

Uji Efektivitas Rizobakteri sebagai Agen Antagonis terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* Penyebab Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)

KOMANG ADI MAHARTHA
KHAMDAN KHALIMI*)
GUSTI NGURAH ALIT SUSANTA WIRYA

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana
Jl. PB. Sudirman Denpasar 80362 Bali
*) Email: khamdankhalimi@yahoo.com

ABSTRACT

Effectiveness Test of Rhizobacteria as Antagonist Agents against *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* Causes Fusarium Wilt Disease in Chili Pepper Plants(*Capsicum frutescens* L.)

Utilization of rhizobacteria as antagonist agents *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* was recommended. The objectives of this research were conducted to evaluate the effectiveness of rhizobacteria as an agents of biocontrol. *F. oxysporum* f.sp. *capsici* was put in the center of PDA medium (control). Rhizobacteria as antagonistic fungus was inoculated four side onto PDA medium and then *F. oxysporum* f.sp. *capsici* was put in the center of PDA medium. Result of this research, *Klebsiella pneumoniae* isolates KTNA2 showed strong inhibitory activity against *F. oxysporum* f.sp. *capsici*. Percentage of inhibitory activity at 89,65%. Application of *Pantoea agglomerans* isolates GTA24, *Stenotrophomonas maltophilia* isolates KTTA4, *Klebsiella pneumoniae* isolates GSA6, and *Klebsiella pneumoniae* isolates KTNA2 in the open field could suppress the disease incidence about 33,33%, 43,33%, 56,67%, and 63,33% respectively. The disease incidence on control about 80%.

Keywords: rhizobacteria, antagonist agents, and Fusarium oxysporum f.sp. capsici

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* merupakan patogen penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman cabai, khususnya cabai rawit. Jamur patogen ini dapat menyerang tanaman cabai rawit mulai dari masa perkecambahan sampai dewasa. Adanya serangan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* menjadi salah satu pembatas yang menyebabkan terjadinya penurunan produksi cabai. Kerugian akibat penyakit layu fusarium pada tanaman cabai cukup besar. Menurut Rostini (2011), penyakit ini dapat menyebabkan kerugian dan gagal panen hingga 50%.

Penggunaan fungisida kimia sintetis untuk mengendalikan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* telah banyak dilakukan dan berdampak negatif bagi ekosistem. Penggunaan fungisida kimia sintetis secara berkepanjangan juga dapat mengancam ekosistem. Soesanto (2008) menyatakan bahwa penggunaan pestisida secara terus-menerus dalam jumlah yang besar dapat mengakibatkan matinya musuh alami dan menimbulkan resistensi patogen. Penggunaan pestisida pentaklorobenzena (PCNB) dilaporkan dapat meningkatkan kejadian penyakit tanaman yang disebabkan oleh *Phytium*, *Fusarium*, dan *Phytophthora*.

Pemanfaatan agens hayati untuk menekan serangan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* tentu menjadi pilihan yang sangat dianjurkan. Salah satu agens hayati yang dapat digunakan ialah dengan memanfaatkan rizobakteri. Keberadaan rizobakteri dapat mengurangi populasi patogen tumbuhan melalui kompetisi serta produksi senyawa antimikroba (Van Loon dan Bakker, 2003). Rizobakteri juga mampu memicu ketahanan sistemik terinduksi pada tanaman, sehingga memberikan perlindungan terhadap tanaman dari serangan fitopatogen. Kemampuan rizobakteri inilah yang perlu dimanfaatkan untuk mencegah serta mengurangi kerusakan akibat patogen tumbuhan.

Melalui potensi yang dimiliki rizobakteri tersebut, tentu menjadi salah satu upaya pengendalian patogen tumbuhan yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai efektivitas rizobakteri dalam usaha untuk menekan serangan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* pada tanaman cabai rawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan rizobakteri sebagai agen antagonis dalam mengendalikan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman cabai rawit.

2. Bahan dan Metode

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian laboratorium dilakukan di Laboratorium Biopestisida, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, dan penelitian lapangan dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Penelitian dilaksanakan dari bulan September 2012 sampai dengan Maret 2013.

