Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati, Vol. 8(2): 120-130, Juni 2023
p-ISSN 2527-3221, e-ISSN 2527-323X, https://ojs.uajy.ac.id/index.php/biota
DOI: 10.24002/biota.v8i2.6075

Variasi Konsentrasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Rendaman Akar Bambu Menghambat Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*

Variations of Concentration of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) From Soaking Bamboo Roots Inhibits the Growth of *Fusarium oxysporum* in vitro

I Kadek Sandiase[1*], Ni Luh Putu Manik Widiyanti[1], I Wayan Sukra Warpala[1]

[1]Jurusan Biologi dan Perikanan Kelautan, Universitas Pendidikan Ganesha
Jalan Udayana No. 11, Singaraja 81116, Bali, Indonesia
Email: ikadeksandiase@gmail.com **Penulis Korespondensi*

Abstract

One of the biological agents which potential as biopesticide is plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). PGPR has the ability to suppress the growth of the *Fusarium oxysporum* through direct and indirect mechanisms. PGPR has been known to live in bamboo roots which have the ability to increase the growth of bamboo plants and suppress phytopathogenic activity. This study aims to determine the inhibition activity and optimum concentration of PGPR from bamboo root immersion in inhibiting the growth of *Fusarium oxysporum*. The experiment method was the antagonist method on PDA media, and mixed media of PDA and NA. The PGPR concentration of the bamboo root immersion were 2.5, 5, 7.5, and 10%. The data in this study were analyzed descriptively and statistically. Statistical analysis used the One Way Anova test continuing with the Tukey HSD test at a significance level of 0.05. The results of this study indicated that there were differences in the inhibition of PGPR at various concentrations on the growth of *Fusarium oxysporum* on PDA media and mixed media. The PGPR concentration of bamboo root immersion that was most effective in inhibiting the growth of *Fusarium oxysporum* was 10%.

Keywords: Antagonist test, Bamboo roots, Biocontrol, *Fusarium oxysporum,* Growth promoting rhizobacteria

Abstrak

Salah satu agen hayati yang berpotensi sebagai biopestisida adalah *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR). PGPR memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* melalui mekanisme secara langsung dan secara tidak langsung. PGPR diketahui ada pada akar bambu yang memiliki kemampuan meningkatkan pertumbuhan tanaman bambu dan menekan aktivitas fitopatogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya hambat serta konsentrasi optimum dari PGPR rendaman akar bambu dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*. Metode pengujian digunakan adalah metode uji antagonis pada media PDA, dan media campuran PDA dan NA. Variasi konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang digunakan adalah 2,5, 5, 7,5 dan 10%. Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis secara deskriptif dan statistik. Analisis statistik menggunakan uji *One Way Anova* dan dilanjutkan dengan uji Tukey HSD pada taraf signifikansi 0,05. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ada perbedaan daya hambat PGPR rendaman akar bambu berbagai konsentrasi terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* pada media uji PDA dan media campuran. Konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* adalah 10%.

Kata kunci: Uji antagonis, Akar bambu, Biokontrol, *Fusarium oxysporum, Growth promoting rhizobacteria*

Diterima: 3 Juli 2022, Direvisi: 16 Februari 2023, Disetujui: 5 Maret 2023

Copyright© 2023. I Kadek Sandiase, Ni Luh Putu Manik Widayanti, I Wayan Sukra Warpala

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

How to cite: Sandiase, I. K., Widayanti, N. L. P. M. & Warpala, I. W. S. (2023). Variasi Konsentrasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Rendaman Akar Bambu Menghambat Pertumbuhan Jamur Fusarium oxysporum Secara In Vitro. Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati 8(2): 120-130.

Pendahuluan

Jamur *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu jamur patogen penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman hortikultura, salah satunya yaitu tanaman tomat. Serangan jamur ini merupakan salah satu faktor yang seringkali menjadi kendala bagi petani dalam upaya meningkatkan produktivitas tanaman tomat. Jamur *Fusarium oxysporum* menginfeksi tanaman tomat ketika berada dalam kondisi kekurangan zat unsur hara, terlalu banyak terpapar sinar matahari, kekeringan, ataupun kondisi ketika tanaman terlalu banyak menghasilkan buah akibatnya jamur tersebut dapat dengan mudah menyebabkan kerusakan pada akar tanaman dan kerusakan tersebut dapat menyebar ke bagian tanaman yang lain. Serangan jamur ini dapat menyebabkan kerugian produksi tomat sekitar 30-40% dan bahkan dapat meningkat hingga 80% jika kondisi iklim sangat mendukung untuk pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* (Vignesh *et al*., 2021).

Upaya yang dilakukan petani Indonesia untuk mengatasi serangan penyakit layu fusarium tersebut masih menggunakan fungisida kimia. Hal ini dikarenakan fungisida kimia dapat dengan cepat dan efektif mengendalikan patogen tanaman. Fakta inilah yang membuat petani sangat percaya diri dengan fungisida kimia. Saat ini, pertanian Indonesia sangat bergantung pada penggunaan fungisida kimia untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi pertanian.

Dampak negatif dari penggunaan fungisida kimia secara eksponensial dalam pertanian dapat menimbulkan kekhawatiran serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, serta bertanggung jawab dalam menghasilkan strain patogen yang resisten terhadap fungisida. Penggunaan fungisida kimia juga dapat menghambat fotosintesis dengan menghancurkan kloroplas, mempengaruhi aktivitas fotosistem II dan biosintesis klorofil. Penghambatan proses fotosintesis ini dapat menyebabkan penurunan produksi fotoasimilat yang mengakibatkan penurunan pertumbuhan dan hasil tanaman. Salah satu cara untuk mengurangi efek negatif dari penggunaan fungisida kimia yang berlebihan, yaitu dengan menerapkan konsep pertanian organik (Diliarosta, *et al*., 2020) dengan menggunakan biopestisida.

