

Strategi Pengendalian Cendawan *Fusarium* sp. dan Kontaminasi Mikotoksin pada Jagung

Strategy for Controlling *Fusarium* sp. and Mycotoxin Contamination in Corn

Soenartiningasih, M. Aqil, dan N.N. Andayani

Balai Penelitian Tanaman Serealia
Jl. Dr. Ratulangi No. 274, Maros, Sulawesi Selatan, Indonesia
E-mail: soenartiningasih@yahoo.com

Naskah diterima 10 Maret 2016, direvisi 27 April 2016, dan disetujui diterbitkan 10 Mei 2016

ABSTRACT

Soil borne fungus *Fusarium* sp., is a major cause of disease in corn, especially during the rainy season, which causes stem rot disease, ear rot and rotten seeds. The disease symptoms include sudden wilting of leaves, drying stem turns brown in color, and if it reached the ear the seeds will decay. Several species of *Fusarium* fungus could attack maize, namely *F. moniliforme* (*verticillioides*), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. graminearum*. Some soil borne fungal mycotoxins produced by *Fusarium* sp. are toxic to human and animals such as Zearalenon, Fomonisin, Trikotezen (Deoksinivalenol, Toxin T2) and Moniliformen. Strategy to suppress the infection of *Fusarium* causing the mycotoxin contamination in maize requires actions, beginning from planting till harvest taking into account several stages of crop management, disease management, use of resistant varieties, disease control using chemical and biological fungicide followed by properly handling the harvest and post-harvest materials and emphasizing the avoidance compound of mycotoxins in the grains.

Keywords: Corn, *Fusarium* fungus, mycotoxin, control.

ABSTRAK

Cendawan tular tanah, *Fusarium* sp., merupakan penyakit utama pada tanaman jagung, terutama pada musim hujan. Cendawan ini menyebabkan penyakit busuk batang, busuk tongkol, dan busuk biji. Gejala serangan: daun mendadak layu dan mengering, pangkal batang berubah warna menjadi cokelat kekuningan, dan apabila cendawan mencapai tongkol atau biji akan menyebabkan pembusukan biji. Spesies cendawan *Fusarium* yang dapat menginfeksi tanaman jagung adalah *F. moniliforme* (*verticillioides*), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. equiseti*, dan *F. graminearum*. Mikotoksin cendawan tular tanah *Fusarium* sp. bersifat toksik pada manusia dan hewan, berupa senyawa Zearalenon, Fomonisin, Trikotezen (Deoksinivalenol, toksin T2) dan Moniliformen. Infeksi *Fusarium* dan kontaminasi mikotoksin pada tanaman jagung harus dikendalikan sejak awal melalui beberapa tahapan, mencakup pengelolaan tanaman secara optimal, penggunaan varietas tahan, pengendalian penyakit fusarium secara kimiawi dan hayati, penanganan panen dan penanganan pascapanen secara baik, dengan perhatian pada penekanan senyawa mikotoksin pada biji.

Kata kunci: Jagung, cendawan *Fusarium*, mikotoksin, pengendalian.

PENDAHULUAN

Cendawan tular tanah, *Fusarium* sp., merupakan penyakit utama pada tanaman jagung selain bulai, hawar daun, karat, dan busuk pelepah. Penyebaran penyakit ini sangat luas di negara beriklim tropis dan subtropis di berbagai negara Asia, Eropa, dan Afrika (Oerke 2005). Cendawan *Fusarium* dapat menginfeksi berbagai jenis tanaman, hewan, dan bahkan manusia.

Menurut hasil penelitian Vigier *et al.* (2001), penurunan produksi jagung akibat infeksi cendawan *Fusarium* jenis *Gibberella* mencapai 48%, apabila kondisi lingkungannya cocok bagi perkembangan penyakit. Pada lingkungan yang tidak baik bagi perkembangan cendawan *Fusarium*, penurunan hasil jagung berkisar antara 7-17% (Nagy *et al.* 2006). Hal ini kemungkinan karena penurunan hasil akibat serangan cendawan *Fusarium* sangat tergantung terhadap tingginya intensitas serangan.

Cendawan tular tanah *Fusarium* sp. juga menghasilkan toksin (*Fusariotoksin*) yang berbahaya bagi konsumen karena dapat menyebabkan keracunan. Cendawan *Fusarium* sp. juga mengeluarkan mikotoksin sebagai hasil biosintesis. Mikotoksin yang dihasilkan cendawan *Fusarium* selain menginfeksi tanaman jagung, juga dapat menginfeksi berbagai macam komoditas pertanian. Dibandingkan dengan cendawan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. semua spesies dari cendawan *Fusarium* sp. menghasilkan mikotoksin karena sering mengkontaminasi bahan pangan dan pakan. Menurut Bhat dan Miller (1991), diperkirakan bahwa setiap tahunnya antara 25-50% komoditas pertanian di dunia terkontaminasi oleh mikotoksin. Mikotoksin cendawan *Fusarium* yang bersifat toksik mulai dikhawatirkan sejak ditemukan kandungan aflatoksin yang menyebabkan Turkey X disease pada tahun 1960 (Maryam 2002). Mikotoksin ini menyebabkan kematian 100.000 ekor kalkun di Inggris. Sejak itu mulai diteliti mengenai adanya jenis-jenis mikotoksin yang berbahaya bagi manusia dan hewan. Oleh karena itu, dalam pengendalian penyakit *Fusarium* diperlukan strategi pengendalian sejak awal melalui pengelolaan pertanian secara baik, yang meliputi penggunaan varietas toleran, pengendalian kimiawi dan hayati secara terpadu, serta penanganan panen dan pascapanen.