2.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih cabai rawit hibrida varietas DEWATA F1, jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* isolat CBT (diisolasi dari tanaman cabai besar yang terserang penyakit layu fusarium), rizobakteri *Pantoea agglomerans* isolat GTA24, *Klebsiella pneumoniae* isolat GSA6, *Stenotrophomonas maltophilia* isolat KTTA4, dan *Klebsiella pneumoniae* isolat KTNA2 (masing-masing isolat rizobakteri diperoleh dari koleksi isolat rizobakteri di Laboratorium Biopestisida), media Potato Dextrose Agar (PDA), media cair Potato Dextrose Broth (PDB), media selektif Komada, alkohol 70%, Tween 80%, akuades, pupuk kompos, dan sekam. Sedangkan, alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah labu

Erlenmeyer, cawan Petri, gelas ukur, pipet mikro, *cover glass*, *microscope slides*, *autoclave*, timbangan digital, *shaker*, mikroskop, *laminar flow cabinet*, *tray*, polibag 5 kg, meteran.

2.3 Uji Daya Hambat Rizobakteri terhadap *F. oxysporum f.sp. capsici* secara *In Vitro*

Pengujian daya hambat rizobakteri terhadap pertumbuhan jamur *F. oxysporum f.sp. capsici* secara *in vitro* ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Uji daya hambat isolat-isolat rizobakteri *P. agglomerans*, *K. pneumoniae*, dan *S. maltophilia* terhadap pertumbuhan *F. oxysporum f.sp. capsici* ditentukan dengan metode yang digunakan oleh Khalimi dan Wirya (2009). Persiapan media tumbuh dilakukan dengan menuangkan 10 ml media PDA yang masih encer (± 50 °C) pada cawan Petri. Jamur *F. oxysporum f.sp. capsici* diinokulasikan pada media PDA, ditengah-tengah cawan Petri, kemudian masing-masing isolat bakteri diinokulasikan pada 4 posisi mengapit jamur masing-masing berjarak 2 cm dari tepi cawan Petri. Untuk satu cawan Petri berisi satu isolat bakteri dan jamur *F. oxysporum f.sp. capsici*. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Kemudian, cawan Petri diinkubasi pada suhu ruang.

Penentuan luas koloni jamur *F. oxysporum f.sp. capsici* berdasarkan jari-jari (r) koloni jamur yang diukur dari masing-masing perlakuan kontrol dan rizobakteri. Pengukuran jari-jari dilakukan pada keempat sisi koloni jamur tiap perlakuan. Keempat jari-jari koloni jamur lalu dijumlahkan dan hasilnya dibagi empat untuk diketahui rata-rata jari-jarinya. Luas lingkaran koloni jamur dihitung menggunakan rumus ($A = \pi r^2$) dan masukkan rata-rata jari-jari koloni jamur yang telah diukur. Pengamatan dilakukan setiap hari untuk membandingkan luas koloni jamur *F. oxysporum f.sp. capsici* pada kontrol dan luas pertumbuhan koloni jamur pada media yang diberi perlakuan rizobakteri antagonis. Penentuan persentase daya hambat rizobakteri antagonis ditentukan dengan rumus :

$$\text{Daya hambat} = \frac{\text{Luas Koloni Kontrol} - \text{Luas Koloni Perlakuan}}{\text{Luas Koloni Kontrol}} \times 100\% \quad (1)$$