Salah satu agen hayati yang berpotensi sebagai biopestisida adalah *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR). PGPR memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* melalui mekanisme secara langsung dan secara tidak langsung (Boukerma *et al*., 2017). Dari beberapa hasil penelitian, PGPR diketahui dapat mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum,* seperti PGPR *Pseudomonas* sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* sebesar 56,72% (Nazir *et al*., 2020). Selain itu, PGPR *Bacillus aryabhattai* strain SRB02 mampu mengurangi efek penyakit layu fusarium pada tanaman tomat (Syed *et al*., 2020). Hal ini disebabkan karena bakteri PGPR memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* melalui aktivitas antagonis dan melalui mekanisme induksi resistensi sistemik dengan pemberian bakteri PGPR pada tanaman (Boukerma *et al*., 2017).

Secara alami PGPR dapat dibuat dengan menggunakan akar tanaman bambu. Melimpahnya tanaman bambu menjadi potensi tersendiri di Indonesia yang dapat dikembangkan menjadi biofertilizer dan biopestisida. Hal ini dikarenakan pada perakaran bambu terdapat bakteri PGPR yang memiliki kemampuan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan aktivitas fitopatogen. Namun saat ini pembuatan PGPR dengan memanfaatkan bahan-bahan alami sebagai biopestisida belum ada. Hal ini disebabkan karena sebagian besar petani masih bergantung pada penggunaan pestisida kimia dengan alasan pembuatannya lebih praktis dan kurangnya pengetahuan serta keinginan petani untuk membuat biopestisida (Diliarosta, *et al*., 2020).

Akar bambu banyak terkolonisasi strain PGPR *Pseudomonas fluorescens* yang dapat memproduksi senyawa antibiotik untuk mencegah terjadi serangan jamur patogen yang berada di dalam rhizosfer (Pratiwi, *et al*., 2017; Kenawy *et al*., 2019). Berdasarkan studi pendahuluan, PGPR dari rendaman akar bambu pada konsentrasi 2,5% sudah dapat menekan pertumbuhan *Fusarium oxysporum* sebesar 10 mm yang diujikan pada media PDA. Hal ini menunjukkan bahwa PGPR rendaman akar bambu dapat digunakan sebagai biokontrol untuk menghambat pertumbuhan jamur

Fusarium oxysporum. Namun pemanfaatan PGPR dari akar bambu sebagai biokontrol saat ini belum ada, maka perlu dilakukan kajian untuk mengetahui kemampuan PGPR rendaman akar bambu sebagai biokontrol dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*.

Secara umum pengujian antagonis antara bakteri dan jamur mikroskopis dilakukan dengan menggunakan media PDA. Namun media PDA merupakan media yang umum yang digunakan untuk menumbuhkan jamur mikroskopis yang memiliki pH 4,5 sampai 5,6, sedangkan media umum untuk pertumbuhan bakteri, yaitu media NA yang memiliki pH 7 (netral). Selain itu, nutrisi yang diperlukan oleh bakteri dan jamur pun berbeda. Oleh karena itu, diperlukan media biakan yang cocok untuk pertumbuhan kedua mikroba tersebut. Salah satu solusinya yaitu dengan menggabungkan media PDA dan media NA. Namun informasi mengenai penggunaan media campuran antara media PDA dan media NA untuk menguji kemampuan antagonis bakteri dalam menekan jamur mikroskopis secara *in vitro* masih terbatas, maka dari itu perlu dilakukan kajian untuk mengetahui kemampuan PGPR rendaman akar bambu sebagai biokontrol dalam menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* yang diuji antagoniskan pada media PDA dan media campuran (PDA+NA).

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *true experimental* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Populasi pada penelitian ini adalah stok kultur jamur *Fusarium oxysporum* di Laboratorium Mikrobiologi Undiksha, sedangkan sampelnya adalah jamur *Fusarium oxysporum* yang diberikan perlakuan variasi konsentrasi PGPR rendaman akar bambu. Variasi konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang digunakan pada penelitian ini yakni 2,5, 5, 7,5 dan 10%. Sampel yang digunakan berjumlah 25 sampel yang dipilih melalui teknik *Simple Random Sampling.*

Penelitian ini terdiri dari 3 tahap, yakni tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan analisis data. Tahap persiapan diawali dengan pembuatan PGPR dari rendaman akar bambu. Akar bambu yang digunakan dalam pembuatan PGPR, yaitu akar bambu apus/bambu tali (*Gigantochloa apus*). Proses pembuatan PGPR rendaman akar bambu terdiri dari 3 tahapan, yaitu pembuatan biang/starter dengan cara merendam akar bambu sebanyak 100 gram dalam toples dengan menggunakan 1 liter aquades steril selama 3-4 hari. Air rendaman akar bambu tersebut dijadikan biang/*starter.* Selanjutnya, pembuatan larutan media tumbuh untuk biang PGPR dengan mencampurkan 40 gram gula pasir sebagai sumber karbon, dedak halus 100 gram sebagai karbon, 20 gram terasi sebagai sumber karbon, dan satu sendok kapur sirih dalam 500 ml air. Campuran tersebut kemudian dididihkan sambil diaduk hingga merata. Setelah mendidih diamkan hingga dingin. Kemudian campurkan biang rendaman akar bambu dengan larutan media tumbuh dengan perbandingan 1:1 dan diaduk hingga merata. Campuran tersebut difermentasi selama 10 hari. Fermentasi PGPR berhasil diketahui dengan munculnya gelembung dan bau khas hasil fermentasi. Tahap selanjutnya, yaitu pembuatan media PDA dan media campuran (PDA+NA) dengan perbandingan 1:1. Media dan alat penelitian disterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121^{o}C selama ±30 menit.

