



POTENSI AKTINOBACTERIA INDIGENOS UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BUSUK TONGKOL *Fusarium verticillioides* PADA TANAMAN JAGUNG SECARA IN VITRO

POTENTIAL OF INDIGENOS ACTINOBACTERIA FOR CONTROLLING CORN ROT DISEASE *Fusarium verticillioides* IN VITRO

Tifla Fitri Annisa ^{1*}, Yumira Yanti ^{2*}, Nurbailis³

^{1,2,3}Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Limau Manis, Kec.Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia.

Article Info

Article history:

Keywords:

Aktinobakteria, Daya hambat,
Enzim, *Fusarium verticillioides*

Keywords:

Actinobacteria, Enzyme,
Inhibition, *Fusarium
verticillioides*,

ABSTRACT

Fusarium verticillioides merupakan jamur yang menyebabkan penyakit busuk tongkol pada tanaman jagung. Pengendalian patogen dengan menggunakan agensia hayati yang bersifat antagonis yaitu aktinobakteria. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan isolat aktinobakteria yang dapat mengendalikan penyakit busuk tongkol. Penelitian terdiri atas 3 tahap, 1.) Isolasi aktinobakteria indigenos dan *F. verticillioides*. Variabel yang diamati adalah karakteristik aktinobakteria dan uji keamanan hayati. 2.) Seleksi aktinobakteria indigenos untuk menekan pertumbuhan jamur *F. verticillioides*. Variabel yang diamati adalah persentase daya hambat. 3.) Kemampuan aktinobakteria dalam menghasilkan enzim penghambat perkembangan *F. verticillioides*. Penelitian terdiri dari 17 perlakuan dan 3 ulangan, 15 isolat (hasil seleksi tahap I), 1 kontrol positif, dan 1 kontrol negatif, disusun dengan Rancangan Acak Lengkap. Hasil penelitian diperoleh 20 isolat hasil isolasi, sebanyak 15 isolat berhasil diseleksi berdasarkan uji keamanan hayati. Isolat terbaik dalam menekan pertumbuhan jamur *F. verticillioides* yaitu isolat aktinobakteria APPB BI7, APPB CS7, APPA BI6, APPA AS7, APBC AS7, APPB AS7, APBA AS7, ALKA AS7, APBB BI6, dan ALKB AI7 dengan daya hambat 68,06%-62,22%. Enam isolat terbukti mampu menghasilkan enzim protease dan fosfat.

Fusarium verticillioides is a fungus that causes cob rot disease in corn plants. Pathogen control by using biological agents that are antagonistic, namely actinobacteria. The study aims to obtain actinobacteria isolates that can control cob rot disease and increase corn growth. The research consisted of 3 stages, 1.) Isolation of indigenous actinobacteria and *F. verticillioides*. Variables observed were actinobacteria characteristics and biosafety test. 2.) Selection of indigenous actinobacteria to suppress the growth of fungus *F. verticillioides*. The observed variable is the percentage of inhibition. 3.) The ability of actinobacteria to produce enzymes that inhibit the development of *F. verticillioides*. The study consisted of 17 treatments and 3 replicates, 15 isolates (selection results of stage I), 1 positive control, and 1 negative control, arranged in a completely randomized design. The results of the study obtained 20 isolates, 15 isolates were successfully selected based on biosafety tests. The best isolates in suppressing the growth of fungi *F. verticillioides* are actinobacteria isolates APPB BI7, APPB CS7, APPA BI6, APPA AS7, APBC AS7, APPB AS7, APBA AS7, ALKA AS7, APBB BI6, and ALKB AI7 with 68.06%-62.22% inhibition. Six isolates proved to be able to produce protease and phosphate enzymes.

Corresponding Author:**Yulmira Yanti**

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Limau Manis, Kec.Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia.

Email: yy.antie79@gmail.com

1. LATAR BELAKANG

Penyakit busuk tongkol pada tanaman jagung disebabkan oleh jamur *Fusarium verticillioides* (Reyes-Velazquez *et al.*, 2011). Kehilangan hasil tanaman jagung akibat penyakit busuk tongkol adalah 1,8 ton/ha (Eller *et al.*, 2008). *F. verticillioides* sering tidak menampakkan gejala pada biji, tetapi bagian dalam jaringan sel biji rusak (Bacon *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2014). Gejala pada biji jagung diawali oleh adanya benang-benang miselia berwarna putih, kemudian terjadi perubahan warna permukaan biji menjadi merah muda hingga coklat, namun biasanya tidak mempengaruhi biji pada tongkol secara keseluruhan (Parsons & Munkvold, 2012).