2.4 Pengujian Biomassa Jamur *F. oxysporum f.sp. capsici*

Uji biomassa koloni jamur *F. oxysporum f.sp. capsici* ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada pengujian ini, terdapat 5 perlakuan KT (kontrol *F. oxysporum f.sp. capsici*), GTA24 (*F. oxysporum f.sp. capsici* isolat CBT + *P. agglomerans* isolat GTA24), GSA6 (*F. oxysporum f.sp. capsici* isolat CBT + *K. pneumoniae* isolat GSA6), KTTA4 (*F. oxysporum f.sp. capsici* + *S. maltophilia* isolat KTTA4), dan KTNA2 (*F. oxysporum f.sp. capsici* isolat CBT + *K. pneumoniae* isolat KTNA2). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pengujian dilakukan dengan menggunakan media cair PDB sebanyak 200 ml yang telah steril. Suspensi jamur *F. oxysporum f.sp. capsici* dimasukkan sebanyak 1 ml pada masing-masing perlakuan di media cair PDB. Lalu, masukkan 1 ml masing-masing

rizobakteri yang sebelumnya telah dibiakkan pada media cair PDB selama 24 jam di tiap perlakuan rizobakteri. Kemudian, masing-masing perlakuan di-*shaker* selama 14 hari. Setelah di-*shaker* selama 14 hari, masing-masing biomassa jamur dari 5 perlakuan diambil dengan disaring menggunakan tisu. Tisu yang digunakan untuk menyaring koloni jamur sebelumnya ditimbang untuk diketahui berat awalnya. Masukkan tisu beserta koloni jamur dalam kertas amplop dan keringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 7 hari. Setelah 7 hari, kemudian timbang biomassa jamur pada tiap perlakuan. Kurangi berat akhir tisu dengan berat awal tisu untuk diketahui biomassa jamur pada tiap perlakuan.

2.5 Pembuatan Formulasi Cair Berbahan Baku Rizobakteri

Rizobakteri dapat dikemas dalam formulasi cair sebagai media pembawanya. Untuk pembuatan formulasi rizobakteri cair 1 l dengan 1 jenis rizobakteri bahan-bahannya sebagai berikut: 984 ml air steril, 5 ml media cair PDB, 10 ml Tween 80%, dan 1 ml rizobakteri yang telah diremajakan dalam media cair PDB. Setelah semua bahan dicampurkan, masing-masing formulasi rizobakteri diinkubasikan selama satu minggu dalam suhu ruang. Setelah satu minggu, formulasi rizobakteri siap digunakan.

2.6 Rancangan Percobaan

Penelitian di lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan lima perlakuan, yaitu: kontrol tanaman sakit (perlakuan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* isolat CBT), GTA24 (rizobakteri *P. agglomerans* isolat GTA24 + *F. oxysporum* f.sp. *capsici* isolat CBT), GSA6 (*K. pneumoniae* isolat GSA6 + *F. oxysporum* f.sp. *capsici* isolat CBT), KTTA4 (*S. maltophilia* isolat KTTA4 + *F. oxysporum* f.sp. *capsici* isolat CBT), dan KTNA2 (*K. pneumoniae* isolat KTNA2 + *F. oxysporum* f.sp. *capsici* isolat CBT). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 5 kali. Setiap perlakuan terdiri dari 6 tanaman, sehingga jumlah tanaman yang dibutuhkan adalah 150 tanaman.

2.7 Inokulasi Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici*

Media tanam yang akan diinokulasikan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* terlebih dahulu diberikan media stater (200 g kentang yang telah direbus, 400 g oat, 20 g sukrosa, dan 1 l air) sebanyak 30 g/polibag perlakuan. Sebanyak 20 ml suspensi *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam media cair PDB disiramkan pada masing-masing polibag perlakuan dengan kerapatan $2,4375 \times 10^4$ konidia/l. Inokulasi jamur patogen dilakukan 3 hari sebelum tanam.

2.8 Penanaman

Bibit cabai rawit yang telah berumur enam minggu di *tray* dipindahkan ke dalam polibag pada tiga hari setelah inokulasi *F. oxysporum* f.sp. *capsici*. Penanaman

bibit cabai rawit dengan menggunakan tugal kecil. Bibit cabai rawit ditanam satu bibit/polibag.

2.9 Aplikasi Rizobakteri

Aplikasi rizobakteri dalam formulasi cair pada perlakuan GTA24, GSA6, KTTA4, dan KTNA2 dilakukan sebanyak 4 kali, yaitu : pada saat tiga hari sebelum tanam, satu minggu setelah tanam (MST), dua MST, dan tiga MST. Konsentrasi aplikasi formulasi yang digunakan ialah 2%. Sementara, untuk dosis penyiraman larutan formulasi rizobakteri sebesar 10 ml/tanaman.