Tahap pelaksanaan diawali dengan pengukuran kepadatan bakteri PGPR rendaman akar bambu yang mengacu pada Ramadhani *et al*., (2018), yaitu suspensi PGPR rendaman akar bambu diambil sebanyak 100 µl kemudian dituangkan ke tabung reaksi yang telah berisi 9,9 ml NaCl fisiologis. Suspensi tersebut dihomogenkan dengan cara dikocok. Konsorsium PGPR yang sudah tersuspensi diinkubasi selama 2x24 jam pada suhu 37^{o}C. Selanjutnya, kekeruhan PGPR dilakukan pengujian visual dengan cara dibandingkan dengan kekeruhan Mc Farland 0,5 (setara dengan suspensi bakteri yang mengandung 1,5 x 10^{8} CFU/ml) (Okunowo *et al*., 2013). Setelah kepadatan suspensi bakteri PGPR rendaman akar bambu diketahui, selanjutnya cairan PGPR rendaman akar bambu diencerkan dengan menggunakan aquades steril untuk membuat larutan dengan konsentrasi 2,5, 5, 7,5 dan 10%. Tahap selanjutnya, yaitu peremajaan isolat jamur *Fusarium oxysporum* pada media PDA selama tujuh hari. Selanjutnya, pembuatan suspensi spora jamur *Fusarium oxysporum* yang dilakukan dengan memanen spora biakan jamur dengan menambahkan 10 ml aquades steril lalu digosok dengan menggunakan jarum

ose agar spora terlepas, kemudian dimasukkan ke tabung reaksi dan ditutup dengan kapas steril. Setelah itu, suspensi spora diencerkan hingga tingkat pengenceran 10^{-1}. Suspensi spora tersebut diambil dan diteteskan dengan hati-hati sebanyak satu tetes tepat pada bidang hitung *haemocytometer* sampai seluruh ruang pada *haemocytometer* terisi suspensi spora dan kemudian tutup tetesan tersebut dengan menggunakan penutup preparat. Jumlah spora dihitung di bawah mikroskop dengan pembesaran 400 kali. Suspensi spora yang jumlahnya sudah diketahui selanjutnya distandarisasi agar memiliki kerapatan spora 1 x 10^8 spora/mL. Standarisasi kerapatan spora tersebut bertujuan untuk menyamakan pangkat dengan kepadatan suspensi bakteri PGPR rendaman akar bambu yaitu 1,5 x 10^8 CFU/mL. Kepadatan bakteri dan spora jamur yang digunakan diusahakan dalam pangkat yang sama karena pada saat pengulangan perlakuan harus dalam kondisi yang sama supaya tidak mempengaruhi hasil yang diperoleh dalam pengujian aktivitas antagonisme (Halwiyah *et al*., 2019). Kerapatan spora jamur dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C = \frac{t.\ d}{0{,}25.n} \times 10^6$$

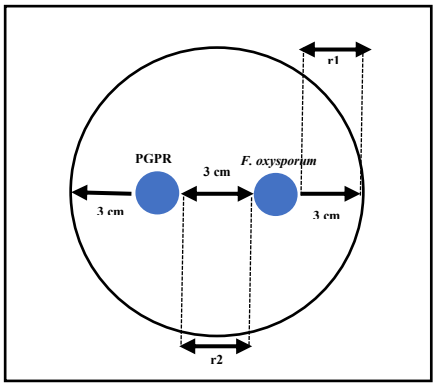
Keterangan:
C = Kerapatan spora per ml larutan
t = Jumlah spora yang terhitung pada kotak perhitungan (a, b, c, d, e)
d = Faktor pengenceran
n = Jumlah kotak kecil yang teramati (80 kotak kecil) 0,25 = Ukuran Standar *haemocytometer* (mm)

Standarisasi kerapatan spora jamur *Fusarium oxysporum* dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{b\text{-}a}{b} \times 5 \text{ ml}$$

Keterangan:
P = Volume pelarut yang ditambahkan
b = Jumlah spora yang diinginkan (10^8 spora/ml)
a = Jumlah spora yang terhitung

Uji antagonis PGPR rendaman akar bambu dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* menggunakan metode biakan ganda *(dual culture)* pada media PDA dan media campuran (PDA dan NA). Suspensi spora jamur *Fusarium oxysporum* dengan kerapatan spora 1x10^8 spora/ml diambil sebanyak 10 µL dan diteteskan ke kertas cakram berukuran 6 mm. Selanjutnya, kertas cakram yang telah ditetesi suspensi spora jamur diletakkan di bagian tepi cawan petri yang telah berisi media PDA dan media campuran (PDA dan NA) dengan jarak 3 cm. Selanjutnya larutan PGPR rendaman akar bambu diambil sebanyak 10 µL pada konsentrasi 2,5, 5, 7,5 dan 10% dan diteteskan ke kertas cakram hingga meresap. Selanjutnya, kertas cakram tersebut diletakkan berhadapan dengan kertas cakram yang telah berisi spora jamur *Fusarium oxysporum* dengan jarak 3 cm seperti pada Gambar 1. Cawan petri diinkubasi selama 7 hari pada suhu 28ºC (Rohayatun *et al*., 2017).



