

***Fusarium* pada Tanaman Jagung dan Pengendaliannya dengan Memanfaatkan Mikroba Endofit**

***Fusarium* spp. on Maize and Its Control with Utilizing Endophytic Microbes**

Suriani* dan Amran Muis

Balai Penelitian Tanaman Serealia

Jl. Dr. Ratulangi No. 274, Maros, Sulawesi Selatan, Indonesia

*E-mail: surianipalla@gmail.com

Naskah diterima 13 Mei 2016, direvisi 12 November 2016, dan disetujui diterbitkan 29 November 2016

ABSTRACT

Endophytic microbes reside in the tissue of living plant. They can be isolated from the root, stems and leave of plant. Utilization of endophytic microbes for biological control of plant pathogens has been applied for some times. The ability to compete for space and nutrients and antibiotic production are the two main considerations for the use of endophytic microbes as biological control to plant pathogens. Several species of endophytic microbes isolated from maize either from the class of fungi, bacteria or actinomycetes include Trichoderma spp., Penicillium sp., Bacillus spp., dan Alternaria alternata. The microbes have been reported by some researchers to be effectively suppressing the development of pathogens Fusarium spp. which causes stem rot, cobs and grain maize. Endophytic microbes have a good prospect to be developed as maize disease control because they are affordable and environmentally friendly.

Keywords: *Endophytic, microbial, Fusarium spp., maize.*

ABSTRAK

Mikroba endofit tumbuh dan berkembang dalam jaringan tanaman dan dapat ditemukan pada bagian akar, batang dan daun. Pemanfaatan mikroba endofit sebagai agens pengendali hayati patogen tanaman telah lama diterapkan. Kemampuan berkompetisi dalam ruang dan nutrisi, memproduksi senyawa antibiotik menjadi hal mendasar dalam penggunaan mikroba endofit sebagai agens hayati pengendali patogen tanaman. Beberapa spesies mikroba endofit yang ditemukan pada tanaman jagung dari golongan cendawan, bakteri maupun actinomycetes di antaranya *Trichoderma* spp., *Penicillium* sp., *Bacillus* spp., dan *Alternaria alternata*. Mikroba tersebut telah dilaporkan oleh beberapa peneliti akan keefektifannya dalam menekan perkembangan patogen *Fusarium* spp. yang menyebabkan busuk batang, tongkol dan biji jagung. Dengan demikian, mikroba endofit memiliki prospek untuk dikembangkan sebagai salah satu komponen pengendalian penyakit tanaman jagung yang murah dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Endofit, mikroba, *Fusarium* spp., jagung.

PENDAHULUAN

Fusarium spp. merupakan salah satu patogen penyebab penyakit penting pada tanaman jagung yang dapat ditularkan melalui benih dan tanah. Patogen ini menyebabkan pembusukan pada batang, tongkol, dan biji jagung. Beberapa spesies *Fusarium* yang ditemukan merusak pada tanaman jagung di antaranya *F. oxysporum*,

F. verticillioides dan *F. polidonogaeum*. Mardinus (1989) dalam Pakki (2005) mengidentifikasi pada biji jagung di Sumatera Barat terdapat spesies *F. verticillioides*.

Infeksi *Fusarium* spp. dapat menurunkan kualitas dan kuantitas produksi jagung. Pakki dan Mas'ud (2005) melaporkan di 14 kabupaten penghasil jagung di Kawasan Timur Indonesia Timur terdapat spesies *F. verticillioides*

yang menjadi penyebab rendahnya kualitas biji dan nilai jual jagung. Kontaminasi cendawan ini pada biji mempengaruhi kualitas dan menentukan nilai jual jagung di tingkat petani. Makin tinggi kontaminasi *F. verticillioides*, makin rendah nilai jual jagung. Lebih lanjut Eller *et al.* (2008) melaporkan infeksi *F. verticillioides* pada tanaman jagung menyebabkan kehilangan hasil hingga 1,8 t/ha.

Selain menurunkan mutu jagung secara morfologi, infeksi *F. verticillioides* memiliki kemampuan memproduksi mikotoksin (Djaenuddin dan Muis 2013). Beberapa jenis toksin yang diproduksi *F. verticillioides* di antaranya asam fusarat, fusarin, giberilin, moniliformin dan fumonisin. Khusus pada biji jagung, cendawan ini ditemukan memproduksi asam fumonisin yang berkorelasi dengan biomasa patogen. Fumonisin yang diproduksi *F. verticillioides* dan *F. proliferatum* sindrom dengan penyakit hewan (Nayaka *et al.* 2009). Selain kedua spesies *Fusarium* spp. tersebut, *F. oxysporum* dan *F. polidogaeum* juga dilaporkan menimbulkan kerugian yang cukup besar pada pertanaman jagung. Oleh karena itu, *Fusarium* spp. pada tanaman jagung harus dicegah. Pengendalian *Fusarium* spp. cukup sulit karena cendawan ini merupakan patogen tular tanah, memiliki kemampuan bertahan dalam tanah selama bertahun-tahun meskipun kondisi lingkungan tidak menguntungkan dan tanpa tanaman inang masih dapat berkembang dengan cara membentuk spora bertahan seperti kladiospora (Sudantha 2010).

Upaya pengendalian yang telah dilakukan selama ini di antaranya penggunaan varietas tahan, eradikasi, dan aplikasi pestisida kimia. Penggunaan pestisida kimia mampu menurunkan serangan *Fusarium* spp., namun terdapat beberapa dampak negatif yang ditimbulkan, salah satunya tidak jaminan keamanan produk yang menjadi tuntutan konsumen saat ini. Residu pestisida kimia yang melekat pada produk pertanian dapat menjadi indikator penurunan kualitas produk sehingga harga lebih rendah. Dengan demikian, perlu adanya inovasi pengendalian yang tepat, murah, dan aman bagi kesehatan manusia.

Salah satu teknik pengendalian berbasis ramah lingkungan yang dikembangkan saat ini yakni pemanfaatan mikroorganisme antagonis. Mikroba endofit merupakan mikroorganisme yang berasosiasi dengan jaringan tanaman dan tidak memberikan dampak negatif terhadap tanaman. Mikroba tersebut ditemukan sebagian besar dari golongan cendawan yang menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang bersifat antimikroba (Strobel 2003). Beberapa jenis mikroorganisme yang pernah diisolasi dari pertanaman jagung dan berpotensi sebagai agens hayati terhadap patogen tanaman di antaranya *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. (Saylendra and Firnia 2013a, Anggraeni 2013, Amin 2013).