Upaya pengendalian penyakit busuk tongkol tanaman jagung yaitu kultur teknis, rotasi tanaman dengan tanaman yang tidak satu famili, penggunaan varietas tahan (Pakki & Talanca., 2009) dan penggunaan fungisida sintetik yang berbahan aktif mankozeb dan karbendazim (Wakman & Kantong., 2003). penggunaan fungisida sintetik secara terus menerus dapat merusak karakteristik fisik dan biologi tanah, serta membahayakan lingkungan dan makhluk hidup lainnya (Compant, 2005). Untuk itu diperlukan alternatif pengendalian untuk mengurangi pemakaian fungisida sintesis seperti memanfaatkan mikroorganisme kelompok aktinobakteria sebagai agens hayati (Glare *et al.*, 2012).

Aktinobakteria termasuk dalam kelompok bakteri Gram positif, berbentuk filamen, umumnya bersifat aerob dan beberapa bersifat aerob fakultatif (Suhartono & Artika., 2017). Aktinobakteria mudah untuk beradaptasi, dapat ditemukan di berbagai habitat (Nafis *et al.*, 2019). Aktinobakteria diketahui mempunyai kemampuan menghasilkan metabolit sekunder seperti enzim, herbisida, pestisida, antibiotik, dan mampu menghasilkan banyak senyawa bioaktif penting yang bernilai ekonomi tinggi serta tercatat sebagai mikroba yang banyak menghasilkan senyawa bioaktif baru (Inayah, 2020). Kemampuan aktinobakteria sebagai agensia hayati telah dibuktikan melalui penelitian Solans & Vobis, (2013) menguji tiga strain aktinobakteria dari *Streptomyces*, *Actinoplanes* dan genera *Micromonospora* yang menunjukkan aktivitas penghambatan pertumbuhan jamur. Lopez *et al.* (2016) juga melaporkan bahwa rizobakteri dari perakaran tanaman jagung mampu menghambat pertumbuhan dan perekambang jamur *F. verticillioides* penyebab penyakit busuk tongkol pada tanaman jagung. Berdasarkan penjelasan di atas, aktinobakteria memiliki potensi sebagai agens hayati dalam menekan patogen tumbuhan. Penelitian ini berfokus pada kemampuan aktinobakteria dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. verticillioides* pada tanaman jagung.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi aktinobakteria dalam menekan pertumbuhan jamur *F. verticillioides* serta kemampuan aktinobakteria dalam menghasilkan metabolit sekunder.

2. METODE

Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 tahapan yaitu (1) Eksplorasi Aktinobakteria Indigenos dan *F. verticillioides*, (2) Uji antagonis isolat aktinobakteria terhadap jamur *F. verticillioides*, (3) Kemampuan aktinobakteria dalam menghasilkan metabolit sekunder.

Eksplorasi Aktinobakteria Indigenos dan *Fusarium verticillioides***Isolasi Aktinobakteria dari Perakaran Tanah Jagung**

Sampel tanah diambil dari perakaran tanaman jagung yang tumbuh sehat diantara tanaman jagung yang bergejala penyakit busuk tongkol di Kabupaten Padang Pariaman, Provinsi Sumatera Barat masing-masing sebanyak 100 g menggunakan metode *Purposive Sampling* (Yanti *et al.*, 2019). Sampel kemudian diisolasi menggunakan pengenceran berseri. Suspensi dari pengenceran 10^{-6} dan 10^{-7} diambil 1 ml lalu dimasukkan ke dalam cawan petri berisi media ISP2 (*International Streptomyces Project 2*) dan SCA (*Strach Casein Agar*) dan diinkubasi selama 14 hari. Koloni yang tumbuh kemudian dipindahkan pada media baru sehingga diperoleh biakan murni.