Gambar 1. Skema penempatan PGPR rendaman akar bambu dan isolat jamur *Fusarium oxysporum* pada cawan petri dengan metode *dual culture.*

Pada hari ketujuh pasca inokulasi dilakukan pengamatan daya hambat dan mekanisme yang terjadi dari penghambatan pertumbuhan jamur patogen *Fusarium*

oxysporum oleh konsorsium PGPR rendaman akar bambu. Pengukuran persentase kemampuan penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* dilakukan dengan mengukur jari-jari koloni jamur *Fusarium oxysporum* yang mendekati dan menjauhi koloni bakteri PGPR menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P = \frac{(r1\text{-}r2)}{r1} \times 100\%$$

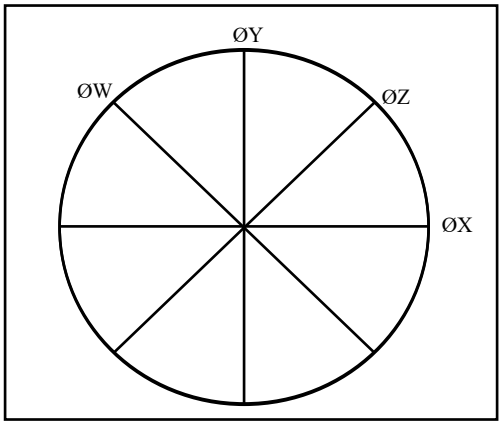
Keterangan:
P = Persentase penghambatan (%)
r_1 = Jari-jari koloni jamur *Fusarium oxysporum* yang menjauhi koloni bakteri PGPR.
r_2 = Jari-jari koloni jamur *Fusarium oxysporum* yang mendekati koloni bakteri PGPR.

Laju pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* dihitung berdasarkan pertambahan diameter miselium setiap hari sejak diinokulasi sampai hari ketujuh pasca inokulasi konsorsium PGPR rendaman akar bambu. Perhitungan laju pertumbuhan miselium jamur *Fusarium oxysporum* dilakukan dengan menggunakan metode Risdianto *et al*., (2007), yaitu dengan cara mengukur diameter arah pertumbuhan radial sebanyak 4 arah, yakni horizontal (ØX), vertikal (ØY), dan diagonal (ØZ dan ØW) seperti pada Gambar 2. Laju pertumbuhan miselium jamur *Fusarium oxysporum* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Risdianto *et al*., 2007).

$$\text{Diameter arah radial} = \frac{ØX + ØY + ØZ + ØW}{4}$$

Keterangan:
ØX = Diameter sumbu X
ØY = Diameter sumbu Y
ØZ = Diameter sumbu Z
ØW = Diameter sumbu W

Teknik analisis data terdiri dari teknik analisis deskriptif dan statistik. Teknik analisis data secara deskriptif dilakukan untuk mengetahui rerata dan standar devisiasi dari data yang didapatkan pada masing-masing kelompok perlakuan. Sedangkan teknik analisis data secara statistik menggunakan uji *One Way Anova* dan dilanjutkan dengan uji Tukey HSD pada nilai signifikansi 5%. Semua analisis statistik dianalisis menggunakan aplikasi SPSS 16.0 *for Windows*.



Gambar 2. Skema pengukuran laju pertumbuhan miselium jamur *Fusarium oxysporum*

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Rata-rata Persentase Daya Hambat PGPR Rendaman Akar Bambu terhadap Pertumbuhan *Fusarium oxysporum* Pada Hari Ketujuh

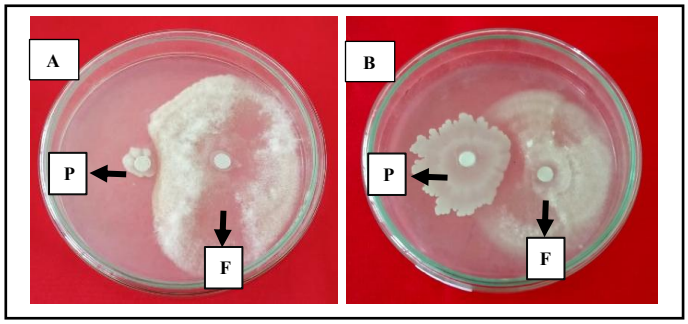
Perlakuan	Daya Hambat (%) ± SB		Peningkatan (%)
	Media PDA	Media Campuran (PDA dan NA)	
Kontrol	0,0	0,0	0
PGPR 2,5%	18,4 ± 3,78	34,0 ± 1,73	15,6
PGPR 5%	22,2 ± 4,55	41,2 ± 1,64	19,0
PGPR 7,5%	23,8 ± 6,41	51,0 ± 4,41	27,2
PGPR 10%	26,8 ± 7,49	62,0 ± 13,3	35,2

Daya Hambat PGPR Rendaman Akar Bambu terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum*

Hasil perhitungan persentase kemampuan penghambatan PGPR rendaman akar bambu terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada media PDA dan media campuran (PDA+NA) dapat dicermati pada Tabel 1. Variasi konsentrasi PGPR rendaman akar bambu dapat menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* yang diuji antagonis pada media PDA dan media campuran (PDA+NA). Persentase penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* paling tinggi yaitu pada konsentrasi 10% dan paling rendah pada konsentrasi 2,5%. Penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* oleh bakteri PGPR rendaman akar bambu lebih tinggi pada media campuran (PDA+NA) dibandingkan pada media PDA dengan peningkatan sebesar 15,6-35,2%. Hal tersebut menujukkan bahwa persentase daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* yang dibiakan pada media PDA dan media campuran (PDA+NA) semakin tinggi seiring dengan bertambahnya konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang diberikan. Hal ini mengindikasikan bahwa PGPR rendaman akar bambu mampu berkompetisi melawan jamur *Fusarium oxysporum* dalam ruang tumbuh pada media PDA maupun media campuran (PDA+NA).