Tulisan ini menguraikan peran *Fusarium* spp. sebagai patogen pada tanaman jagung, pengaruh mikotoksin terhadap manusia dan ternak, serta kemungkinan pemanfaatan mikroba endofit sebagai agens hayati pengendali penyakit *Fusarium* spp.

FUSARIUM SEBAGAI PATOGEN TANAMAN

Beberapa spesies *Fusarium* yang ditemukan merusak tanaman jagung di antaranya *F. verticillioides*, *F. graminearum*, *F. proliferatum* dan *F. subglutinans* yang menyebabkan pembusukan pada tongkol dan batang. Spesies *F. verticillioides* umum ditemukan sebagai penyebab busuk tongkol jagung. Spesies *Fusarium* mampu bertahan hidup pada sisa pertanaman jagung sebagai miselium atau struktur hidup lainnya. *F. graminearum* menghasilkan kladiospora yang dapat bertahan lama, sedangkan *F. verticillioides* dapat menghasilkan hifa menebal yang memiliki kemampuan bertahan hidup (Sutton 1982, Nyvall and Kommedahl 1968 dalam Munkvold 2003). Penyebaran konidia atau spora *Fusarium* dapat terjadi melalui percikan air atau udara. Mikrokonidia dari *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, dan *F. proliferatum* umumnya tersebar di udara. Makrokonidia juga berperan dalam penularan penyakit namun tidak sepenting mikrokonidia.

Gejala penularan *Fusarium* spp. ditemukan pada tongkol dan batang jagung. Permukaan biji jagung yang terinfeksi berwarna merah muda hingga cokelat, terkadang tumbuh miselium berwarna merah muda. Jika biji tersebut ditumbuhkan maka perkembangan akar dan kecambahnya lebih lambat (Suriani *et al.* 2015). Infeksi oleh cendawan ini terjadi melalui lubang dan celah pada pericarp atau luka bekas serangga. Serangan hama penggerek batang jagung biasanya berkorelasi positif dengan tingkat penularan *Fusarium* spp. Larva penggerek batang menyebabkan kerusakan pada batang dan tongkol sehingga memicu perkembangan *Fusarium* spp. Hal ini terjadi melalui dua tahapan. Pertama, larva penggerek batang dapat membawa spora *Fusarium* spp. dari permukaan tanaman ke biji rusak atau interior batang. Kedua, meskipun spora *Fusarium* spp. tidak langsung terikut masuk ke dalam biji atau interior batang, namun dapat berkembang pada jaringan yang rusak akibat gerakan larva yang masuk ke dalam tanaman (Czembor *et al.* 2015).

Di Indonesia, varietas jagung yang agak tahan sampai tahan terhadap *Fusarium* spp. belum banyak dilaporkan (Pakki 2016). Namun Wakman dan Kontong (2003) melaporkan bahwa jagung hibrida varietas Bisi-1, 2, 3, 4, 5, dan 6, Pioneer 4, 8, 9, 11, 12, dan 14, serta jagung bersari bebas Gumarang, Bisma, Semar-9, dan Palakka

tergolong tahan terhadap *Fusarium* spp. Untuk menjaga kualitas biji maka petani mengeringkan jagung yang telah dipanen hingga kadar air terendah.

Infeksi tanaman oleh *Fusarium* spp. tidak hanya berpengaruh terhadap penurunan produksi namun juga kontaminasi mikotoksin yang diproduksi *Fusarium* spp. Mikotoksin yang diproduksi oleh setiap spesies *Fusarium* spp. berbeda-beda, *F. graminearum* memproduksi deoxynivalenol (DON), nivalenol (BIS) dan zearalenon (ZEA), *F. verticillioides* menghasilkan fumonisin (FUM) B1 dan B2 serta moniliformin (MON) (Czembor *et al.* 2015). Mikotoksin tersebut dapat terakumulasi dalam biji tanaman sehingga menyebabkan berbagai macam penyakit terhadap manusia. Kehadiran toksin fumonisin di Afrika bagian selatan menyebabkan tingginya tingkat kanker esofagus di wilayah tersebut (Nayaka *et al.* 2009). Penyakit lain yang bisa dimunculkan pada manusia akibat kontaminasi produk makanan oleh mikotoksin yang diproduksi *Fusarium* spp. ialah penyakit sendi, arthritis, aleukia beracun dan kanker esofagus (Bath and Miller, 1991). Batas maksimum kandungan mikotoksin pada tanaman yang layak dikonsumsi manusia tertera pada Tabel 1.

Selain berbahaya bagi kesehatan manusia, mikotoksin yang diproduksi oleh *Fusarium* spp. juga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan hewan ternak. Fumonisin bersifat sangat toksik terhadap kuda dan keledai yang menyebabkan nekrosis di otak (leucoencephalomalacia = LEM). Selain itu, fumonisin B1 juga bersifat toksik pada sistem saraf pusat, hati, pankreas, ginjal dan saluran pernapasan pada beberapa spesies hewan lainnya (Widiastuti. 2006). Lebih lanjut dikemukakan bahwa mikotoksin tidak hanya membahayakan kesehatan hewan, tetapi juga menimbulkan residu pada produk hewan seperti daging,

telur dan susu yang dapat membahayakan kesehatan konsumen.

MIKROBA ENDOFIT TANAMAN JAGUNG

Mikroba endofit didefinisikan sebagai mikroorganisme yang selama siklus hidupnya berada dalam jaringan tanaman dan dapat membentuk koloni tanpa menimbulkan kerusakan pada tanaman tersebut (Strobel and Daisy 2003). Mikroorganisme tersebut dapat diekstrak dari bagian tanaman seperti akar, biji, ranting, batang dan daun. Proses masuknya mikroba endofit ke dalam jaringan tanaman melalui dua cara, yakni secara langsung yang ditandai oleh masuknya mikroba endofit ke dalam jaringan pembuluh tanaman dan diturunkan melalui biji. Secara tidak langsung, mikroba endofit hanya menginfeksi bagian eksternal yaitu pada bagian pembungaan (Bacon 1985 dalam Pratiwi 2015).