Makalah ini membahas pentingnya pengendalian cendawan *Fusarium* dan kontaminasi mikotoksin pada tanaman jagung.

Spesies Cendawan *Fusarium* sp.

Cendawan *Fusarium* sp. merupakan patogen tular tanah yang dapat bertahan hidup relatif lama dalam tanah dengan membentuk miselium atau spora tanpa inang,

konidia atau sporanya disebarkan melalui angin, air hujan, dan nematoda atau serangga. Menurut Glenn *et al.* (2001) terdapat 31 spesies cendawan *Fusarium* sp., 15 spesies di antaranya diketahui menginfeksi banyak tanaman, yaitu *F. moniliforme* (*verticillioides*), *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. semitectum*, *F. chlamidosporum*, *F. fujikuroi*, *F. sacchari*, *F. thapsinum*, *F. nygamay*, *F. pseudoantophilum*, *F. subglutinans*, dan *F. lateritium* (Lislie *et al.* 2003). Dari 15 spesies yang telah teridentifikasi, ada empat spesies yang dominan menginfeksi tanaman jagung, yaitu *F. moniliforme* (*verticillioides*), *F. subglutinans*, *F. graminearum*, dan *F. proliferatum* (Burlakoti *et al.* 2008).

Perbedaan morfologi antarspesies didasarkan atas bentuk spora dan tangkainya. Perkembangan cendawan *Fusarium* dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain kelembaban, curah hujan, media tumbuh, suhu di lingkungan pertanaman. Cendawan ini dapat menginfeksi tanaman jagung pada semua fase perkembangan sejak menginfeksi biji, melalui luka gigitan serangga vektor dan sumber inokulum, kemudian menginfeksi pada fase prapanen hingga pascapanen (Munkvold *et al.* 1997). Mekanisme penularan infeksi cendawan *Fusarium* ke tanaman jagung pertama kali melalui lubang alami seperti hidatoda, nektar, stomata atau luka, kemudian berkembang ke dalam jaringan tanaman dan menetap serta berkembang dalam jaringan pembuluh tanaman sehingga menghambat kelancaran pengangkutan air dan hara terlarut dari akar ke seluruh bagian tanaman. Selain itu, *Fusarium* juga dapat menginfeksi biji secara sistemik, dengan cara membentuk konidia atau miselia yang berasal dari dalam atau permukaan biji, kemudian berkembang pada tanaman muda membentuk akar dan batang, selanjutnya menginfeksi bagian tongkol dan biji (Oren *et al.* 2003).

Perkembangan Reproduksi Cendawan *Fusarium*

Cendawan *Fusarium* dalam perkembangan reproduksinya mengalami dua tahapan, yaitu fase *sexual* dan fase *asexual*. Cendawan *Fusarium* yang memiliki fase *sexual* terdiri atas dua spesies, yaitu *Gibberella zeae* dan *Gibberella fujikuroi*, dan yang memiliki fase *asexual* adalah *F. graminearum*, *F. verticillioides* (*F. moniliforme*), *F. subglutinans*, dan *F. proliferatum* (Tabel 1). Keempat spesies *Fusarium* ini banyak menginfeksi tanaman jagung dan mempunyai banyak tanaman inang.

Menurut Semangun (2008), koloni cendawan *Fusarium* berwarna putih, merah muda atau oranye, bergantung pada spesiesnya. Cendawan ini umumnya mempunyai tiga alat reproduksi, yaitu (1) mikrokonidia yang terdiri atas 1-2 septa yang berbentuk ovoid dengan ujungnya agak bengkok dan menyempit atau lonjong, (2)

Tabel 1. Perkembangan reproduksi beberapa spesies cendawan *Fusarium* pada fase seksual dan asexual yang hidup dengan tanaman inang.