Kategori efektivitas kemampuan antagonis PGPR rendaman akar bambu terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* yang dibiakan pada media PDA mengacu pada Sangoyomi (2004) menunjukkan bahwa pada konsentrasi 2,5% berkategori efektivitas rendah, sedangkan pada konsentrasi 5, 7,5 dan 10% berkategori efektivitas sedang. Sedangkan kategori efektivitas kemampuan antagonis PGPR rendaman akar bambu terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* yang dibiakan dalam media campuran (PDA+NA) pada konsentrasi 2,5% dan 5% berkategori sedang, sedangkan pada konsentrasi 7,5% dan 10% berkategori efektif. Hasil uji daya hambat PGPR rendaman akar bambu terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* pada media PDA dan media campuran (PDA+NA) dapat dicermati pada Gambar 3.

Hasil pengukuran laju pertumbuhan koloni jamur *Fusarium oxysporum* pada media PDA dan media campuran (PDA+NA) dapat dicermati pada Tabel 2.



Gambar 3. Mekanisme antagonis PGPR rendaman akar bambu dan jamur *Fusarium oxysporum.* (A) media PDA, (B) media Campuran (PDA+NA). (P) PGPR rendaman akar bambu, (F) jamur *Fusarium oxysporum*.

Tabel 2. Laju Pertumbuhan Koloni Jamur *Fusarium oxysporum* yang Diuji Antagoniskan Dengan PGPR Rendaman Akar Bambu

Perlakuan	Laju Pertumbuhan Koloni *Fusarium oxysporum* (mm/24 jam)	
	Media PDA	Media Campuran (PDA+NA)
Kontrol	7,26	6,17
2,5%	6,58	5,88
5%	6,48	5,65
7,5%	6,38	5,47
10%	6,09	5,18

Berdasarkan Tabel 2 dapat dicermati bahwa laju pertumbuhan koloni *Fusarium oxysporum* yang dibiakan pada media PDA lebih tinggi dibandingkan laju pertumbuhan koloni jamur *Fusarium oxysporum* yang dibiakan di media campuran (PDA+NA) dengan selisih laju pertumbuhan sebesar 0,7-1,09 mm/24 jam. Laju pertumbuhan koloni jamur *Fusarium oxysporum* paling tinggi yaitu pada perlakuan kontrol baik yang tumbuh pada media PDA maupun media campuran (PDA+NA) sebesar 7,26 mm/24 jam dan 6,17 mm/24 jam. Sedangkan laju pertumbuhan koloni jamur *Fusarium oxysporum* paling kecil yaitu pada perlakuan PGPR konsentrasi 10% baik yang tumbuh pada media PDA maupun media campuran (PDA+NA) sebesar 6,09 mm/24 jam dan 5,18 mm/24 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang diberikan maka semakin kecil laju pertumbuhan koloni jamur *Fusarium oxysporum*.

Berdasarkan hasil uji *One Way Anova* menunjukkan bahwa ada perbedaan persentase daya hambat variasi konsentrasi PGPR rendaman akar bambu terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* yang diujikan baik di media PDA maupun media campuran (PDA+NA). Hal ini mengindikasikan bahwa PGPR rendaman akar bambu mampu berkompetisi melawan jamur *Fusarium oxysporum* dalam ruang tumbuh pada media PDA maupun media campuran (PDA+NA). Adanya penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* oleh PGPR rendaman akar bambu diduga disebabkan adanya produksi antibiotik yang dihasilkan oleh konsorsium bakteri PGPR yang terkandung dalam akar bambu. Antibiotik yang diproduksi oleh bakteri PGPR seperti 2,4-diacetylphloroglucinol (2,4-DAPG), oligomycin A, kanosamine, butyrolactones, xanthobaccin phenazine-1-carboxylic acid, pyoluteorin, phenazines, pyrrolnitrin, zwittermycin A, viscosinamide, iturins, mycosubtilin, bacillomycin D surfactin, fengycin dan massetolide A (Viveros *et al*., 2010; Kenawy *et al*., 2019).

Senyawa antibiotik tersebut diduga diproduksi ketika pertumbuhan konsorsium bakteri PGPR rendaman akar bambu pada cawan petri dibatasi oleh keterbatasan nutrisi dan ruang tumbuh pada media karena dibiakan secara bersamaan (*dual culture*) dengan jamur *Fusarium oxysporum.* Hal ini menyebabkan terjadi kompetisi sehingga konsorsium bakteri PGPR rendaman akar bambu menghasilkan senyawa antibiotik sebagai strategi untuk tetap berkompetitif melawan jamur *Fusarium oxysporum*. Akibat dari kompetisi tersebut menyebabkan terjadinya penghambatan miselium jamur *Fusarium oxysporum.* Hal ini didukung dengan pendapat Pratiwi *et al*., (2017) yang melaporkan bahwa akar bambu banyak terkolonisasi strain PGPR *Pseudomonas fluorescens* yang dapat memproduksi antibiotik untuk mencegah terjadi serangan jamur patogen yang berada di dalam rhizosfer. Menurut Tariq *et al*., (2017) melaporkan bahwa strain bakteri *Pseudomonas fluorescens* BL915 memproduksi senyawa antibiotik pyrrolnitrin yang berperan dalam menghambat kerusakan yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani*. Bakteri *Pseudomonas* sp. juga menghasilkan senyawa antibiotik 2,4-DAPG yang dapat menghancurkan membran hifa jamur *Fusarium oxysporum* sp. serta menghasilkan senyawa antibiotik phenazine yang dapat menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* melalui mekanisme redoks (Hua *et al*., 2020; Beneduzi *et al*., 2012).