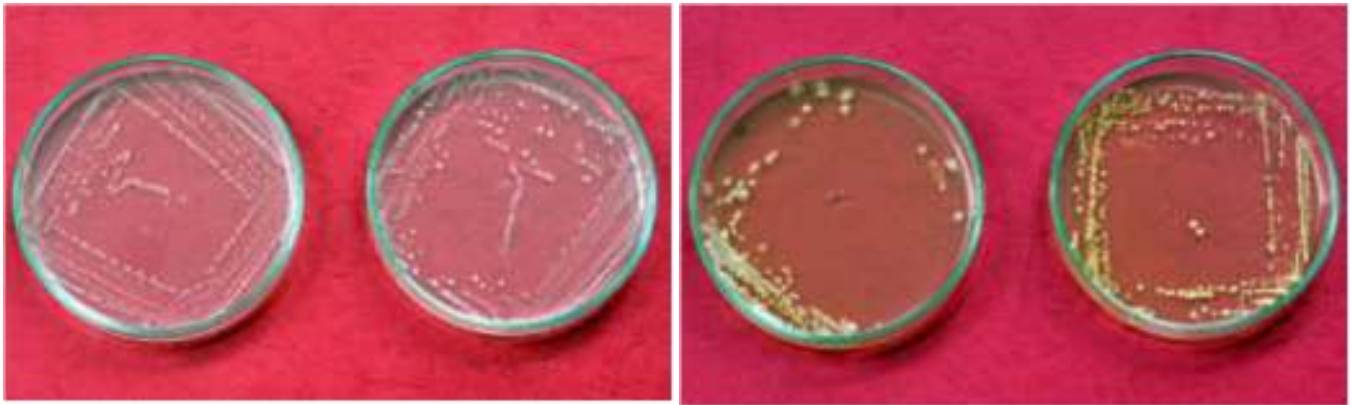
Sehubungan dengan pengaruh mikroba endofit terhadap tanaman yang dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan OPT, maka beberapa peneliti tertarik melakukan eksplorasi dan pengujian efektivitas mikroba endofit sebagai agensi pengendali hayati, termasuk eksplorasi dari tanaman jagung. Saylendra dan Firnia (2013a) menemukan dua genus bakteri pada perakaran jagung yang diidentifikasi, *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. (Gambar 1).

Amin (2013) telah melakukan eksplorasi mikroba endofit dari tanaman jagung dan menemukan 63 isolat cendawan endofit dari perakaran varietas pulut lokal Sulawesi Selatan. Hasil identifikasi menunjukkan isolat tersebut terdiri atas enam genera, yakni *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. dan *Botryodiplodia* sp.

Tabel 1. Batas maksimum mikotoksin dari *Fusarium* spp. yang layak dikonsumsi (Commission regulation (EC) No. 1126/2007).

Produk	Deoxynivalenol (DON) (µg/kg)	Zearalenone (ZEA) (µg/kg)	Fumonisin (FUM B ₁ + FUM B ₂) (µg/kg)
Jagung yang telah diproses kecuali dengan hasil proses penggilingan basah	1.750	350	4.000
Jagung untuk konsumsi manusia secara langsung	780	100	1.000
Makanan ringan berbasis jagung dan sarapan sereal jagung	500	100	800
Proses makanan olahan berbasis sereal untuk konsumsi bayi dan anak-anak	200	20	200
Penggilingan jagung dengan ukuran partikel >500 mikron termasuk dalam CN 1103 13 atau 1103 20 40 dan produk jagung giling lainnya dengan ukuran partikel >500 mikron tidak digunakan untuk konsumsi manusia secara langsung	750	200	1.400
Penggilingan jagung dengan ukuran partikel >500 mikron termasuk dalam CN 1102 20 dan produk jagung giling lainnya dengan ukuran partikel >500 mikron tidak digunakan untuk konsumsi manusia secara langsung	1.250	300	2.000
Olahan minyak jagung		400	

Sumber: Czembor *et al.* (2015).



Gambar 1. Koloni bakteri endofit asal perakaran jagung dari kelompok *Bacillus* sp. (a) dan *Pseudomonas* sp. (b) (Sumber: Saylendra dan Firmia 2013a).

Selain bakteri dan cendawan juga ditemukan actinomycetes dalam jaringan tanaman jagung. Actinomycetes yang umumnya ditemukan pada rizosfer maupun jaringan tanaman tergolong genus *Streptomyces*. Actinomycetes berperan dalam melindungi tanaman dimana produksi metabolit sekundernya dapat mempengaruhi pertumbuhan dan fisiologi tanaman. Araujo *et al.* (2000) menemukan 53 isolat Actinomycetes yang diisolasi dari akar dan daun jagung. Amin (2013) menemukan beberapa jenis Actinomycetes pada endofit tanaman jagung pulut lokal Sulawesi Selatan. Jenis Actinomycetes yang ditemukan oleh Araujo *et al.* (2000) berasal dari genus *Microbispora* dan *Streptomyces* dengan jumlah isolat terbanyak pada bagian daun (Tabel 2).

Interaksi Mikroba Endofit dan *Fusarium* spp.

Induksi ketahanan tanaman adalah fenomena peningkatan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen akibat rangsangan. Ketahanan ini merupakan perlindungan tanaman yang didasari pada mekanisme ketahanan yang dirangsang oleh perubahan metabolit. Kompetisi terjadi karena patogen dan endofit menempati ruang ekologis yang sama. Misalnya bakteri endofit akan berkaitan erat dengan kepadatan bakteri, tingkat kolonisasi, dan lokasi bakteri dalam kaitannya dengan tempat makan patogen (Harni *et al.* 2012).

Efektivitas penghambatan mikroba endofit golongan cendawan terhadap *Fusarium* spp. secara *in vitro* telah dibuktikan oleh Orole dan Adejumo (2009). Penelitian menunjukkan bahwa dari lima cendawan endofit yang diisolasi dari perakaran jagung menghambat perkembangan penyakit *damping off* jagung akibat infeksi *Fusarium* spp. Cendawan endofit *Alternaria alternata* menunjukkan penghambatan tertinggi, 53-80% (Gambar 2). Penelitian lain yang dilakukan Bacon dan Hinton (2002) dengan mengisolasi mikroba endofit dari biji jagung asal

Tabel 2. Genus dan jumlah isolat actinomycetes endofit dari tanaman jagung.