Uji Keamanan Hayati**Uji Patogenisitas**

Uji Patogenisitas dilakukan pada tongkol jagung. Tongkol jagung diinokulasi dengan cara dilukai menggunakan jarum suntik terlebih dahulu, kemudian suspensi aktinobakteria dengan kepadatan 10^8 sel ml^{-1}

diolleskan pada tongkol jagung yang telah dilukai. Tongkol jagung yang sudah diinokulasi diinkubasi selama 14 hari. Pengamatan dilakukan dengan mengamati ada atau tidaknya gejala busuk pada tongkol jagung. Adanya gejala busuk menandakan aktinobakteria tersebut memiliki potensi sebagai patogen pada tanaman.

Reaksi Hipersensitif

Reaksi hipersensitif dilakukan menggunakan metode Yanti *et al.*, (2017) yang bertujuan untuk mengetahui aktinobakteria tergolong patogen atau tidak patogen. Uji hipersensitif dilakukan menggunakan daun tanaman pukul empat (*Mirabilis jalapa*). Semua isolat aktinobakteria disuspensikan dengan akuades steril setelah itu diencerkan sampai jumlah kepadatan spora didalamnya 106 sel/ml. Hasil dari pengenceran diambil 1 ml lalu diinfiltrasikan menggunakan *syringae* pada permukaan bawah daun *M. jalapa*, kemudian bagian daun yang telah diinfiltrasi diselubungi dengan plastik dan diinkubasi selama 2×24 jam.

Uji Hemolisis

Uji aktivitas hemolisis bertujuan untuk menentukan isolat aktinobakteria yang berpotensi sebagai patogen pada mamalia. Aktinobakteria ditumbuhkan pada medium agar darah dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Isolat aktinobakteria yang menghasilkan toksin β -hemolisis akan membentuk zona bening disekitar koloni, dan yang menghasilkan toksin α -hemolisis akan membentuk zona agak gelap disekitar koloni (Salasia *et al.*, 2004).

Isolasi Jamur *Fusarium verticillioides* dari Tongkol Jagung

Sampel isolat *F. verticillioides* berasal dari lahan pertanian jagung di Kabupaten Padang Pariaman. Sumber inokulum *F. verticillioides* diambil dari jagung yang memiliki gejala busuk tongkol. Isolasi sampel tongkol jagung dengan cara memotong bagian biji yang terinfeksi dengan ukuran sekitar 1x1 cm, kemudian sampel dilakukan sterilisasi permukaan menggunakan akuades, alkohol 70%, dan akuades masing-masing selama 1 menit, selanjutnya letakkan diatas cawan petri yang telah berisi medium PDA (Samson *et al.*, 1995). Kemudian diinkubasi selama 2×24 jam pada suhu ruang. Karakteristik morfologi jamur *F. verticillioides* diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan karakteristik secara makroskopis pada media PDA meliputi mulai dari bentuk koloni jamur, warna permukaan koloni jamur dan warna bawah koloni jamur. Karakteristik pengamatan mikroskopis isolat jamur yang telah murni pada media PDA dipindahkan ke medium CLA dan diinkubasi selama 3 hari. Pengamatan mikroskopis berdasarkan literatur Leslie & Summerell, (2006).

Uji Antagonis Isolat Aktinobakteria terhadap Jamur *Fusarium verticillioides*

Uji antagonis aktinobakteria terhadap jamur *F. verticillioides* menggunakan metode *dual culture* (Sutariati & Wahab, 2010) yang dimodifikasi. Metode *dual culture* dilakukan dengan cara menginokulasikan jamur *F. verticillioides* menggunakan cork borer yang berdiameter 5 mm, lalu diletakkan diatas media campuran ISP2 dan PDA pada cawan petri berukuran 9 cm. Jarak antara tepi petri dengan jamur *F. verticillioides* adalah 3 cm. Kemudian isolat aktinobakteria ditumbuhkan pada cawan petri yang sama berjarak 3 cm dari jamur *F. verticillioides* dengan cara digores sepanjang 3 cm. Pada cawan petri kontrol tidak menggunakan isolat aktinobakteria. Kemudian diinkubasi sampai jamur memenuhi cawan petri pada kontrol.