Penghambatan pertumbuhan radial koloni jamur *Fusarium oxysporum* diduga juga disebabkan oleh adanya sekresi enzim litik oleh bakteri PGPR rendaman akar bambu yang secara langsung dapat menekan pertumbuhan dan aktivitas jamur patogen dengan cara melisiskan dinding sel jamur tersebut. Adanya produksi enzim litik oleh konsorsium bakteri PGPR rendaman akar bambu diidentifikasi

dengan adanya zona bening di pertemuan koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu dengan koloni jamur *Fusarium oxysporum.* Zona hambat yang terbentuk berupa cekungan penipisan elevasi koloni jamur *Fusarium oxysporum*. Terbentuknya zona hambat tersebut diduga akibat adanya pemecahan ikatan glikosidik yang terdapat pada senyawa kitin yang merupakan komponen utama penyusun dinding sel jamur patogen. Hal ini sesuai dengan pendapat Paramanandham *et al*., (2017) yang menyatakan bahwa zona bening yang terbentuk di sekitar koloni *Fusarium oxysporum* menegaskan bahwa *Pseudomonas aeruginosa* dapat menghasilkan enzim litik protease, selulase dan kitinase. Menurut Rathore *et al*., (2020) melaporkan bahwa enzim hidrolitik chitinase, β-1,3-glukanase dan protease yang disekresikan oleh *Pseudomonas fluorescens* dapat menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* sebesar 82,15% dengan cara mendegradasi dinding selnya.

Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri PGPR rendaman akar bambu yang berperan dalam biokontrol diduga tidak hanya senyawa antibiotik dan enzim hidrolitik, melainkan terdapat senyawa hidrogen sianida (HCN) yang dapat digunakan sebagai agen biokontrol dalam menekan pertumbuhan fitopatogen. Menurut Rehman *et al*., (2020) menyatakan bahwa senyawa hidrogen sianida (HCN) sebagian besar disintesis oleh spesies bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Berdasarkan hal tersebut, diduga strain bakteri PGPR yang terkandung dalam rendaman akar bambu dapat menghasilkan senyawa hidrogen sianida (HCN). Hal ini didukung dengan penelitian Anand *et al*., (2020) yang melaporkan bahwa bakteri *Pseudomonas putida* R32 dan *Pseudomonas chlororaphis* R47 menghasilkan senyawa HCN yang dapat menghambat pertumbuhan miselium fitopatogen *Phytophthora infestans.*

Konsentrasi PGPR Rendaman Akar Bambu yang Paling Optimal Menekan Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*

Berdasarkan hasil yang didapatkan, konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang memiliki efektivitas paling tinggi dalam menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* yakni konsentrasi 10% baik pada media PDA maupun media campuran (PDA+NA) dengan persentase daya hambat sebesar 26,8% dan 62%. Adanya perbedaan daya hambat konsentrasi PGPR rendaman akar bambu dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jumlah suspensi bakteri PGPR rendaman akar bambu yang diberikan dan jumlah senyawa antifungi yang disekresikan. Hal ini dikarenakan semakin banyak konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang diberikan maka semakin besar daya hambat yang terbentuk sehingga diduga semakin banyak juga senyawa antifungi yang dihasilkan. Menurut Pitasari dan Ali (2018), adanya perbedaan jenis dan jumlah senyawa metabolit sekunder yang disekresikan oleh bakteri mengakibatkan terjadinya perbedaan kemampuan penghambatan.

Kecepatan pertumbuhan koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu juga mempengaruhi besarnya daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*. Kecepatan pertumbuhan konsorsium bakteri PGPR rendaman akar bambu dan jamur *Fusarium oxysporum* diduga menyebabkan terjadi persaingan yang ketat dalam memperoleh nutrisi dan ruang dalam media tumbuh. Berdasarkan hasil pengamatan, ukuran koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu yang tumbuh pada media campuran (PDA+NA) jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu yang tumbuh pada media PDA. Besar kecilnya ukuran koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu yang terbentuk mempengaruhi kecepatan kontak antara koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu dengan koloni jamur *Fusarium oxysporum*. Adanya kontak tersebut diduga menyebabkan terjadinya penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*. Hal ini didukung dengan pendapat Nasiroh *et al*., (2015) yang menyatakan bahwa pertumbuhan jamur patogen berhenti ketika bersentuhan dengan bakteri endofit.

Perbedaan ukuran koloni bakteri PGPR yang tumbuh pada media PDA dan media campuran (PDA+NA) diduga disebabkan akibat adanya perbedaan nutrisi yang terkandung pada masing-masing media yang digunakan dalam biakan ganda (*dual culture*). Media PDA merupakan media umum untuk membiakkan jamur mikroskopis, sedangkan media NA merupakan media umum untuk membiakkan bakteri. Adanya pencampuran antara media PDA dan media NA membuat

kandungan nutrisi pada media tersebut meningkat sehingga membuat kebutuhan nutrisi yang diperlukan untuk pertumbuhan kedua mikroba tersebut terpenuhi. Faktor inilah yang diduga menyebabkan senyawa metabolit antifungal yang diproduksi oleh bakteri PGPR rendaman akar bambu yang tumbuh pada media campuran (PDA+NA) lebih banyak dibandingkan pada media PDA sehingga menyebabkan daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* pada media campuran (PDA+NA) jauh lebih tinggi dibandingkan pada media PDA. Hasil penelitian ini sama dengan hasil penelitian Yanti *et al*., (2020) yang melaporkan bahwa penghambatan pertumbuhan jamur *Colletotrichum capsici* oleh *Bacillus* spp. lebih tinggi pada media campuran PDA dan NA dibandingkan pada media PDA dengan peningkatan sebesar 2,28-76,55%. Hasil penelitian Boukerma *et al*., (2017) juga melaporkan bahwa penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* oleh *Pseudomonas fluorescens* lebih tinggi pada media King B dan media campuran (PDA dan King-B) sebesar 47% dibandingkan pada media PDA.