2.10 Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati pada penelitian ini antara lain :

- Luas Koloni Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* secara *In Vitro*
- Persentase Daya Hambat Rizobakteri terhadap *F. oxysporum* f.sp. *capsici* secara *In Vitro*
- Biomassa Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici*
- Persentase Penyakit Layu Fusarium di Lapangan

Pengamatan terhadap persentase penyakit pada cabai rawit dilakukan pada saat dua MST sampai mencapai optimal. Penggunaan perhitungan persentase penyakit ditujukan untuk penyakit yang bersifat sistemik atau merusak seluruh bagian tanaman. Menurut Sudarma (2011) rumus persentase penyakit sebagai berikut:

$$P = \frac{a}{N} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

P = Persentase penyakit (%)

a = Tanaman yang sakit pada tiap perlakuan

N = Seluruh tanaman yang yang diamati pada tiap perlakuan

e. Populasi Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam Tanah

Perhitungan populasi jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam tanah dilakukan dengan cara mengambil 1 g tanah dari setiap polibag pada perlakuan KT, GTA24, GSA6, KTTA4, dan KTNA2 pada panen cabai rawit yang terakhir. Kemudian dilakukan pengenceran pada tanah dalam 9 ml air steril. Seri pengenceran dilakukan dari 10^1 sampai 10^5 . Kemudian, tiap seri pengenceran masing-masing perlakuan dari 10^4 dan 10^5 diambil 1 ml dan campur media selektif Komada pada cawan Petri. Jumlah koloni jamur yang tumbuh diamati dan dihitung 3 hari setelah inokulasi (HSI).

2.11 Analisis Data

Data dianalisis secara statistik dengan ANOVA (*Analysis of Varians*). Apabila uji F menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Daya Hambat Rizobakteri terhadap *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dan Biomassa Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* secara *In Vitro*

Berdasarkan hasil pengamatan luas koloni jamur dan persentase daya hambat rizobakteri terhadap *F. oxysporum* f.sp. *capsici*, rizobakteri memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perlakuan kontrol (Tabel 1). Luas koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* yang terkecil ditunjukkan perlakuan *K. pneumoniae* isolat KTNA2 sebesar 129,85 mm², perlakuan *S. maltophilia* isolat KTTA4 sebesar 197,36 mm², perlakuan *K. pneumoniae* isolat GSA6 sebesar 274,75 mm², dan perlakuan *P. agglomerans* isolat GTA24 sebesar 291,82 mm². Sedangkan, luas koloni jamur tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol sebesar 1256,03 mm².

Besarnya persentase daya hambat rizobakteri terhadap jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* mengakibatkan kecilnya luas koloni jamur. Hasil uji daya hambat rizobakteri terhadap jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan rizobakteri memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap persentase daya hambat jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* (Tabel 1). Pada pengamatan 5 HSI, persentase daya hambat yang tertinggi ditunjukkan perlakuan *K. pneumoniae* isolat KTNA2 sebesar 89,65%, diikuti perlakuan *S. maltophilia* isolat KTTA4 sebesar 84,27%, perlakuan *K. pneumoniae* isolat GSA6 sebesar 78,15%, perlakuan *P. agglomerans* isolat GTA24 sebesar 76,73%, apabila dibandingkan dengan kontrol.

Pengujian pengaruh rizobakteri terhadap biomassa jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* menunjukkan bahwa dengan adanya inokulasi rizobakteri *P. agglomerans* isolat GTA24, *K. pneumoniae* isolat GSA6, *S. maltophilia* isolat KTTA4, dan *K. pneumoniae* isolat KTNA2 secara efektif mampu menekan pertumbuhan biomassa jamur (Tabel 1). Biomassa jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* pada perlakuan rizobakteri menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata dengan biomassa jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* perlakuan kontrol. Biomassa jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* terendah didapat pada semua perlakuan rizobakteri sebesar 0 g. Sedangkan biomassa jamur tertinggi diperoleh pada perlakuan kontrol, yaitu sebesar 0,12 g.