Fase seksual	Fase asexual	Tanaman inang
<i>Gibberella zeae</i>	<i>Fusarium Graminearum</i>	Jagung, Gandum, Kapri, Jali, Havermut, Semangi dan kentang
<i>Gibberella fujikuroi</i>	<i>F. verticillioides (F.moniliforme)</i> <i>F. subglutinans</i> <i>F. proliferatum</i>	Jagung, Padi, Sorgum, Tebu, Gandum, Kapas, Pisang, Nanas dan Tomat Jagung, Mangga, Pinus, Tebu, Nanas, dan Rumput gandum Jagung, Sorgum, Mangga, Asparagus, Bawang merah, Palm, Timun dan Bawang putih

Sumber: Leslie *et al.* (2005) dan Burlakoti *et al.* (2008)

makrokonidial yang terdiri atas 3-5 septa berbentuk seperti sabit dengan ujung agak membengkok, dan (3) klamidospora atau konidiofor yang merupakan pembengkakan pada hifa. Menurut Beyer (2005), berdasarkan pengamatan secara mikroskopis alat reproduksi, *Gibberella zeae* terdiri atas 5-6 septa dengan ukuran 4-6 x 130-150 µm, sedikit melengkung dan pada kedua ujungnya meruncing serta bersifat hialin. Alat reproduksi spesies *F. graminearum* mempunyai klamidospora yang perkembangannya lambat, sedangkan *F. verticillioides*, *F. subglutinans*, dan *F. proliferatum* tidak menghasilkan klamidospora. Ketiga spesies *Fusarium* ini hanya mempunyai alat reproduksi mikrokonidia dan makrokonidia yang ukuran sporanya bergantung pada spesiesnya (Leslie *et al.* 2003). Cendawan ini dapat bertahan hidup dalam bentuk *perithecia* dan *ascospores* dan berkembang kembali jika lingkungannya sesuai dengan kelangsungan hidupnya. Umumnya *ascospores* ini disebarkan oleh angin atau percikan air hujan ke tanaman jagung yang sehat (Beyer 2005).

Dalam penelitian, perbanyakkan spora *Fusarium* biasanya digunakan media buatan, sedangkan perbanyakkan makrokonidia *Fusarium* menggunakan media agar cair atau *potato dextrose agar*, namun hanya terbentuk rantai mikrokonidia, sedangkan untuk membentuk dan memperbanyak makrokonidia digunakan agar *cornmeal* yang telah disterilkan. Pembentukan makrokonidia pada media buatan harus mengandung ekstrak yeast dan media CMC (*carboxil methyl cellulose*). Cendawan *Fusarium* dalam mempertahankan diri sebelum ada inangnya adalah dengan berlindung pada sisa-sisa tanaman. Namun konidia dari *Fusarium* tidak dapat bertahan lama dalam tanah atau pada sisa tanaman inang. Konidia dapat lebih lama bertahan hidup pada tanah kering dibandingkan dengan tanah yang lembab, juga dapat lebih lama bertahan hidup pada suhu rendah 4-18°C daripada suhu tinggi 25-30°C.

Gejala dan Sebaran Penyakit yang Disebabkan oleh Cendawan *Fusarium*

Gejala awal penyakit yang terinfeksi cendawan *Fusarium* pada tanaman jagung adalah daun mendadak layu. Setelah satu sampai dua hari, daun berubah warna menjadi kelabu dan terkulai. Batang bagian bawah berwarna hijau kekuningan, dan apabila penularannya berat warnanya berubah menjadi cokelat kekuningan. Batang pada ruas paling bawah, empelurnya membusuk dan terlepas dari kulit luar batang dan batangnya menjadi lembek. Kelayuan ini dapat menghentikan semua transportasi hara ke biji, sehingga bobot biji menurun. Tanaman yang terinfeksi busuk batang, akarnya membusuk, tanaman mudah rebah dan mudah dicabut. Umumnya perbedaan gejala penyakit *Fusarium* bergantung pada komoditas tanaman, Dharmaputra *et al.* (1993) telah mengidentifikasi 22 isolat cendawan *Fusarium* dari berbagai tanaman di Jawa Barat dan menunjukkan perbedaan gejala penyakit (Tabel 2).

STRATEGI PENGENDALIAN CENDAWAN *FUSARIUM* PADA PRAPANEN

Pengendalian cendawan *Fusarium* pada tanaman jagung, dilakukan sejak awal prapanen melalui (1) pengelolaan tanaman dan penyakitnya, (2) penanaman varietas tahan, (3) pengendalian secara kimiawi, dan hayati secara terpadu, serta (4) penanganan panen dan pascapanen. Langkah ini bertujuan untuk mengendalikan penyebaran cendawan *Fusarium* dan mencegah kontaminasi serta akumulasi mikotoksin pada tanaman jagung.

(1) Pengelolaan tanaman dan pengendalian penyakit

Kontaminasi cendawan *Fusarium* pada tanaman jagung dapat terjadi sejak awal tanam, bertepatan dengan puncak musim kemarau dan terjadi kekeringan. Hal ini merupakan masalah utama bagi tanaman jagung, terutama pada saat berbunga dan pengisian biji. Pengelolaan tanaman melalui

Tabel 2. Isolat cendawan fusarium pada beberapa tanaman inang dengan gejala penyakit yang berbeda di beberapa daerah di Jawa Barat.