Selain disebabkan akibat perbedaan nutrisi diantara kedua media tersebut, ukuran koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu diduga juga dipengaruhi oleh pH media yang digunakan dalam uji antagonis. Media PDA memiliki pH 4,5 hingga 5,6, sedangkan bakteri membutuhkan media/tempat tumbuh yang ber-pH netral (pH 7,0). Rendahnya pH media PDA menyebabkan terjadinya penghambat pertumbuhan bakteri PGPR rendaman akar bambu yang diuji antagoniskan pada media PDA sehingga bakteri yang tumbuh sedikit dan ukuran koloni yang terbentuk pun kecil. Hal inilah yang diduga mempengaruhi kemampuan antagonis bakteri PGPR rendaman akar bambu yang diinokulasi pada media PDA dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum.* Hal ini sejalan dengan pendapat Suryanto *et al*. (2011), perbedaan kemampuan penghambatan pertumbuhan jamur oleh bakteri dipengaruhi oleh adanya perbedaan struktur dinding sel jamur, perbedaan kecepatan tumbuh bakteri dan jamur yang diujikan, serta jumlah senyawa metabolit antifungi yang dihasilkan oleh bakteri.

Interaksi Mekanisme Antagonisme PGPR Rendaman Akar Bambu terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum*

Pengamatan interaksi mekanisme antagonisme PGPR rendaman akar bambu dalam menekan jamur *Fusarium oxysporum* dilakukan pada saat koloni jamur *Fusarium oxysporum* dan koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu saling bersentuhan, yaitu dari hari ke-5 hingga hari ke-7 pasca inokulasi. Mekanisme antagonis yang terjadi pada tiap perlakuan dapat dicermati pada Tabel 3. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa penghambatan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* oleh PGPR rendaman akar bambu dengan konsentrasi 2,5, 5, 7,5 dan 10% dalam biakan *dual culture* pada media PDA maupun media campuran (PDA+NA) terjadi mekanisme antagonisme, sedangkan pada perlakuan kontrol tidak terjadi mekanisme antagonisme. Mekanisme antagonisme dari PGPR rendaman akar bambu terhadap jamur *Fusarium oxysporum* diindikasikan sebagai mekanisme antibiosis. Hal ini dibuktikan dengan terbentuknya zona bening dipertemuan koloni bakteri PGPR rendaman akar bambu dan miselium jamur *Fusarium oxysporum* yang memisahkan kedua koloni tersebut.

Tabel 3. Mekanisme Antagonis PGPR Rendaman Akar Bambu pada Tiap Perlakuan

Perlakuan	Antibiosis
Penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* oleh kontrol (aquades steril)	-
Penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* oleh PGPR 2,5%	+
Penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* oleh PGPR 5%	+
Penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* oleh PGPR 7,5%	+
Penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* oleh PGPR 10%	+

Keterangan:
+ = Terjadi mekanisme antagonisme
– = Tidak terjadi mekanisme antagonisme

Simpulan dan Saran

Bertolak dari hasil penelitian, maka diperoleh simpulan sebagai berikut: (1) ada perbedaan daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* akibat pemberian variasi konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang diuji antagoniskan pada media PDA dan media campuran (PDA+NA), (2) konsentrasi PGPR rendaman akar bambu yang paling optimal dalam menekan pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* adalah konsentrasi PGPR 10% baik yang diuji antagoniskan pada media PDA dan media campuran (PDA+NA).

Beberapa saran yang dapat diajukan yaitu (1) bagi dinas pertanian disarankan untuk melakukan sosialisasi dan pelatihan kepada petani mengenai pembuatan PGPR dari rendaman akar bambu yang dapat dijadikan sebagai biopestisida, (2) bagi petani tanaman hortikultura disarankan untuk mengaplikasikan PGPR rendaman akar bambu sebagai biopestisida dengan konsentrasi 10% secara berkala untuk mencegah dan menekan terjadinya penyakit layu fusarium dan sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan akibat penggunaan fungisida kimia.

Daftar Pustaka

Anand, A., Chinchilla, D., Tan, C., Mène-Saffrané, L., L'Haridon, F., Weisskopf, L. (2020). Contribution of Hydrogen Cyanide to the Antagonistic Activity of *Pseudomonas* Strains Against *Phytophthora infestans*. Microorganisms 8: 1144.

Beneduzi, A., Ambrosini, A., Passaglia, L.M. (2012). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Their Potential as Antagonists and Biocontrol Agents. *Genet Mol Biol* 35: 1044-1051.

Boukerma, L., Benchabane, M., Charif, A. and Khelifi, L. (2017). Activity of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs) in the Biocontrol of Tomato Fusarium Wilt. *Plant Protect. Sci* 53(2): 78–84.

Diliarosta, S., Rahmat, S., Dwi, S.D., Blomechy, O.D. (2020). Innovation of Organic Vegetable Business Management Through Website Based "SKUPA" Model in Payobasung, Payukumbuh Indonesia. *Pelita Eksata* 3(2): 181-186.