Tabel 1. Luas Koloni Jamur, Persentase Daya Hambat, dan Biomassa Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* secara *In Vitro*

Perlakuan	Luas Koloni Jamur (mm ²) 5 HSI	Persentase Daya Hambat 5 HSI ^{*)}	Biomassa Jamur Patogen (g) ^{**)}
Kontrol	1256,03 a	0,00 d	0,12 a
GTA24	291,82 b	76,73 c	0,00 b
GSA6	274,75 bc	78,15 c	0,00 b
KTTA4	197,36 cd	84,27 b	0,00 b
KTNA2	129,85 d	89,65 a	0,00 b

Keterangan : Nilai yang diikuti huruf sama pada masing-masing perlakuan pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Data dianalisis setelah ditransformasi ke transformasi arcsine^{*)} dan akar^{**)}.

Adanya rizobakteri tersebut mampu menghambat pertumbuhan koloni jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* secara *in vitro*. Kemampuan suatu agen hayati khususnya rizobakteri dalam menekan patogen biasanya melibatkan satu atau beberapa mekanisme penghambatan. Menurut Fernando *et al.* (2005), mekanisme penghambatan mikroba antagonis terhadap patogen adalah dengan menghasilkan antibiotik, toksin, kompetisi ruang dan nutrisi, menghasilkan siderofor, dan HCN. Beberapa strain *P. agglomerans* telah dilaporkan mampu menghasilkan senyawa antibiotik herbicolin, pantocin, dan phenazine yang dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman. Kontribusi senyawa antibiotik herbicolin O dan I (Ishimaru *et al.*, 1988), pantocin A dan B (Stockwell *et al.*, 2002), dan phenazine (Giddens *et al.*, 2002) berpotensi untuk aktivitas biokontrol *P. agglomerans*. Selain itu, Nandhini *et al.* (2012) juga melaporkan bahwa *Klebsiella* sp. yang diisolasi dari tanaman tomat menghasilkan siderofor dan hidrogen sianida (HCN) ketika diuji kemampuan antagonisnya terhadap *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* secara *in vitro*. Jakobi *et al.* (1996) melaporkan bahwa isolat *S. maltophilia* memiliki kemampuan antifungi dengan menghasilkan maltophilin, senyawa volatil organik (VOCs) dengan kemampuan antifungi (Kai *et al.*, 2007). *S. maltophilia* juga mampu menghasilkan enzim protease dan kitinase (Ryan *et al.*, 2009). Adanya aktivitas kitinolitik dan proteolitik dari *S. maltophilia* berkontribusi penting dalam mendegradasi dinding sel jamur patogen.

3.3 Pengaruh Rizobakteri terhadap Persentase Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Rawit dan Populasi Jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam Tanah

Berdasarkan pengamatan persentase penyakit layu fusarium pada tanaman cabai rawit di lapangan hingga 11 MST, adanya inokulasi *P. agglomerans* isolat GTA24, *K. pneumoniae* isolat GSA6, dan *S. maltophilia* isolat KTTA4 memiliki pengaruh yang berbeda nyata terhadap perlakuan KT (kontrol). Masing-masing isolat tersebut memiliki kemampuan yang berbeda dalam menekan pertumbuhan dan perkembangan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* di lapangan (Tabel 2).

Tabel 2. Persentase Penyakit Layu Fusarium dan Populasi *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam Tanah

Perlakuan	Persentase Penyakit Layu pada 11 MST ^{*)}	Populasi <i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>capsici</i> dalam Tanah (10^5 CFU/g tanah)
KT	80,00 a	12,00 a
GTA24	33,33 c	1,33 b
GSA6	56,67 bc	2,33 b
KTTA4	43,33 bc	1,67 b
KTNA2	63,33 ab	3,00 b

Keterangan : Nilai yang diikuti huruf sama pada masing-masing perlakuan pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%. Data dianalisis setelah ditransformasi ke arcsine^{*)}.