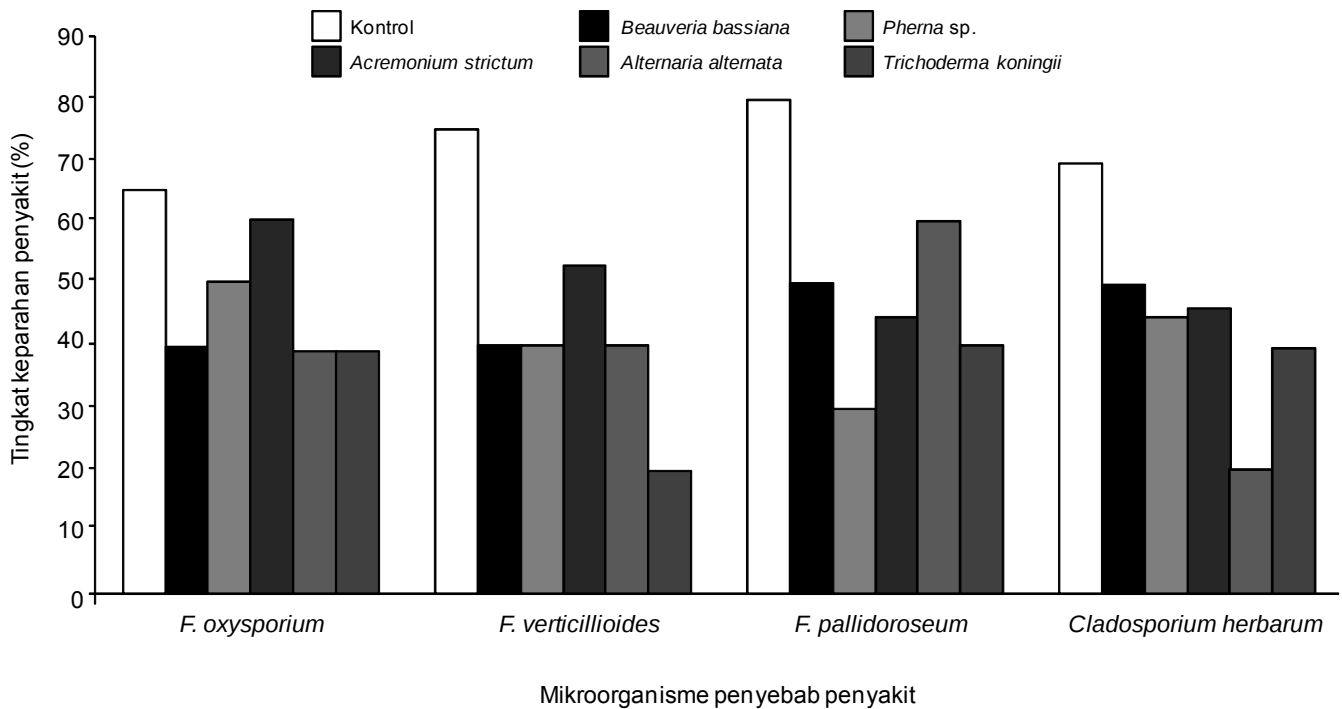
Genus	Jumlah Isolat	
	Daun	Akar
<i>Microbispora</i>	21	12
<i>Streptomyces</i>	3	3
Total	31	22

Sumber: Araujo *et al.* (2000).

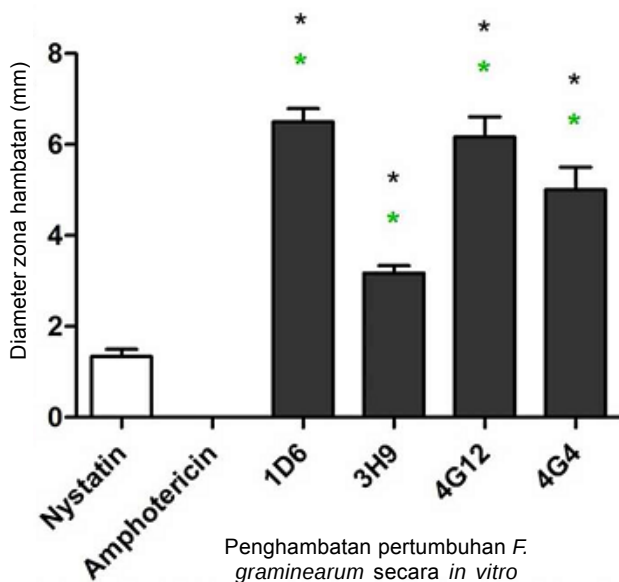
Italy bagian utara mendapatkan satu strain *Bacillus majovensis* yang efektif menekan perkembangan *F. verticilloides* hingga > 18 mm secara *in vitro*.

Sementara itu, Mousa *et al.* (2015) melakukan uji penghambatan beberapa strain bakteri endofit yang diisolasi dari 14 genotipe jagung liar, tradisional dan modern di Amerika dan Meksiko terhadap *F. graminearum*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari 215 bakteri endofit yang diisolasi terdapat empat strain yang efektif menekan pertumbuhan miselium *F. graminearum*. Keempat strain bakteri tersebut yakni strain ID6 (diisolasi dari genotipe *Zea diploperensis*), 4G12 dan 4G4 (diisolasi dari genotipe *Zea parviglumis*), dan 3H9 (diisolasi dari genotipe *Zea mays* spp. *mays* dan Pioneer 3751 hybrida). Hasil pengujian dengan metode *duel culture* menunjukkan strain ID6 memiliki persentase penghambatan terbesar (Gambar 3).

Keempat strain bakteri tersebut selain menghambat pertumbuhan miselium *F. graminearum*, juga mampu menghambat beberapa spesies patogen lainnya. Pada Tabel 3 terlihat strain ID6 dan 4G4 memiliki kemampuan menghambat 20 spesies patogen, sementara 4G12 mampu menekan 19 spesies patogen. Hal ini menunjukkan bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman



Gambar 2. Tingkat keparahan penyakit *damping off* jagung setelah diinokulasikan mikroba endofit dan patogen. (Sumber: Orale and Adejumo 2009).



Gambar 3. Kuantifikasi penghambatan empat strain bakteri endofit dan dua kontrol pestisida, amfoterisin B dan nistatin (pada masing-masing konsentrasi 5 dan 10 mg/ml) terhadap pertumbuhan *F. graminearum* secara *in vitro* (Asterisk hitam menunjukkan persentase penghambatan strain bakteri berbeda nyata dengan pestisida Nistatin pada $p \leq 0,05$. Asterisk hijau menunjukkan persentase penghambatan strain bakteri berbeda nyata dengan pestisida Amfoterisin pada $p \leq 0,05$). (Sumber: Mousa *et al.* 2015).

jagung tidak hanya berperan mengendalikan patogen tanaman jagung tapi juga memiliki kemampuan menekan patogen yang menginfeksi tanaman lainnya.