Kemampuan Aktinobakteria dalam Menghasilkan Metabolit Sekunder

Uji Kualitatif Protease

Produksi enzim protease dianalisis dengan meremajakan aktinobakteria pada media ISP 2 *Broth* selama 14×24 jam. Kemampuan produksi enzim protease diuji dengan cara mencelupkan kertas saring steril yang berdiameter 5 mm kedalam masing-masing suspensi isolat aktinobakteria kemudian diletakkan diatas cawan petri yang telah berisi media SMA (*Skim Milk Agar*) (Chu, 2006 dimodifikasi).

Uji Kualitatif Enzim Kitinase

Uji produksi enzim kitinase menggunakan media kitin agar (Suryadi *et al.*, 2020). Kertas saring steril berdiameter 5 mm dicelupkan kedalam kultur cair aktinobakteria pada media ISP2 *Broth*. Kertas saring dikering anginkan dan diletakkan diatas media kitin agar dalam cawan petri. Kertas saring dicelupkan kedalam aquades steril digunakan sebagai kontrol dan diinkubasi selama 4×24 jam (Suryadi *et al.*, 2020).

Uji Kualitatif Pelarut Fosfat

Pengujian ini dilakukan untuk melihat kemampuan isolat aktinobakteria 10⁶ spora/ml dalam melarutkan fosfat yang ditandai dengan ada atau tidak adanya zona bening disekitar koloni jamur. Uji pelarut fosfat dilakukan dengan menggunakan medium *Pikovskaya Agar*. Kertas saring yang berdiameter 5 mm dicelupkan kedalam masing-masing suspensi isolat aktinobakteria kemudian ditempatkan ditengah cawan petri yang berisi medium *Pikovskaya Agar*. Satu kertas saring dicelupkan ke dalam akuades steril dan ditempatkan di tengah medium sebagai kontrol. Inkubasi dilakukan selama 5 hari (Chen *et al.*, 2009).

Analisis Data

Data daya hambat aktinobakteria terhadap *F. verticillioides* dianalisis menggunakan sidik ragam, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range test* (DNMRT) pada taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolat aktinobakteria diperoleh sebanyak 20 isolat yang berhasil diisolasi dari perakaran tanaman jagung di kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat. Aktinobakteria merupakan agens pengendali hayati yang berpotensi mengendalikan jamur *F. verticillioides*. Aktinobakteria dilaporkan mampu menghambat perkembangan patogen tanaman seperti *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubence* (Foc) (Sudarma, 2010) dan *Xanthomonas oryzae* pv.*oryzae* penyebab hawar daun bakteri pada tanaman padi (Fadil *et al.*, 2023).

Keamanan Hayati

Berdasarkan uji keamanan hayati dari 20 isolat aktinobakteria, diperoleh 15 isolat yang menunjukkan hasil hipersensitif negatif dan 5 isolat menunjukkan hasil hipersensitif positif. Pada uji hemolisis dan uji patogenisitas diperoleh 15 isolat yang menunjukkan hasil negatif dan 5 isolat menunjukkan hasil positif. Oleh karena itu ke 15 isolat aktinobakteria yang menunjukkan hasil pengujian negatif (Tabel 1) dapat digunakan untuk pengujian selanjutnya.

Tabel 1. Uji Keamanan Hayati Isolat Aktinobakteria

Isolat	Uji Patogenisitas	Uji HR	Uji Hemolisis
APPA AS7	-	-	-
APPA BI6	-	-	-
APPA BS7	-	-	-
APPA CS6	-	-	-
APPB CS7	-	-	-
APPB AS7	-	-	-
APPB BI7	-	-	-
APPC AS6	-	-	-
APBA AI6	-	-	-
APBA AS7	-	-	-
APBB AS6	-	-	-
APBB BI6	-	-	-
APBC AS7	-	-	-
ALKA AS7	-	-	-
ALKB AI7	-	-	-
APPB CI6	+	+	+
APPC BI7	+	+	+
APBA BS7	+	+	+
APBC AS6	+	+	+
ALKB CS6	+	+	+