Spesies dan Isolat <i>Fusarium</i>	Gejala dan tanaman inang	Daerah ditemukan
<i>F. chlamidosporum</i> Bio-37	Busuk akar pada buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Pacet
<i>F. equiseti</i> Bio-1	Busuk batang pada brokoli (<i>Brassica var botrytis</i>)	Pengalengan
<i>F. equiseti</i> Bio-5	Layu pembuluh pada paprika (<i>Capsicum annum</i>)	Cipanas
<i>F. equiseti</i> Bio-27	Layu pembuluh pada tomat (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Lembang
<i>F. equiseti</i> Bio-8	Busuk pangkal pada kedelai (<i>Glycine max</i>)	Lembang
<i>F. equiseti</i> Bio-35	Busuk batang pada caisim (<i>Bassica campestris chinensis</i>)	Pengalengan
<i>F. moniliforme</i> Bio-9	Busuk bulir pada jagung (<i>Zea mays</i> var Raja)	Bogor
<i>F. moniliforme</i> Bio-1	Busuk bulir pada jagung (<i>Zea mays</i> var DT ₆ 2607)	Bogor
<i>F. moniliforme</i> Bio-13	Busuk bulir pada jagung (<i>Zea mays</i> var SC ₁ 88A)	Bogor
<i>F. nygamai</i> Bio-7	Busuk bulir pada jagung (<i>Zea mays</i> var Harapan)	Bogor
<i>F. nygamai</i> Bio-8	Busuk bulir pada jagung putih	Bogor
<i>F. nygamai</i> Bio-10	Busuk bulir pada jagung (<i>Zea mays</i> var BH-14)	Bogor
<i>F. oxysporum</i> Bio-2	Busuk batang pada kentang (<i>Solanom tuberasum</i>)	Pacet
<i>F. oxysporum</i> Bio-3	Bercak daun pada pisang (<i>Musa paradisiaca</i>)	Pacet
<i>F. oxysporum</i> Bio-4	Layu pembuluh pada cabe (<i>Capsicum annum</i>)	Bogor
<i>F. oxysporum</i> Bio-25	Busuk batang pada caisim (<i>Bassica campestris chinensis</i>)	Lembang
<i>F. oxysporum</i> Bio-26	Busuk batang pada caisim (<i>Bassica campestris chinensis</i>)	Lembang
<i>F. oxysporum</i> Bio-29	Busuk batang pada kedelai (<i>Glycine max</i>)	Lembang
<i>F. oxysporum</i> Bio-30	Layu pembuluh pada strawberry (<i>Fragaria vesca</i>)	Lembang
<i>F. semitectum</i> Bio-14	Busuk batang pada caisim (<i>Bassica campestris chinensis</i>)	Cianjur
<i>F. semitectum</i> Bio-20	Busuk batang pada kedelai (<i>Glycine max</i>)	Cianjur
<i>F. semitectum</i> Bio-34	Layu pembuluh pada cabe (<i>Capsicum annum</i>)	Pengalengan

Sumber: Dharmaputra (1993).

sistem pengairan yang optimal pada fase ini sangat penting untuk mengurangi kontaminasi cendawan *Fusarium*. Cekaman kekeringan secara langsung berpengaruh negatif terhadap kondisi tanaman. Akibatnya, tanaman kurang sehat dan lebih rentan terhadap serangan hama dan penyakit. Selain itu, serangan hama pada tanaman jagung, seperti penggerek tongkol dan penggerek batang dapat menstimulasi cendawan *Fusarium* untuk melakukan kontaminasi pada tanaman, terutama pada bagian-bagian yang terserang hama. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah keseimbangan nutrisi. Kurangnya nutrisi bagi tanaman memudahkan terjadinya kontaminasi patogen. Menurut Walters (2009) dan Hasan (2010), pengelolaan air yang tepat, irigasi yang baik, dan pemupukan berimbang diperlukan oleh tanaman jagung untuk berkembang dan ketahanan terhadap patogen. Pergiliran tanaman yang bukan inang merupakan salah satu cara pencegahan yang dapat meminimalisasi penyebaran patogen cendawan *Fusarium*. Menurut Shurtleff (1980), pemupukan berimbang dengan pemberian N dosis rendah dan K tinggi serta populasi tanaman yang tidak rapat, dapat menekan kontaminasi dan perkembangan cendawan *Fusarium* di lapangan.

(2) Penggunaan varietas tahan

Hasil pengujian di Maros menunjukkan varietas Surya, Gumarang, Bisi -1, Bisi-4, Bisi-5, Pioner -8, Pioner-10, Pioner-12, Pioner -13, Pioner -14, Exp. 9572, Exp. 9702,

Exp. 9703 dan FPC 9923 tahan terhadap penyakit busuk batang cendawan *Fusarium* (Wakman dan Kontong 2002). Menurut Ashnagar *et al.* (2012), dari 14 varietas jagung yang diuji terhadap penyakit yang disebabkan oleh cendawan *F. verticillioides*, hanya dua varietas yang tahan, yaitu DC 499 dan KSC 700, sedangkan yang lain bersifat peka dan sangat peka. Menurut Lei Wu *et al.* (2011), galur jagung tahan yang terinfeksi cendawan *F. verticillioides* mempunyai perakaran yang lebih baik daripada galur peka. Galur Qi 319, 340 dan Zhongzi 01, misalnya mempunyai akar yang lebih baik dibanding galur B73, Lu 9801, dan P138. Kandungan toksin (FBI) yang terakumulasi pada akar varietas rentan lebih besar daripada varietas tahan. Hal ini menunjukkan bahwa varietas rentan memiliki kandungan toksin yang lebih tinggi dibanding varietas tahan.