Fusarium spp. tidak hanya mampu menginfeksi tanaman jagung, tetapi juga beberapa penyakit penting pada tanaman pangan lainnya dan hortikultura. Pada tanaman vanili, patogen ini menyebabkan penyakit busuk batang. Sudantha dan Abadi (2011) melakukan pengujian dengan memanfaatkan beberapa mikroba endofit *Trichoderma* yang merupakan isolat lokal Nusa Tenggara Barat untuk menekan perkembangan *F. oxysporum* f. sp. *vanillillae*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tiga jenis isolat *Trichoderma* spp. memiliki persentase penghambatan yang tinggi yakni *Trichoderma* sp. ENDO-01 (*T. viride*) dengan nilai 45,2%, *Trichoderma* sp. ENDO-02 (*T. koningii*) dengan nilai 44,4%, dan *Trichoderma* sp. ENDO-04 (*T. polysporum*) dengan nilai 45,2% (Gambar 4).

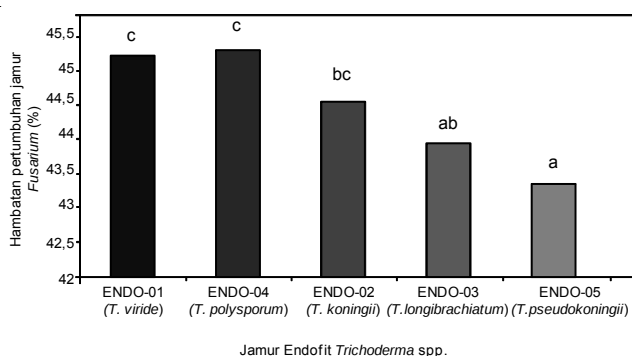
Efektivitas mikroba endofit terhadap *F. oxysporum* pada tanaman pisang telah dibuktikan oleh Marwan *et al.* (2011) dan Hutabalian *et al.* (2015). Marwan *et al.* (2011) menemukan empat isolat endofit (EAL15, EKK10, EKK20, EKK22) pada perakaran pisang yang mampu menekan kejadian penyakit darah yang disebabkan oleh *F. oxysporum*. Keempat isolat tersebut mampu menekan penyakit darah pada pisang 66,7%-83,3%. Sementara

Tabel 3. Pengaruh empat strain bakteri endofit tanaman jagung terhadap pertumbuhan beberapa patogen tanaman secara *in vitro*.

Target fungal species	Mean diameter of inhibition zone with each endophyte (mm)					
	Nystatin (10 µg/ml)	Amphotericin (5 µg/ml)	1D6	3H9	4G12	4g4
<i>Alternaria alternata</i>	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	3,0 ± 0,2*#	0,0 ± 0,0	4,5 ± 0,2*#	5,0 ± 0,0*#
<i>Alternaria arborescens</i>	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	5,5 ± 0,2*#	0,0 ± 0,0	5,5 ± 0,2*#	5,0 ± 0,2*#
<i>Aspergillus flavus</i>	2,0 ± 0,2	0,0 ± 0,0	5,5 ± 0,3*#	0,0 ± 0,0*	3,5 ± 0,2*#	4,0 ± 0,0*#
<i>Aspergillus niger</i>	0,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0	6,5 ± 0,3*#	0,0 ± 0,0 #	5,0 ± 0,0*#	7,0 ± 1,0*#
<i>Bionectria ochroleuca</i>	2,0 ± 0,2	0,5 ± 0,2	5,5 ± 0,2*#	3,5 ± 0,3*#	6,0 ± 0,2*#	6,5 ± 0,2*#
<i>Davidiella tassiana</i>	1,5 ± 0,2	0,5 ± 0,3	5,0 ± 0,3*#	0,0 ± 0,0*#	4,5 ± 0,7*#	5,0 ± 0,0*#
<i>Diplodia pinea</i>	2,5 ± 0,2	3,0 ± 0,2	6,5 ± 0,3*#	0,0 ± 0,0*#	5,5 ± 0,2*#	6,0 ± 0,0*#
<i>Diplodia seriata</i>	3,0 ± 0,2	2,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2#	0,0 ± 0,0*#	0,0 ± 0,0*#	1,5 ± 0,2*#
<i>Epicoecum nigrum</i>	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,5 ± 0,2*#	0,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0*#	3,0 ± 0,2*#
<i>Fusarium avenaceum</i> (isolate 1)	2,5 ± 0,3	3,0 ± 0,6	7,0 ± 0,2*#	0,0 ± 0,0*#	4,5 ± 0,2*#	3,0 ± 0,2*
<i>Fusarium graminearum</i>	1,5 ± 1,6	0,0 ± 0,0	6,5 ± 0,3*#	3,0 ± 0,2*#	6,0 ± 0,4*#	5,0 ± 0,5*#
<i>Fusarium lateritium</i>	0,0 ± 0,0	1,0 ± 0,2	1,5 ± 0,3*#	0,0 ± 0,0 #	4,0 ± 0,5*#	5,5 ± 0,3*#
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	1,0 ± 0,2	1,0 ± 0,2	4,0 ± 0,0*#	0,0 ± 0,0*#	5,5 ± 0,7*#	4,0 ± 0,0*#
<i>Fusarium avenaceum</i> (isolate 2)	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	3,5 ± 0,2*#	0,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0*#	6,5 ± 0,2*#
<i>Nigrospora oryzae</i>	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	6,0 ± 0,4*#	0,0 ± 0,0	4,0 ± 0,5*#	3 ± 0,2*#
<i>Nigrospora sphaerica</i>	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	6,0 ± 0,6*#	0,0 ± 0,0	6,0 ± 0,2*#	3,5 ± 0,0*#
<i>Paraconiothyrium brasiliense</i>	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	5,0 ± 0,3*#	0,0 ± 0,0	4,0 ± 0,0*#	4,0 ± 0,0*#
<i>Penicillium afellutanum</i>	3,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	6,0 ± 0,6*#	0,0 ± 0,0*#	2,0 ± 0,5*#	5,0 ± 0,2*#
<i>Penicillium expansum</i>	2,0 ± 0,2	5,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2*#	0,0 ± 0,0*#	4,0 ± 0,0*#	5,5 ± 0,5*#
<i>Penicillium olsonii</i>	1,5 ± 0,3	3,5 ± 0,3	1,0 ± 0,2*#	0,0 ± 0,0*#	1,5 ± 0,2 #	3,0 ± 0,6*#
<i>Rosellinia corticium</i>	2,0 ± 0,2	4,5 ± 0,3	7,0 ± 0,6*#	0,0 ± 0,0*#	3,0 ± 0,2*#	7,0 ± 0,2*#

Angka yang diikuti tanda bintang menunjukkan perlakuan yang berbeda nyata dengan perlakuan Nystatin pada $p \leq 0,05$.