Selain itu, populasi jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam tanah pada masing-masing perlakuan rizobakteri apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol di lapangan memiliki pengaruh yang berbeda nyata (Tabel 2). Populasi jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam tanah pada perlakuan kontrol sebesar 12×10^5 colony forming unit (CFU)/g tanah. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* di dalam tanah cukup tinggi. Sedangkan populasi jamur pada masing-masing perlakuan rizobakteri yaitu : perlakuan GTA24 sebesar $1,33 \times 10^5$ CFU/g tanah, perlakuan GSA6 sebesar $2,33 \times 10^5$ CFU/g tanah, perlakuan KTTA4 sebesar $1,67 \times 10^5$ CFU/g tanah, dan perlakuan KTNA2 sebesar 3×10^5 CFU/g tanah.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kemampuan antagonisme rizobakteri *P. agglomerans* isolat GTA24 terhadap *F. oxysporum* f.sp. *capsici* di lapangan lebih baik jika dibandingkan dengan rizobakteri *K. pneumoniae* isolat GSA6, dan *S. maltophilia* isolat KTTA4. Hal ini dibuktikan dengan paling rendahnya persentase penyakit layu fusarium di lapangan dibandingkan perlakuan lainnya pada pengamatan 11 MST.

P. agglomerans isolat GTA24 diduga juga dapat memproduksi senyawa-senyawa metabolit sekunder yang dapat secara tak langsung menghambat *F. oxysporum* f.sp. *capsici*. Ishimaru *et al.* (1988) berhasil mengidentifikasi dua antibiotik yang diproduksi oleh *P. agglomerans* strain C9-1, yaitu herbicolin O dan herbicolin I, yang berkontribusi untuk memacu efek ketahanan tanaman. Sandra *et al.* (2001) melaporkan bahwa *P. agglomerans* strain Eh318 yang diujikan secara *in vitro* terhadap *E. amylovora* menghasilkan zona bening akibat senyawa antibiotik pantocin A dan B.

Ketahanan sistemik terinduksi (*Induced Systemic Resistance* (ISR)) pada tanaman cabai rawit kemungkinan juga dapat terjadi oleh kehadiran rizobakteri *P. agglomerans* isolat GTA24. Adanya ISR tentu dapat mengakibatkan tanaman cabai rawit memiliki ketahanan yang baik untuk menghadapi serangan patogen. Ramamoorthy *et al.* (2002) memaparkan bahwa mekanisme ISR terjadi sebagai akibat perubahan fisiologi tanaman yang kemudian menstimulasi terbentuknya senyawa kimia yang berguna dalam pertahanan terhadap serangan patogen.

Di samping itu, rendahnya populasi jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dalam tanah pada perlakuan rizobakteri menunjukkan bahwa dengan adanya aplikasi rizobakteri mampu menekan pertumbuhan jamur. Kemampuan antagonisme rizobakteri tentunya berdampak positif untuk menekan keberadaan jamur patogen. Rizobakteri dapat menekan jamur patogen melalui mekanisme antibiosis, kompetisi, ISR, dan produksi enzim. Hal tersebut didukung Zhang (2004) yang menyatakan bahwa kemampuan antagonisme antara rizobakteri dengan jamur patogen dapat terjadi melalui mekanisme antibiosis, kompetisi, parasitisme/predatorisme, produksi enzim ekstraseluler, dan induksi resistensi.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas maka disimpulkan bahwa :

1. Perlakuan *K. pneumoniae* isolat KTNA2 mampu menghambat *F. oxysporum* f.sp. *capsici* dengan persentase daya hambat tertinggi sebesar 89,65% apabila dibandingkan dengan perlakuan kontrol pada uji daya hambat secara *in vitro*.
2. Perlakuan rizobakteri *P. agglomerans* isolat GTA24 mampu menekan penyakit layu fusarium dengan persentase penyakit terendah sebesar 33,33% pada pengamatan 11 MST di lapangan.