(3) Pengendalian secara kimiawi

Pengendalian penyakit cendawan *Fusarium* yang dikendalikan secara kimiawi umumnya menggunakan organomercuri dan nonmercuri, seperti Arasan dan Dithane. Menurut Nel *et al.* (2003), fungisida lain yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit cendawan *Fusarium* adalah Thiram, Captab, dan Fludioxonil/Mefenoxam. Pengendalian penyakit cendawan *Fusarium* secara kimiawi seringkali tidak efektif karena kemampuannya yang kuat dalam mempertahankan diri sangat kuat. Selain itu, bahan kimia yang digunakan

dalam pengendalian tidak efektif. Penggunaan fungisida dengan dosis yang tidak terkontrol berpengaruh negatif terhadap perkembangan mikroorganisme tanah yang bersifat antagonis.

(4) Pengendalian secara hayati

Pengendalian hayati berdampak positif terhadap lingkungan sekitarnya. Agensia hayati seperti virus, cendawan, dan bakteri digunakan setelah dilakukan pengujian keefektifannya. Beragam agensia pengendali hayati telah ditemukan dan menunjukkan kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan penyakit tanaman. Agensia pengendali hayati antagonis diaplikasikan dan dikembangkan untuk memberikan keseimbangan ekosistem dan kelestarian lingkungan. Beberapa agensia antagonis yang terbukti efektif dalam menekan penyakit busuk batang yang disebabkan cendawan *Fusarium* sp. adalah cendawan *Trichoderma* sp. yang merupakan agensia hayati yang berfungsi sebagai pengendali penyakit cendawan *Fusarium*, dan dapat meningkatkan perkembangan akar, mengurangi stres, meningkatkan serapan hara dan hasil tanaman. Menurut Harman *et al.* (2004), kolonisasi antara tanaman dengan *Trichoderma* sp. resistensi sistemik dan dapat meningkatkan induksi ketahanan dari rhizobakteria. Banyak isolat *Trichoderma* sp. yang ditemukan bermanfaat dalam pengendalian secara biologis dengan spektrum yang luas, sehingga dapat mengendalikan beberapa patogen, yaitu *Fusarium* sp., *Pythium* sp., *Phytophthora* spp., *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, dan *Sclerotium rolfsii* (Harman *et al.* 2004, Scala *et al.* 2007). Selain *Trichoderma* sp., *Bacillus subtilis* juga banyak digunakan sebagai pengendali hayati penyakit busuk batang cendawan *Fusarium*. Agensia hayati ini mempunyai beberapa strain yang kuat, dapat mengendalikan patogen, dan meningkatkan perkembangan tanaman jagung pada fase vegetative, dan meningkatkan produksi.

Pengendalian cendawan *Fusarium* pada tanaman jagung secara hayati dapat dilakukan sejak dini melalui *seed treatment* pada biji, daun, dan tongkol untuk mengurangi inokulum patogen. Telah teridentifikasi mikrobakterium yang potensial dalam melindungi tanaman jagung dari cendawan *Fusarium*. Bakteri endofit *B. subtilis*, misalnya, telah digunakan sebagai kontrol secara biologi dan mampu mengurangi akumulasi mikotoksin pada tanaman jagung selama pertumbuhan.

(5) Penanganan panen dan pascapanen

Untuk meminimalisasi kontaminasi mikotoksin pada tanaman jagung pada tahapan ini adalah menentukan kualitas biji yang dihasilkan. Panen sebaiknya dilakukan

pada saat masak fisiologis dan tidak boleh ditunda. Terlambat panen akibat cuaca yang tidak menguntungkan menurunkan kualitas hasil. Pemanenan terlalu awal menyebabkan banyak biji jagung yang masih muda sehingga daya simpannya rendah dan banyak biji yang keriput. Secara visual, tanaman jagung yang sudah siap dipanen ditandai oleh batang, daun, dan kelobot berubah warna menjadi kuning atau telah mengering, biji terlihat mengkilap, jika ditekan dengan kuku tidak berbekas, dan terdapat bintik hitam (*black layer*) pada bagian biji yang melekat pada tongkol. Kadar air biji jagung yang sudah siap dipanen < 30 (Saenong *et al.* 2007).

Setelah dipanen, biji jagung dikeringkan untuk menurunkan kadar air biji agar aman disimpan. Kadar air biji jagung yang aman disimpan berkisar antara 12-14%, dan terhindar dari infeksi cendawan atau mikroorganisme yang lain. Perubahan kadar air biji jagung dapat terjadi karena pengaruh cuaca seperti panas, hujan, pergantian siang dan malam, serta tempat penyimpanan.