Angka yang diikuti tanda tagar berbeda nyata dengan perlakuan amphotericin B pada $p \leq 0,05$. (Sumber: Mousa *et al.* 2015).



Gambar 4. Rata-rata persentase hambatan pertumbuhan jamur *F. oxysporum* f.sp. *vanillae* yang berposisi langsung dengan beberapa jamur endofit *Trichoderma* spp. isolat lokal NTB (Sumber: Sudantha dan Abadi 2011).

Hutabalian *et al.* (2015) mengisolasi beberapa jenis cendawan endofit dari tiga bagian tanaman pisang barangan di Medan, yakni akar, batang dan daun serta pengujian antagonis cendawan-cendawan tersebut terhadap *F. oxysporum*. Hasil penelitian menunjukkan tingkat hambatan tertinggi terhadap *F. oxysporum* terdapat pada perlakuan jamur *Pullularia* sp. yang merupakan cendawan endofit yang diisolasi dari akar pisang. Secara terinci tingkat penghambatan jamur endofit pisang terhadap *F. oxysporum* dapat dilihat pada Tabel 4.

Mekanisme Pengendalian

Mekanisme pengendalian mikroba endofit terhadap perkembangan patogen terjadi melalui kompetisi dan pelepasan metabolit sekunder. Interaksi antara cendawan endofit dengan *F. oxysporum* menyebabkan hifa *F. oxysporum* menjadi jernih karena isi sel patogen dimanfaatkan oleh jamur endofit sebagai nutrisi (Nurzannah *et al.* 2014). Lebih lanjut Sunarwati dan Yoza (2010) menyatakan bahwa interaksi hifa patogen dan antagonis ditandai oleh berubahnya warna hifa patogen menjadi jernih dan kosong karena isi sel dimanfaatkan oleh biokontrol sebagai nutrisi. Selain itu, cendawan endofit dapat menyebabkan hifa patogen mengerut, seperti yang ditemukan oleh Kurnia *et al.* (2014). Interaksi antara keduanya terinci dapat dilihat pada Gambar 5.

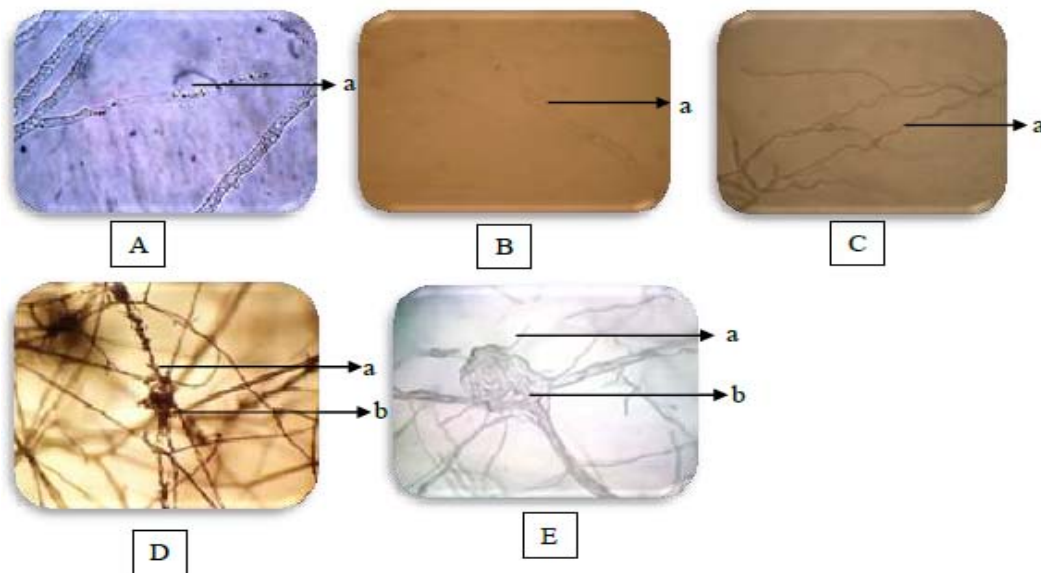
Selain bentuk interaksi tersebut, hifa jamur endofit juga mengait hifa patogen. Hal ini dilakukan sebelum berpenetrasi masuk ke dalam hifa patogen dan menghancurkan miselium patogen. Terjadi perubahan bentuk pada hifa patogen menjadi spiral dan melengkung tidak beraturan dan mengalami pemendekan (Nurzannah *et al.* 2014). *Penicillium* sp. memiliki kemampuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* dengan tingkat keparahan penyakit 2,78% dan tinggi tanaman 29,4 cm pada saat diaplikasikan bersama *F. oxysporum* di rumah kaca.

Tabel 4. Tingkat hambatan pemberian jamur endofit terhadap *F. oxysporum* di laboratorium.

Perlakuan	Tingkat hambatan						
	1 HSI	2 HSI	3 HSI	4 HSI	5 HSI	6 HSI	7 HSI
<i>Cephalosporium</i> sp. + <i>Foc</i>	3,703	12,637	25,203 ab	36,487 ab	41,893 b	47,500 a	51,397 a
<i>Pullaria</i> sp. + <i>Foc</i>	0,000	14,567	36,667 a	43,767 a	51,803 a	57,287 a	60,577 a
<i>Aspergillus</i> sp. + <i>Foc</i>	0,000	9,393	9,393 cd	3,333 d	0,000 d	5,127 c	5,127 c
<i>Peiniciium</i> sp. + <i>Foc</i>	8,463	6,060	5,553 d	5,127 d	0,000 d	4,440 c	4,303 c
<i>Trichoderma</i> sp. + <i>Foc</i>	9,523	5,553	26,087 ab	31,140 bc	47,770 ab	45,430 a	50,557 a
<i>Hormiscium</i> sp. + <i>Foc</i>	11,107	22,167	22,167 bc	22,167 c	22,167 c	22,167 b	22,167 b

Angka selajur yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan pada taraf 5%.