Uji Antagonis Isolat Aktinobakteria terhadap Jamur *Fusarium verticillioides*

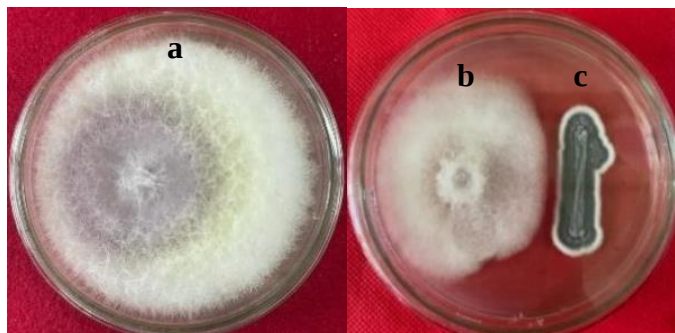
Uji antagonis aktinobakteria terhadap jamur *F.verticillioides* sebanyak 15 isolat aktinobakteria menunjukkan seluruh isolat aktinobakteria mampu menghambat pertumbuhan jamur *F. verticillioides* dengan persentase daya hambat dapat dilihat pada Tabel 2. Isolat aktinobakteria dengan kode APPB BI7 menunjukkan persentase daya hambat paling tinggi yaitu 69,87%. Sebanyak 8 isolat aktinobakteria yang menunjukkan persentase daya hambat paling tinggi akan digunakan untuk uji selanjutnya.

Tabel 2. Persentase daya hambat uji antagonis isolat aktinobakteria

Perlakuan	Daya Hambat (%)
APPB BI7	69,87 a
APPB CS7	69,15 a
APPA BI6	68,84 a
APPA AS7	68,51 a
APBC AS7	68,10 ab
APPB AS7	68,06 ab
APBA AS7	65,85 bc
ALKA AS7	65,37 c
APBB BI6	62,60 d
ALKB AI7	62,22 d
APPA BS7	60,95 de
APBB AS6	59,91 e

APPA CS6	59,61	e
APPC AS6	59,57	e
APBA AI6	58,91	e

*Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut DMRT pada taraf 5%.



Gambar 1. Hasil uji antagonis aktinobakteria. (a) Isolat *F. verticilliioides* kontrol (b) Isolat *F. verticilliioides* (c) Isolat Aktinobakteria ALKA AS7.

Sebanyak lima belas isolat aktinobakteria pada penelitian ini mampu menghambat pertumbuhan *F. verticilliioides* yang ditandai dengan adanya zona hambat di sekitar koloni aktinobakteria pada media agar (Gambar 1). munculnya zona hambat dari aktinobakteria menandakan bahwa aktinobakteria memiliki mekanisme pengendalian secara langsung dengan menghasilkan senyawa yang mampu menekan pertumbuhan jamur *F. verticilliioides*, hal ini sesuai dengan pendapat Nurjasmu *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa penghambatan jamur patogen oleh isolat aktinobakteri mengindikasikan bahwa dihasilkannya senyawa antijamur metabolit sekunder aktinobakteri yang disekresikan pada media. Aktinobakteri genus *Streptomyces* menghasilkan antibiotik dengan mekanisme kerja yang berbeda-beda seperti merusak dinding sel, mengganggu fungsi membran sel, mengganggu sintesis protein dan asam nukleat. Pada kondisi *in vitro* isolat aktinobakteri memproduksi siderofor, selulase, lipase, protease, β -1,3 glukanas dan kitinase (Sreevidya *et al.*, 2016).

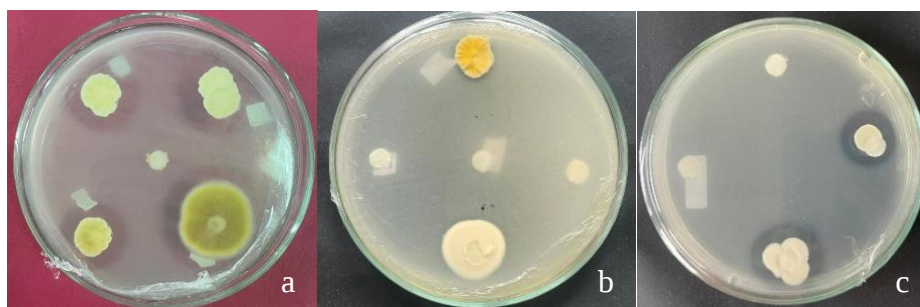
Uji Kemampuan Aktinobakteria dalam Menghasilkan Metabolit Sekunder

Pengujian enzim protease dilakukan pada 10 isolat aktinobakteria terbaik dari uji daya hambat. Sebanyak 6 isolat aktinobakteria mampu menghasilkan enzim protease (Tabel 3) yang ditandai dengan adanya zona bening disekitar kertas cakram (Gambar 2). Isolat aktinobakteria yang mampu menghasilkan enzim protease yaitu isolat dengan kode APPB BI7, APBB BI6, ALKB AI7, APPB CS7, APBA AS7, APBC AS7.

