol	25.17 a	45.17 a	65.48 a	88.67 a

Keterangan: HST (hari setelah tanam), angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Tabel 5. Kondisi buah pepaya dengan berbagai perlakuan agens hayati di lapangan

Perlakuan	120 HST		135 HST		150 HST		160 HST	
	Jumlah buah	Buah sakit/pohon						
PGPR	11.5 b	0.0 a	14.3 a	0.0 a	18.2 b	0.2 a	23.4 b	1.3 b
Khamir	9.5 a	0.0 a	12.2 a	0.0 a	14.3 a	0.5 a	9.2 a	1.2 b
PGPR+Khamir	9.5 a	0.0 a	13.8 a	0.0 a	16.8 b	0.1 a	20.9 ab	0.5 a
Kontrol	8.3 a	1.0 a	12.5 a	0.5 a	13.1 a	0.8 b	17.4 a	2.3 c

Keterangan: HST (hari setelah tanam), angka pada setiap kolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%.

Perlakuan khamir *Cryptococcus albidus*, PGPR, kombinasi PGPR + khamir berpengaruh nyata terhadap penekanan penyakit antraknosa (Tabel 5), dan perlakuan kombinasi Khamir+PGPR lebih nyata menekan infeksi penyakit, sehingga keefektifannya lebih tinggi. Khamir memiliki potensi besar sebagai agens antagonis penyakit antraknosa, mekanisme penekanannya diantaranya kompetisi, antibiosis, lisis, hiperparasit, dan induksi resistensi (Wisniewski *et al.*, 2007). Mekanisme *Cryptococcus albidus* terhadap penyakit antraknosa pepaya belum diketahui jenis mekanismenya, namun keefektifan agens hayati di lapangan potensial untuk digunakan dalam usaha mengendalikan patogen antraknosa pada tanaman pepaya. Sugiprihatini *et al.* (2011) menyatakan mekanisme khamir *Cryptococcus albidus* dalam menekan penyakit busuk hitam pada mangga sangat berkorelasi dengan kemampuan antibiosis yang tinggi, sehingga patogen mampu ditekan perkembangannya.

Aplikasi PGPR pada pembibitan dan khamir ketika tanaman pepaya setelah berbunga memberikan penekanan penyakit antraknosa terbaik. Sumber inokulum *Colletotrichum sp.* pada pepaya adalah benih dan sisa-sisa tanaman. Apabila tanaman lemah dan kondisi lingkungan mendukung, maka pada fase bibit tanaman bisa menunjukkan gejala rebah kecambah atau bibit sudah mengandung patogen (gejala laten), sehingga aplikasi PGPR pada persemaian sangat membantu dalam penekanan patogen. Patogen *Colletotrichum sp.* dapat menginfeksi batang dan pelepah daun dari tanaman muda yang tidak bergejala, serta patogen ini bisa menginfeksi sistemik dan laten (Dickman dan Alvarez, 1983). Penularan lainnya juga dapat melalui percikan air. Aplikasi khamir antagonis setelah berbunga dapat membantu inang untuk melindungi dari infeksi patogen, yang berasal dari inokulum di luar tanaman.

KESIMPULAN

Aplikasi PGPR tunggal dan kombinasi dengan khamir *Cryptococcus albidus* efektif menekan infeksi penyakit antraknosa dan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman pepaya. Aplikasi PGPR mampu menekan infeksi penyakit antraknosa sebesar 43.47%, aplikasi khamir mampu menekan 47.82%, dan aplikasi kombinasi PGPR+khamir mampu menekan 78.26% infeksi penyakit antraknosa dibandingkan dengan kontrol. Namun, perlakuan khamir tunggal tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman pepaya, hanya berpengaruh terhadap penekanan penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

Dickman, M.B., A.M. Alvarez. 1983. Latent infections of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. Plant Disease. 67: 748- 750.