Sebelum disimpan, biji jagung disortasi terlebih dahulu untuk memisahkan biji yang tidak terinfeksi dengan yang bercendawan dan yang rusak karena serangga, sehingga dapat meminimalisasi kontaminasi mikotoksin. Pemisahan biji yang terinfeksi cendawan bisa menggunakan *Near Infra Red* (NIR) dengan mudah dan cepat. Kerusakan biji dapat terjadi karena butir retak atau pecah yang mengakibatkan kerusakan pada endosperm. Hal ini disebabkan oleh proses pemipilan dengan menggunakan alat pemukul atau mesin perontok yang kurang sempurna. Biji juga bisa rusak karena serangan hama dan mikroba. Serangan hama yang memakan sebagian endosperm menyebabkan biji menjadi cacat, mudah mengalami oksidasi asam lemak, dan menghasilkan asam lemak bebas dengan bau yang tidak enak. Kerusakan biji juga terjadi karena metabolisme serangga dan mikroba. Standar mutu jagung dibagi atas dua persyaratan, yaitu persyaratan umum dan khusus (Warintek 2007). Syarat umum standar mutu jagung adalah bebas dari hama penyakit, bebas bau busuk, asam, atau bau asing lainnya, dan bebas dari bahan kimia seperti insektisida dan fungisida, serta memiliki suhu normal.

Mikotoksin dan Cara Mengatasinya

1. Jenis mikotoksin

Telah teridentifikasi 300 jenis mikotoksin berbahaya yang dihasilkan oleh cendawan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp., yaitu aflatoksin dan okratoksin. Menurut Pitt (2000), terdapat lima jenis mikotoksin berbahaya yang dihasilkan oleh cendawan *Fusarium* sp., yaitu zearalenon, fumonisin, moniliformin, trikotesena (Deoksinivalenol Toksin T2), dan moniliformin.

Zearalenon

Zearalenon merupakan mikotoksin estrogen alami hasil biosintesis cendawan *Fusarium graminearum*, *F. tricinctum*, dan *F. moniliforme* (Frizzell *et al.* 2011). Cendawan ini pada umumnya terdapat pada tanaman jagung, sereal, oat, dan jerami, tumbuh pada suhu optimum 20-25°C dengan kelembaban 40-60% (Bahri *et al.* 2004). Zearalenon pertama kali diisolasi pada tahun 1962. Mikotoksin ini cukup stabil dan tahan terhadap suhu tinggi. Hingga saat ini terdapat enam macam turunan zearalenon, di antaranya α -zearalenol yang memiliki aktivitas estrogenik tiga kali lipat daripada senyawa induknya. Senyawa turunan lainnya adalah 6,8-dihidroksizearalenon, 8-hidroksi zearalenon, 3-hidroksi zearalenon, 7-dehidro zearalenon, dan 5-formil zearalenon. Komoditas pertanian yang banyak tercemar zearalenon adalah tanaman jagung, gandum, kedelai, padi, dan serelia lainnya (Widiastuti 2000).

Zearalenon dan metabolitnya memiliki sifat estrogenik dan berdampak negatif terhadap kesehatan babi, sapi, kambing, ayam, kalkun, kelinci, dan manusia. Gejala klinis keracunan zearalenon pada hewan ditandai oleh sindrom estrogenik yang meliputi penurunan produksi, gangguan reproduksi dan hormonal (Frizzell *et al.* 2011).

Fumonisin

Fumonisin merupakan mikotoksin yang dihasilkan oleh cendawan *F. moniliforme*, *F. proliferatum*, *F. nygamai*, *F. athophilum*, *F. diamini* dan *F. napiforme*. Dari hasil identifikasi, yang terbanyak menghasilkan fumonisin adalah *F. moniliforme*, dan *F. proliferatum*. Fumonisin ditemukan pada tahun 1988 di Afrika setelah diketahui struktur kimia dan aktivitas biologisnya (Janse *et al.* 2006, Waalwijk *et al.* 2008). *F. moniliforme* merupakan jenis cendawan yang menyebar di seluruh dunia, terutama di negara beriklim tropis dan subtropis. Komoditas pertanian yang sering terkontaminasi cendawan ini antara lain adalah tanaman jagung, gandum, dan sorgum. Cendawan tumbuh pada suhu optimum 22,5-27,5°C dengan suhu maksimum 32-37°C.