Tabel 3. Hasil uji enzim protease, enzim kitinase, dan Fosfat.

Perlakuan	Protease	Kitinase	Fosfat
APPB BI7	+	-	+
APPB CS7	+	-	+
APPA BI6	-	-	-
APPA AS7	+	-	-
APBC AS7	+	-	+
APPB AS7	+	-	+
APBA AS7	+	-	-
ALKA AS7	-	-	+
APBB BI6	+	-	+
ALKB AI7	+	-	-

Aktinobakteria memiliki kemampuan dalam menghasilkan enzim protease. Enzim protease merupakan enzim yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi protein yang merupakan salah satu kandungan dari dinding sel jamur, hal ini sesuai dengan pendapat Suhartono & Artika (2017) yang menyatakan bahwa aktinobakteria yang digunakan pada penelitian menunjukkan aktivitas proteolitik. Kemampuan proteolitik ini memungkinkan aktinobakteria mampu menekan perkembangan dari *F. verticilliioides* secara langsung.



Gambar 2. Hasil uji enzim (a) Protease, (b) Kitinase, (c) Fosfat.

Pada uji enzim kitinase menunjukkan seluruh isolat aktinobakteria tidak mampu menghasilkan enzim kitinase (Tabel 3) yang ditandai dengan tidak adanya zona bening di sekitar kertas cakram. Aktinobakteria tidak memiliki kemampuan dalam menghasilkan enzim kitinase karena tidak menghasilkan zona bening pada media kitin, hal ini diduga karena adanya pengaruh nutrisi yang digunakan untuk media pertumbuhan aktinobakteria. Hal ini sesuai dengan pendapat Setia & Suharjono, (2015) menyatakan bahwa Aktivitas kitinase dari mikroorganisme sangat bervariasi dan tergantung pada beberapa faktor yaitu waktu reaksi enzimatik, konsentrasi substrat dan enzim, waktu inkubasi, jenis media serta faktor lingkungan seperti pH dan suhu.

Pada uji senyawa fosfat menunjukkan sebanyak 7 isolat aktinobakteria mampu menghasilkan fosfat (Tabel 3) yang ditandai dengan adanya zona bening di sekitar kertas cakram. Lima isolat aktinobakteri membentuk zona bening pada media *Pikovskaya agar*. Hasil uji tersebut menjadi indikasi bahwa lima isolat dapat memiliki kemampuan pelarutan fosfat. Hal ini sesuai dengan pendapat Putri *et al.*, (2018) menyatakan bahwa mikroba yang dapat membentuk zona bening diketahui sebagai indikasi terjadinya pelarutan fosfat.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian menunjukan aktinobakteria dari tanah perakaran tanaman jagung didapatkan sebanyak 20 isolat, sebanyak 15 isolat berhasil diseleksi berdasarkan uji keamanan hayati. Pada uji antagonis aktinobakteria terhadap *F. verticillioides* didapatkan 10 isolat yang mampu menekan pertumbuhan *F. verticillioides* yaitu isolat aktinobakteria kode APPB BI7, APPB CS7, APPA BI6, APPA AS7, APBC AS7, APPB AS7, APBA AS7, ALKA AS7, APBB BI6, dan ALKB AI7 dengan daya hambat 68,06%-62,22%. Enam isolat terbukti mampu menghasilkan enzim protease dan fosfat yaitu isolat kode APPB BI7, APPB CS7, APBC AS7, APPB AS7, ALKA AS7, dan APBB BI7.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dibuat sebagai ungkapan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi, sesuai dengan nomor surat keputusan 223/ UN 16.19/PT.01.03/PL/2024 yang telah membantu dalam pendanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R., & Aditiawati, P. (2016). Keanekaragaman Bakteri Rizosfer Pemacu Pertumbuhan Tanaman (Plant Growth Promoting Rhizobacteria/PGPR) Selama Pertumbuhan Ubi Jalar Cilembu (*Ipomoea batatas* L var. Rancing). *Prosiding Snips* 2016. 899-906.
- Bacon, C. W., Glenn, A. E., & Yates, I. E. (2008). *Fusarium verticillioides*: Managing the endophytic association with maize for reduced fumonisins accumulation. *Res. Article*, 27(3-4): 411-446.
- Chen, F., Wang, M., Zheng, Y., Luo, J., Yang, X., & Ang, X. (2009). Quantitative changes of plant defence enzymes and phytohormone in biocontrol of cucumber *Fusarium* wilt by *Bacillus subtilis* B579. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26, 675-684.
- Chu, W. H. (2006). Optimization of extracellular alkaline protease production from species of *Bacillus*. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 34:241-245.
- Compant, S. (2005). Use plant growth promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, Mechanism of action, and future prospects. *Mini review J. APPI Microbiologi*.71:4951-4959.