Dharmaputra, O.S., L.I. Sudirman, M.M. Misnawati. 2016.

Potensi khamir sebagai agens pengendalian hayati *Colletotrichum capsica*, cendawan penyebab antraknosa pada buah cabai. J. Hort Indonesia. 7(2):91-101.

- Egamberdiyeva, D. 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soil. Appl. Soil Ecol. 36 (2): 184-189. Doi: 10.1016/j.apsoil.2007.02.005.
- Jayapala, N., N.H. Mallikarjunaiah, H. Puttaswamy, H. Gavi-rangappa, N.S. Ramachandrapa. 2019. *Rhizobacteria Bacillus sp.* induce resistance against anthracnose disease in chili (*Capsicum annum L.*) through activating host defense response. Egypt. J. Biol. Pest Control. 45 (29): 1-9.
- Jumawati. R., R. Poerwanto, S. Wiyono, K. Suketi. 2018. Pengaruh beberapa khamir antagonis terhadap penyakit antraknosa dan umur simpan pada buah mangga. J.Fitopatologi Indonesia. 14(5): 153–158. Doi: 10.14692/jfi.14.5.153.
- Latifah, E., H.A Dewi, P.B. Daroini, A.Z. Zakaria, J. Mariyono, A.L Hakim. 2018. Uji teknis dan ekonomis komponen pengendalian hama penyakit terpadu pada usaha tani tomat. J. Agrovigor. 11 (1): 1-8.
- Lee, S.W., I.P. Ahn, S.Y. Sim, S.Y. Lee, M.W. Seo, S. Kim, S.Y. Park, Y.H. Lee, K. Seogchan. 2010. *Pseudomonas sp.* LSW25R antagonistic to plant pathogens promoted plant growth and reduced blossom-end rot of tomato fruits in a hydroponic system. Eur. J. Plant Pathol. 126:1–11. Doi: 10.1007/s10658-009-9514-3.
- Maathuis, F.J.M., Sanders. 1996. Mechanisms of potassium absorption by higher plant roots. Physiol. Plant. 96: 68-158.
- Manurung, A.N.H., I.M. Arti. 2018. Optimasi pemupukan pada perkecambahan benih kacang panjang ungu (*Vigna sinensis L.var Fagiola IPB*). J Pertanian Presisi. 2(2): 90-97.
- Martias., F. Nasution, Noffindawati, T. Budiyaniti, Y. Hilman. 2011. Respons pertumbuhan dan produksi pepaya terhadap pemupukan nitrogen dan kalium di lahan rawa pasang surut. J. Horti. 21(4): 324-330.
- Rangkuti, E.E., S. Wiyono, Widodo. 2017. Identifikasi *Colletotrichum spp.* tanaman pepaya. J. Fitopatologi Indonesia. 13(5):175-183. Doi: 10.14692jfi.13.5.175.
- Sugiprihatini, D., S. Wiyono, Widodo. 2011. Selection of yeasts antagonists as biocontrol agent of mango fruit

rot caused by *Botrydiplodia theobromae*. Microbiology. 5(4):154-159.

Wisniewski, M., C. Wilson, S. Droby, E. Chalutz, A. El Ghaouth, S. Stevens. 2007. Postharvest Biocontrol: New Concepts and Applications. In: Vincent C, Goettel MS, Lazarovits G, editor. Biological control: a Global perspective. Wallingford (UK): CAB International.

Wiyono. S., Widodo, Pujianto, S. Santoso, B. Istiaji, T. Khamidi, D. Buchori. 2007. Ecological agriculture in the highland of Java Indonesia; preliminary step toward organic agriculture. hal. 71-72. Makalah pada International Conference of Organic Farming, FAO, Rome, 3-5 Mei 2007.

Wiyono. S., S. Manuwoto. 2009. Penyakit Antraknosa pada Pepaya dan Potensi Pengendaliannya. Pusat Kajian Buah Tropika LPPM IPB.