Hua, G.K.H., Wang, L., Chen, J., & Ji, P. (2020). Biological Control of Fusarium Wilt on Watermelon by *fluorescent Pseudomonads*. *Biocontrol Sci. Technol* 30(3): 212-227.

Kenawy, A., Dailin, D.J., Abo-Zaid, G.A., Malek, R.A., Ambehabati, K.K., Khairun, K.H.N., Zakaria, H.N., Sayyed, R.Z., and Enshasy, H.A.E. (2019). Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management: Biosynthesis of Antibiotics by PGPR and Their Roles in Biocontrol of Plant Diseases. Springer. India.

Nasiroh, U., G. Isnawati dan Trimulyono. (2015). Aktivitas antifungi *Serratia marcescens* terhadap *Alternaria porri* penyebab penyakit bercak ungu secara *in vitro*. *Jurnal Biologi* 4(1): 13-18.

Nazir, U., M. Y. Zargar., Z. A. Baba., S. A. Mir, F. A. Mohiddin and Bhat, N. A. (2020). Biocontrol Potential of Plant Growth Promoting Rhizobacterium (PGPR)-Pseudomonas against Plant Pathogenic Fungi. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 9(2): 2516-2520.

Okunowo, W.O., O.Oyedeji, L.O. Afolabi, E. Matanmi. (2013). Essential Oli of Grape Fruit (*Citrus paradisi*) Peels and Its Antimicrobial Activities. *American Journal of Plant Sciences* 4: 1-9.

Paramanandham, P., Jobina, R., Subhaswaraj, P. & Siddhardha, B. (2017). Biocontrol Potential Against *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici and *Alternaria solani* and Tomato Plant Growth Due to Plant Growth–Promoting Rhizobacteria. *International Journal of Vegetable Science* pp. 1-10.

Pitasari, A., & Ali, M. (2018). Isolasi dan Uji Antagonis Bakteri Endofit dari Tanaman Bawang Merah (*Alllium ascalonicum* L.) terhadap Jamur *Alternaria porri* Ellis Cif. *JOM Faperta* 5(1):1-12.

Pratiwi, F., Marlina & Mariana. (2017). Pengaruh Pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobakteria* (PGPR) dari Akar Bambu terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Agrotropika Hayati* 4(2): 77 – 82.

Ramadhani, M.A. & Sulistyan, N. (2018). Uji Aktivitas Isolat Actinomycetes (Kode Gst, Kp, Kp11, Kp16, T24, dan T37) terhadap *Staphylococcus Aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922. *Indonesian*

Journal of Pharmacy and Natural Product 1(2): 20-37.

Rathore, R., Vakharia, D. N., & Dheeraj S. R. (2020). In Vitro Screening of Different *Pseudomonas fluorescens* Isolates to Study Lytic Enzyme Production and Growth Inhibition During Antagonism of *Fusarium oxysporum* f. sp. cumini, Wilt Causing Pathogen of Cumin. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 30(57): 1-8.

Rehman, F., Kalsoom, M., Adnan, M., Toor, M.D., Zulfiqar, A. (2020). Plant Growth Promoting Rhizobacteria and their Mechanisms Involved in Agricultural Crop Production: A Review. *SunText Rev Biotechnol* 1(2): 110.

Risdianto, H., Setiadi, T., Suhardi, S.H., Niloperbowo, W. (2007). Pemilihan Spesies Jamur dan Media Imobilisasi Untuk Produksi Ezim Ligninolitik. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses. Bandung.

Rohayatun, I., Rahmawati, dan Mukarlina. (2017). Uji Antagonis Isolat Jamur Rizosfer Lokal terhadap *Phytophthora* sp. Im5 dari Pangkal Batang Tanaman Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var microcarpa). *Protobiont* 6(3): 130-135.

Sangoyomi, T.E. (2004). Post-harvest Fungal Deterioration of Yam (*Dioscorea rotundata* Poir) and its Control [Thesis]. International Institute of Tropical Agriculture.

Suryanto, D., Irawati, N., Munir, E. (2011). Isolation and Characterization of Chitinolytic Bacteria and Their Potential to Inhibit Plant Pathogenic Fungi. *Microbiologi Indonesia* 5(3): 144–148.

Syed Nabi, R., Begum., Shahzad, R., Tayade, R., Shahid, M., Hussain, A., Ali, M. W., & Yun, B.-W. (2020). Evaluation Potential of PGPR to Protect Tomato against Fusarium wilt and Promote Plant Growth. *PeerJ*, *9*.

Tariq, M., Noman, M., Ahmed, T., Hameed, A., Manzoor, N. (2017). Antagonistic Features Displayed by Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): A Review. *J Plant Sci Phytopathol* 1: 038-043.

Vignesh, K., Meenatchi, S. & Tamilselvan, B. (2021). In-Vitro Efficacy of PGPR *Bacillus Subtilis* against Fusarium Wilt in Tomato. *AgriCos e-Newsletter* 27(2): 88-91.

Viveros, O.M., Jorquera, M.A., Crowley, D.E, Gajardo, G., Mora, M.L. (2010). Mechanisms and Practical Considerations Involved in Plant Growth Promotion by Rhizobacteria. *J Soil Sci Plant Nutr* 10: 293-319.

Yanti, Y., Hamid, H., Reflin., Warnita., Habazar, T. (2020). The Ability of Indigenous Bacillus spp. Consortia to Control the Anthracnose Disease (*Colletrotricum capsici*) and Increase the Growth of Chili Plants. *Biodiversitas* 21(1): 179-186.