Biosintesis fumonisin tidak hanya diatur oleh faktor genetik, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pH, suhu, kelembaban, gangguan serangga, penanganan pra dan pascapanen (Shim *et al.* 2003, Williams *et al.* 2006). Fumonisin hampir terjadi pada jagung dan makanan berbasis jagung di seluruh dunia, seperti di Amerika Serikat, Amerika Selatan, Cina, Eropa, dan Afrika, yang sampai saat ini terdapat 28 analog fumonisin yang telah diidentifikasi (Rheeder *et al.* 2002). Menurut Maryam (2000), ada 11 jenis senyawa fumonisin yang ditemukan dan sering kali mengalami kontaminasi

dengan mikotoksin jenis cendawan lain, yang dapat meningkatkan toksisitasnya. Jenis fumonisin tersebut adalah fumonisin B (FB1, FB2, FB3, FB4), fumonisin A (FA1, FA2), fumonisin C (FC1, FC2), dan fumonisin P (FP1, FP2 dan FP3). Menurut Marasas (2001) dan Rheeder *et al.* (2002), fumonisin yang paling banyak ditemukan pada makanan adalah jenis FB1, FB2 dan FB3. Sebenarnya mikotoksin jenis fumonisin sudah ada sejak lama, tetapi baru diketahui pada tahun 1988 di Afrika, setelah ditemukan penyakit *Equine leucoencephalomalacia* (ELEM). ELEM merupakan penyakit saraf yang menyerang kuda dan sudah menyebar sejak lama di Amerika, tetapi baru diketahui setelah ditemukan fumonisin. Penyakit *Porcine pulmonary edema* (PPE) pada babi juga berasal dari mikotoksin jenis fumonisin. Menurut Bahri *et al.* (2004), fumonisin jenis FB1 bersifat hepatotoksik dan hepatokarsinogenik pada tikus.

Trikotesena

Mikotoksin golongan trikotesena dihasilkan oleh cendawan *Fusarium* sp. Trikotesena berjumlah sekitar 100 jenis, tetapi yang terpenting hanya empat jenis, yaitu deosinivalenol (DON), nivalenol (NIV), toksin T2, dan diasetoksirpenol (DAS). Mikotoksin golongan ini dalam senyawanya terdapat inti terpen. Toksin yang dihasilkan oleh cendawan-cendawan tersebut di antaranya adalah toksin T-2 dan DAS, merupakan jenis trikotesena paling toksik dan pernah digunakan sebagai senjata biologi pada peperangan Vietnam, Laos, dan Afganistan (Rosen and Rosen 1982). Toksin ini menyebabkan iritasi pada kulit dan bersifat teratogenik. Selain toksin T-2 dan DAS, trikotesena lainnya seperti deoksinivalenol dan nivalenol dapat menyebabkan emesis dan muntah-muntah. Toksin ditemukan pada produk cereal di Turkey (Omurtag dan Yazicioglu, 2006 dalam Frizzell *et al.* 2011). Toksin deosinivalenol (DON) dan nivalenol (NIV) terkontaminasi dengan zearalenon pada biji-bijian, biasanya terdeteksi bersama dengan deoksinivalenol. Dalam hal ini konsentrasi deoksinivalenol lebih tinggi dibandingkan dengan zearalenon (Widiastuti 2000). Menurut Ali *et al.* (1998) dalam Winda *et al.* (2005), kandungan DON dan NIV yang terdeteksi pada sampel biji jagung yang berasal dari Jawa Tengah adalah 27 ppb dan 109 ppb. Sumber utama DON dan NIV adalah cendawan *Fusarium graminearum*, yang merupakan cendawan penyebab busuk tongkol pada tanaman jagung dan *head blight* pada tanaman gandum (Widiastuti 2000).

Moniliformin

Moniliformin merupakan mikotoksin yang dihasilkan oleh cendawan *F. moniliforme*. Moniliformin juga diproduksi

oleh *F. acuminatum*, *F. graminearum*, *F. oxyporum*, *F. proliferatum*, dan *F. subglutinans* (Widiastuti 2000). Menurut Harvey *et al.* (2002), moniliformin juga dapat dihasilkan oleh *F. verticillioides* dan *F. fujikuroi*. Mikotoksin ini diketahui mengkontaminasi penyebaran tanaman jagung di Indonesia setelah ditemukan pada sampel biji dari dataran rendah. Widiastuti (2000) melaporkan bahwa mikotoksin ini sangat beracun dan cepat menyebabkan kematian pada hewan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis yang mematikan dari toksin moniliformin berkisar antara 3-75,4 mg/kg bobot ayam dan itik. Pemberian pakan 0,5-2,0 g yang mengandung 11,3 mg/kg toksin moniliformin menyebabkan kematian pada anak itik dalam jangka waktu 2 hari yang sebelumnya menunjukkan gejala gangguan pernafasan, koma, dan melemahnya otot (Widiastuti 2000).

2. Penekanan senyawa mikotoksin pada biji jagung

Cara mengatasi kontaminasi mikotoksin adalah dengan memasak untuk menentukan derajat kerusakan senyawa mikotoksin. Kimura (1999) dalam Bahri (2001) menyatakan bahwa perebusan pada suhu 110°C tidak terlalu berpengaruh terhadap kandungan mikotoksin, tetapi dengan cara menggoreng (suhu 150-180°C) dapat mengurangi kandungan mikotoksin pada biji jagung. Kandungan NIV akan berkurang hingga 10% pada pemanggangan selama 15 menit. Cukup banyak senyawa kimia yang dapat mengendalikan kontaminan mikotoksin pada bahan pangan atau pakan. Kalsium hidroksida, monometilamin, dan amonium hidroksida cukup efektif menekan kontaminasi ZEN dan sodium bisulfit cukup efektif menekan kontaminasi aflatoksin pada biji jagung.