- Eller, M. S., Robertson, L. A., Payne, G. A., & Holland, J. B. (2008). Grain yield and *Fusarium* ear rot of maize hybrids developed from lines with varying levels of resistance. *Maydica* 53: 231– 137.
- Fadil, M., Yanti, Y., & Khairul, U. (2023). Seleksi Aktinobakteria Indigenous untuk Pengendalian Penyakit Hawar Daun Bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv . *oryzae*) Serta Peningkatan Pertumbuhan Padi. *Agrohita*, 8(1), 93–105.
- Glare, T., Caradus, J., Gelernter, W., Jackson, T., Keyhani, N., Kohl, J., & Stewart, A. (2012). Have Biopesticides Come of Age. *Trends in Biotechnology*, 30 (5): 250-258.
- Inayah, M. N. (2020). Komunitas aktinobakteria ditanah perkebunan kelapa sawit PTPN VI Jambi berdasarkan sekuens ampikon gen 16s rRNA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). The *Fusarium* Laboratory Manual. Iowa (US): Blackwall Publishing.
- Lopez, A. M. F., Ramirez, J. D. C., Alvarez, J. C. M., Mayer, M. L., Sanchez, G. J. L., Gastelum, R. F., Martinez, C. C., & Mendoza, I. E. M. (2016). Rhizospheric bacteria of maize with potential for biocontrol of *Fusarium verticillioides*. *Springer Plus*. 5(330): 1-12.
- Nafis, A., Raklami, A., Bechtaoui, N., Khalloufi, F. E., Alaoui, A. E., Glick, B. R., Hafidi, M., Kouisni, L., Ouhdouch, Y., & Hassani, L. (2019). Actinobacteria from Extreme Niches in Morocco and Their Plant Growth Promoting Potentials. *Diversity*, (11): 139.
- Nicolas, Z., Zitomeri, A. M., Mitchell, T. R., Bacon, C. W., Riley, R. T., & Glenn, A. E. (2014). Maize seedling blight induced by *Fusarium verticillioides* accumulation of fumonisin B1 in leaves without colonization of the leaves. *Agric. Food Chem*, 62(9): 2118–2125.
- Nurjasmii, R., Suryani, & Carta. (2019). Penghambatan Actinomycetes Asal Limbah Kulit Bawang Merah terhadap *Sclerotium rolfsii* Secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah Respati*. 10(1): 14-20.
- Parsons, M. W., & Munkvold, G. P. (2012). Effects of planting date and environmental factors on fusarium ear rot symptoms and fumonisin B1 accumulation in maize grown in six North American locations. *Plant Pathology*, 61(6): 1130-1142.
- Pakki, S., & Talancam, A. (2009). Pengelolaan penyakit pascapanen jagung, Dalam Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. 351-363.
- Putri, A. L., Lisdiyanti, P., & Kusmiati, M. (2018). Identifikasi aktinomisetes sedimen air tawar Mamasa, Sulawesi Barat dan aktivitasnya sebagai antibakteri dan pelarut fosfat. *J Bioteknol Biosains Indones*. 5(2): 139-148.
- Rashad, Y. M., Al-Askar, A. A., Ghoneem, K. M., Saber, W. I. A., Havez, E. E. (2017). Chitinolytic *Streptomyces griseorubens* E44G Enhances the Biocontrol Efficacy against *Fusarium* Wilt Disease of Tomato. *Phytoparasitica*, 45:227-237.
- Reyes-Velázquez, W. P., Figueroa-Go´mez, R. M., Barberis, M., Reynoso, M. M., Rojo, F. G., Chulze, S. N., & Torres, A. M. (2011). *Fusarium* species (section Liseola) occurrence and natural incidence of beauvericin, fusaproliferin and fumonisins in maize hybrids harvested in Mexico. *Mycotoxin Res* 27:187–194.