4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian yang berkelanjutan untuk mengetahui kestabilan rizobakteri *P. agglomerans* isolat GTA24 sebagai agen antagonis jamur *F. oxysporum* f.sp. *capsici* di lapangan.

Daftar Pustaka

- Fernando, D., Nakkeeran, and Z. Yilan. 2005. Biosynthesis of Antibiotics by PGPR and Its Relation in Biocontrol of Plant Diseases dalam: Z.A. Siddiqui (ed.), PGPR: Biocontrol and Biofertilization. *Springer*. 67-109.
- Giddens S. R., Y. Feng, and H. K. Mahanty. 2002. Characterization of a Novel Phenazine Antibiotic Gene Cluster in *Erwinia herbicola* Eh1087. *Mol Microbiol*, 45(3): 769-783.
- Ishimaru, C. A., E. J. Klos, and R. R. Brubaker. 1988. Multiple Antibiotic Production by *Erwinia herbicola*. *Phytopathology*, 78: 746-750.
- Jakobi, M. *et al.* 1996. Maltophilin: A New Antifungal Compound Produced by *Stenotrophomonas maltophilia* R3089. *J. Antibiotics*, 49: 1101-1104.
- Kai, M., U. Effmert, G. Berg, and B. Piechulla. 2007. *Volatiles* of Bacterial Antagonists Inhibit Mycelial Growth of the Plant Pathogen *Rhizoctonia solani*. *Arch. Microbiol*, 187: 351-360.
- Khalimi, K. dan G. N. A. S. Wirya. 2009. Pemanfaatan Plant Growth Promoting Rhizobacteria untuk Biostimulants Dan Bioprotectants. *Ecotrophic*, 4 (2): 131-135.
- Nandhini, S., V. Sendhilvel, and S. Babu. 2012. Endophytic Bacteria from Tomato and Their Efficacy Against *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, The Wilt Pathogen. *JBiopest*, 5(2): 178-185.
- Ramamoorthy, V., T. Raguchander, R. Samiyappan. 2002. Induction of Defense Related Proteins in Tomato Roots Treated with *Pseudomonas fluorescens* Pf1 and *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Plant Soil*, 239: 55-68.
- Rostini, N. 2011. *6 Jurus Bertanam Cabai Bebas Hama dan Penyakit*. PT AgroMedia Pustaka, Jakarta. Hal. 41.

- Ryan, R. P., S. Monchy, M. Cardinale, S. Taghavi, L. Crossman, M. B. Avison, G. Berg, D. v. d. Lelie, and J. M. Dow. 2009. The Versatility and Adaptation of Bacteria from the Genus *Stenotrophomonas*. *Nature Review*, 7: 514-525.
- Sandra A. I. W., H. C. Zumoff, L. Schneider, and S. V. Beer. 2001. *Pantoea agglomerans* Strain EH318 Produces Two Antibiotics That Inhibit *Erwinia amylovora* In Vitro. *Journal Appl. Environ. Microbiol.*, 67(1): 284-292.
- Soesanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. Penerbit Raja Grafindo Persada, Jakarta. Hal. 573.
- Stockwell V. O., K. B. Johnson, D. Sugar, and J. E. Loper. 2002. Antibiosis Contributes to Biological Control of Fire Blight by *Pantoea agglomerans* strain Eh252 in Orchards. *Phytopathology*, 92(11): 1202-1209.
- Sudarma, I M. 2011. *Epidemiologi Penyakit Tumbuhan : Monitoring, Peramalan dan Strategi Pengendalian (Buku Ajar)*. Fak. Pertanian UNUD, Denpasar. Hal. 45.
- Van Loon, L.C. and P. A. H. M. Bakker. 2003. Signalling in Rhizobacteria-Plant interactions. In: De Kroon H, Visser EJW (eds) *Root ecology*. *Ecological Studies*, 168: 297–330.
- Zhang, Y. 2004. *Biocontrol of Sclerotinia Stem Rot of Canola by Bacterial Antagonists and Study of Biocontrol Mechanism Involved*. (Thesis) Departement of Plant Science, University of Manitoba Canada.