Sumber: Hutabalian *et al.* (2015).



Gambar 5. Interaksi antara jamur endofit dan *F. oxysporum* (A) dan (B) hifa patogen berwarna transparan (400x). (C) hifa patogen menjadi mengeriting (400x). (D) hifa endofit melilit hifa patogen (400x). (E) hifa endofit menjerat hifa patogen (400x). (Keterangan: a. hifa patogen, b. hifa endofit) (Kurnia *et al.* 2014).

Dolakatabadi *et al.* (2012) mengemukakan bahwa jamur endofit membentuk kait di sekitar hifa patogen sebelum melakukan penetrasi, dan kadang-kadang langsung masuk. Mekanisme kerja senyawa antimikroba dalam melawan patogen dengan cara merusak dinding sel, mengganggu metabolisme sel mikroba, menghambat sintesis sel mikroba, mengganggu permeabilitas membran sel mikroba, menghambat sintesis protein dan asam nukleat sel mikroba. Selain mampu menekan pertumbuhan patogen, beberapa mikroba endofit tanaman jagung memiliki kemampuan merangsang pertumbuhan tanaman. Saylendra dan Firnia (2013b) menemukan cendawan *Nigrospora* sp. dari perakaran jagung yang berpotensi memacu pertumbuhan tanaman.

PROSPEK PENGENDAIAN FUSARIUM DENGAN MIKROBA ENDOFIT

Indonesia sebagai salah satu negara megabiodiversitas memiliki potensi untuk eksplorasi dan pemanfaatan endofit sebagai agensi pengendali patogen yang ramah lingkungan. Tanaman mengandung beragam mikroba endofit yang menghasilkan senyawa bioaktif atau metabolit sekunder yang diduga akibat koevolusi atau transfer genetik (genetic recombination) dari tanaman inang ke mikroba endofit (Tan and Zou 2001). Beberapa kajian terhadap mikroba endofit terbukti memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi, baik sebagai bahan baku obat, maupun penghasil senyawa bioaktif lain yang bermanfaat di bidang pertanian.

Stierle *et al.* (1995) mengemukakan bahwa pemanfaatan mikroba endofit dalam memproduksi senyawa aktif memiliki kelebihan di antaranya: (1) lebih cepat menghasilkan dengan mutu yang seragam; (2) dapat diproduksi dalam skala besar; (3) kemungkinan diperoleh komponen bioaktif baru dengan memberikan kondisi yang berbeda. Sebagai contoh, *Bacillus* spp. yang diintroduksi dari akar jagung memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan mikroba lainnya, di antaranya kemampuan merangsang pertumbuhan dan perkembangan tanaman, memproduksi beberapa jenis antibiotik yang efektif mengendalikan beberapa patogen dan mudah diformulasikan dalam bentuk cair maupun padat karena mampu bertahan pada kondisi ekstrim. Keberadaan endospora pada spesies *Bacillus* spp. memudahkan formulasi bakteri tersebut.

Namun sampai saat ini belum ada laporan tentang jenis mikroba endofit jagung yang dikomersialkan. Sementara isolat *Trichoderma* yang diisolasi dari rhizosper jagung telah dipatenkan dan dikomersialkan dengan merk dagang Bio Triba (Anonim 2015). Akan tetapi, aplikasi mikroba endofit untuk pengendalian penyakit jagung memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pestisida kimia. Selain agens pengendali hayati, mikroba endofit juga dapat menginduksi ketahanan tanaman yang dikenal sebagai *induced systemic resistance* (ISR). Mekanisme mikroba endofit dalam menginduksi ketahanan adalah dengan mengkolonisasi jaringan tanaman sehingga menstimulasi tanaman meningkatkan produksi senyawa metabolit berupa enzim peroksidase yang berperan untuk ketahanan tanaman (Harni and Ibrahim 2011). Selain itu, mikroba endofit dari tanaman jagung juga menghasilkan hormon IAA yang membantu perkecambahan tanaman (Khairani 2009).

KESIMPULAN

Patogen *Fusarium* spp. dapat menurunkan produktivitas jagung hingga 1,8 t/ha dan menghasilkan mikotoksin yang berbahaya manusia dan hewan. Mikroba endofit yang diintroduksi dari bagian tanaman jagung berperan sebagai agens hayati dengan mengintroduksi ketahanan tanaman dan beberapa di antaranya memproduksi hormon perangsang tumbuh tanaman.

Beberapa jenis mikroba endofit efektif menekan perkembangan *Fusarium* spp. hingga 80% di antaranya *A. alternata*, *B. majovensis*, dan 4 strain bakteri ID6, 4G12, 4G4 dan 3H9, *Trichoderma* spp., dan *Penicillium* spp.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N. 2013. Diversity of endophytic fungi from root of Maize var. Pulut (waxy corn local variety of South Sulawesi, Indonesia). *International Journal Current Microbiology Applied Sciences* 2(8): 148-154.
- Anonim. 2015. Artikel Meori-agro. <http://www.meori-agro.co.id>. [10 Juli 2016].
- Anggareni, M. 2013. Isolasi dan identifikasi bakteri endofit diazotrof pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). Skripsi. Universitas Airlangga, Surabaya. <http://adln.lib.unair.ac.id> [31 Desember 2015].
- Araujo, J.M.D., A.C.D. Silva, and J.L. Azevedo. 2000. Isolation of endophytic actinomycetes from roots and leaves of maize (*Zea mays* L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 43(4).
- Bacon, C.W. and D.M. Hinton. 2002. Endophytic and biological control potential of *Bacillus mojavensis*. *Biological Control* 23: 274-284.
- Bath, R.V. and J.D. Miller. 1991. Mycotoxins and food supply. *Food Nutr. Agric.* 1:27-31.
- Czembor, E., J. Adamczyk, K. Posta, E. Oldenburg, and S. Schurch. 2015. Prevention of ear rots due to *Fusarium* spp on maize and mycotoxin accumulation. From Science to Field Maize Case Study-Guide Number 3. www.endure-network.eu [11 Desember 2015].
- Djaenuddin, N. dan A. Muis. 2013. Uji patogenitas *Fusarium moniliforme* Sheldon pada jagung. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*:438-442.
- Dolakatabadi, H.K., E.M. Goltapeh, N. Mohammadi, M. Rabiey, N. Rohani, and Varma. 2012. Biocontrol potential of root endophytic fungi dan *Trichoderma* species againsts *Fusarium* wilt of lentil under in vitro and greenhouse condition. *Agriculture Science Technology* 14:407-420.
- Eller, M.S., L.A. Robertson, G.A. Payne, and J.B. Holland. 2008. Grain yield and *Fusarium* ear rot of maize hybrids developed from lines with varying levels of resistance. *Maydica* 53:231-237.
- Harni, R. dan Ibrahim. 2011. Potensi bankteri endofit menginduksi ketahanan tanaman lada terhadap infeksi *Meloidogyne incognita*. *J. Littri* 17(3):118-123.
- Harni, R., Supramana, M.S. Sinaga, Giyanto, dan Supriadi. 2012. Mekanisme bakteri endofit mengendalikan nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada tanaman nilam. *Buletin Littro* 23(1):102-114.
- Hutabalian, M., M.I. Pinem, dan S. Oemry. 2015. Uji antagonisme beberapa jamur saprofit dan endofit dari tanaman pisang terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubens* di laboratorium. *Jurnal Online Agroteknologi* 3(2):687-695.
- Khairani, G. 2009. Isolasi dan uji kemampuan bakteri endofit penghasil hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari akar tanaman jagung (*Zea mays* L.). Skripsi. Universitas Sumatera Utara. 50pp.