- Salasia, S. I. O., Khusnan, Z., Lammler, C., & Zschock, M. (2004). Comparative studies on phenol and genotypic properties of *Staphylococcus aureus* isolated from bovine subclinical mastitis in central Java in Indonesia and Hesse in Germany. *Journal Vet Sci*. 5(2):103– 109.
- Samson, R. A., Hoekstra, E. S., Frisvad, J. C., & Filtenborg, O. (1995). Introduction to food borne fungi. 4 th ed. Ponsen dan Looyen, Baarn.
- Setia, I. N., & Suharjono. (2015). Chitinolytic assay and identification of bacteria isolated from shrimp waste based on 16S rDNA Sequences. *Advances in Microbiology*, 5, 541-548.
- Solans, M., & Vobis, G. (2013). Biology of actinomycetes in the rhizosphere of nitrogen fixing plants, In: Amoroso, M.J., Benimeli, C.S., Cuzzo, S.A. (Eds.), Actinobacteria. Application in Bioremediation and Production of Industrial Enzymes. *CRC Press. Boca Raton* 1–25.
- Sreevidya, M., Gopalakrishnan, S., Kudapa, H., & Varshney, R. K. (2016). Exploring plant growth-promotion actinomycetes from vermicompost and rhizosphere soil for yield enhancement in chickpea. *Braz J Microbiol*. 2016;47:85–95.
- Sudarma, M. I. (2010). Seleksi dan pemanfaatan actinomycetes sebagai mikroba antagonis yang ramah lingkungan terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* secara *In Vitro*. *Jurnal Ecotrophic* 5(2): 104-107.
- Suhartono, S., & Artika, W. (2017). Isolasi dan uji aktivitas protease dari aktinobakteri isolat lokal (AKJ-09) Aceh. *Bioleuser*, 1(3), 116–120.
- Suryadi, Y., Susilowati, D. N., & Fauziah, F. (2018). Bioprospeksi Berbasis Sumber Daya Genetik Mikroba untuk Pengelolaan Penyakit Tanaman. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian. Bandung.
- Sutariati, G. A. K., & Wahab, A. (2010). Isolasi dan Uji Kemampuan Rizobakteri Indigenos sebagai Agensi Pengendalian Hayati Penyakit pada Tanaman Cabai. *Jurnal Hortikultura*. 20(1): 86-95.

- Wakman, W., & Kontong, S. (2003). Identifikasi Ketahanan Varietas/Galur Jagung dari Berbagai sumber yang berbeda terhadap penyakit busuk batang. Hasil Penelitian Hama dan Penyakit. Balai Penelitian Tanaman Jagung dan Serealia Lain, Maros. 20-28.
- Yanti, Y., Astuti, F. F., Habazar, T., & Nasution, C. R. (2017). Screening of rhizobacteria from rhizosphere of healthy chili to control bacterial wilt disease and to promote growth and yield of chili. *Jurnal Biodiversitas*, 18(1), 1–9.
- Yanti, Y., Rifai, I., Pratama, Y. A., & Harahap, M. I. (2019). Penapisan isolat rizobakteri indigenos untuk pengendalian *Ganoderma boninense* di *pre nursery* kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agro*, 6(2), 110–122.
- Yurnaliza., Margino, S., & Sembiring, L. (2011). Kemampuan Kitinase *Streptomyces* RKt5 sebagai Antijamur terhadap Patogen *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Natur Indonesia*, 14(1), pp. 42-46.