- Kurnia, A.T., M. I. Pinem, dan S. Oemry. 2014. Penggunaan jamur endofit untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* dan *Alternaria solani* secara in vitro. Jurnal online Agroteknologi 2(4):1596-1606.
- Marwan, H., M.S. Sinaga, Giyanto, dan A.A. Nawangsih. 2011. Isolasi dan seleksi bakteri endofit untuk pengendalian penyakit darah pada tanaman pisang. J. HPT Tropika 11(2):113-121.
- Mousa, W.K., C.R. Shearer, V.L. Rios, T. Zhou, and A.N. Raizada. 2015. Bacterial endophytes from wild maize suppress *Fusarium graminearum* in modern maize and inhibit mycotoxin accumulation. Frontiers in Plant Science 6(805): 1-19.
- Munkvold, G.P. 2003. Epidemiology of *Fusarium* disease and their mycotoxins in maize ears. European Journal of Plant Pathology 109: 705-713.
- Nayaka, S. Chandra, U. Shankar, C. Arakere, Reddy, Munagala, Niranjana, Siddapura, H.S. Prakas, Setty, and Huntrike. 2009. Control of *Fusarium verticilloides*, cause of ear rot of maize, by *Pseudomonas fluorescens*. Pest Management Science. Indian Academy of Science 65(7): 769-775.
- Nurzannah, S.E. Lisnawita, dan D. Bakti. 2014. Potensi jamur endofit asal cabai sebagai agens hayati untuk mengendalikan layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) pada cabai dan interaksinya. Jurnal Online Agroekoteknologi 2(3): 1230-1238.
- Orole, O.O. and T.O. Adejumo. 2009. Activity of fungal endophytes against four maize wilt pathogens. African Journal of Microbiology Research 3(12): 969-973.
- Pakki, S. 2005. Patogen tular benih *Fusarium* sp. dan *Aspergillus* sp. pada jagung serta pengendaliannya. Prosiding Seminar Nasional Jagung Tahun 2005. p.588-598.
- Pakki, S. 2016. Cemaran mikotoksin, bioekologi patogen *Fusarium verticilloides* dan upaya pengendaliannya pada jagung. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian 35(1): 11-16.
- Pakki, S. dan S. Mas'ud. 2005. Inventarisasi dan identifikasi patogen cendawan yang menginfeksi benih jagung. prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda SulSel.
- Pratiwi, B.E. 2015. Isolasi dan skrining fitokimia bakteri endofit dari daun rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) yang berpotensi sebagai antibakteri. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. 81pp.
- Saylendra, A. dan D. Firnia. 2013a. *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. asal endofit akaryang berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan 2(1): 19-27.
- Saylendra, A. dan D. Firnia. 2013b. Potensi cendawan endofit perakaran jagung sebagai pemicu pertumbuhan tanaman. Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan 2(2): 135-140.
- Stierle, A., G. Strobel, D. Stierle, P. Grothaus, and G. Bignami. 1995. The search for a taxol-producing microorganism among the endophytic fungi of the *Pacific yew*, *Taxus brevifolia*. J. Nat. Prod. 58(9):1315-1324.
- Strobel, G.A. and B. Daisy. 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. Microbiol. Mol. Biol. 67(4):491-502.
- Sudantha, I.M. 2010. Pengujian beberapa jenis jamur endofit dan saprofit *Trichoderma* spp. terhadap penyakit layu fusarium pada tanaman kedelai. Jurnal Agroteksos 20(2): 90-102.
- Sudantha, I.M dan A.L. Abadi. 2011. Uji efektivitas beberapa jenis jamur endofit *Trichoderma* spp isolat lokal NTB terhadap jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* penyebab penyakit busuk batang pada bibit vanili. Crop Agro 4(2): 64-73.
- Sunarwati, D. dan R. Yoza, 2010. Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicillium* dalam menghambat pertumbuhan cendawan penyebab penyakit busuk akar durian (*Phytophthora palmivora*) secara in vitro. Prosiding Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara. Solok 10 Nopember 2010. <http://balitbu.litbang.pertanian.go.id> [30 Desember 2015]: 176-189.
- Suriani, A. Muis, dan Aminah. 2015. Efektivitas 8 formulasi *Bacillus subtilis* dalam menekan pertumbuhan *Fusarium moniliforme* secara in vitro. Prosiding Seminar Nasional Serealia 2015. p.428-435.
- Sutton, J.C. 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. Canadian Journal Plant Pathology 4(2):195-209.
- Tan, R.X. and W.X. Zou. 2001. Endhophytes: a rich source of functional metabolites. Natural Product Reports 18:448-459.
- Wakman, W. dan Kantong. 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. p.20-29.
- Widiastuti, R. 2006. Mikotoksin: pengaruh terhadap kesehatan ternak dan residunya dalam produk ternak serta pengendaliannya. Wartazoa 16(3):116-127.