Kandungan senyawa mikotoksin pada biji jagung juga dapat dikurangi dengan menggunakan bahan alami, misalnya arang aktif, karena senyawanya dapat berperan sebagai pengikat mikotoksin. Senyawa-senyawa lain yang dapat digunakan untuk pengikat molekul mikotoksin antara lain sodium bentonit, zeolit, aluminosilikat, kultur ragi, dan *Sacharomyces cerevisiae* (Bahri 2001). Selain bahan alami, bahan kimia juga dapat mengurangi kandungan mikotoksin pada pangan atau pakan seperti kalsium hidroksida, monometilamin, ammonium hidroksida, dan sodium bisulfit. Senyawa-senyawa ini dapat menekan kandungan mikotoksin pada biji jagung. Selain itu, cara yang diperlukan adalah tempat penyimpanan atau gudang yang bersih, sterilisasi udara dengan filtrasi untuk mengurangi kontaminasi dengan mikroorganisme. Diperlukan juga masker dan pakaian kerja karyawan agar terhindar dari kontaminasi mikotoksin di ruangan produksi dan sekelilingnya.

KESIMPULAN

Fusarium sp. merupakan cendawan yang menginfeksi berbagai macam komoditas pertanian, dan yang banyak terinfeksi cendawan ini adalah tanaman jagung. Infeksi cendawan *Fusarium* terjadi pada semua tahap perkembangan tanaman jagung mulai dari biji sampai prapanen dan pascapanen.

Biosintesis cendawan *Fusarium* sp. dapat menghasilkan beberapa mikotoksin yang berbahaya bagi hewan dan manusia, seperti Zearalenon, Fomonisin, Trikozeten (Deoksinivalenol, toksin T2) dan Moniliformin. Infeksi cendawan *Fusarium* sp. dan kontaminasi mikotoksin pada biji jagung harus dikendalikan sejak awal melalui beberapa tahapan, mencakup pengelolaan tanaman secara optimal, penggunaan varietas tahan, pengendalian penyakit *Fusarium* secara kimiawi dan hayati, penanganan panen dan pascapanen dengan baik, dan penekanan senyawa mikotoksin pada biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashnagar, L., S. Rezaei, M. Darvishnia, and M. Zamani. 2012. Evaluation the relative Resistance of 14 corn cultivars to *Fusarium* maize rot infection (*Fusarium verticillioides*). *Agricultural Science and Technology* 4(2):172-176.
- Bahri, S. 2001. Mewaspadaai cemaran mikotoksin pada pangan, pakan dan produksi peternakan di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 20(2):55-64.
- Bahri, S., R. Maryam, dan R. Widiastuti. 2004. Tinjauan efek mikotoksin terhadap performan unggas. *Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia* 4(1-2):53-64.
- Beyer, M. and J.A. Verreet. 2005. Germination of Gibberellazeae ascospores as effected by age of spores after discharge and environmental factors. *European Journal of plant Pathology* 111:381-389.
- Bhat, R.V. and J.D. Miller. 1991. Mycotoxins and food supply. *FAO, Food, Nutrition and Agriculture* 1:27-31.
- Burlakoti, R.R., S. Ali, G.A. Secor, S.M. Neate, M.P. Mullen, and T.B. Adhikari. 2008. Genetic relation ships among population of *Gibberella zeae* from barley, wheat tomato and sugar beet in the upper Midwest of the United States. *Phytopathology* 98(9):969-976.
- Dharmaputra, O.S., H. Susilo, dan S. Ambarwati. 1993. Asosiasi *Fusarium* dengan beberapa tanaman yang mempunyai arti ekonomi penting di Jawa Barat dan produksi mikotoksinnya pada biji jagung. *Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Yogyakarta, 6-8 September.
- Frizzell, C., D. Ndossi, S. Verhaegen, E. Dahl, G. Eriksen, M. Srrlie, E. Ropstad, M. Muller, C.T. Elliott, and L. Connolly. 2011. Endocrine disrupting effects of zearalenone,

- alpha- and beta- zearalenol at the level of nuclear receptor binding and steroidogenesis. *Toxicol Lett* 206:210-217.
- Gleen, A.E., D.M. Hilton, L.E. Yates, and C.W. Bocon. 2001. Detoxification of corn antimicrobial compound as the basis for isolating *Fusarium verticillioides* and some other *Fusarium* species from corn. *The American Society for Microbiology* 67(7):2873-2981.
- Harman, G.E., C.R. Howell, A. Viterbo, I. Chet, and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic avirulent plant symbionts. Department of Horticultural Sciences and Plant Pathology. Cornell University. New York.
- Harvey, R.B., T.S. Edrington, L.F. Kubena, G.E. Rottinghaus, J.R. Turk, K.J. Genovese, R.L. Ziprin, and D.J. Nisbet. 2002. Toxicity of Fumonisin from *Fusarium verticillioides* culture material and moniliformin from *Fusarium fujikuroi* culture material when fed singly and in combination to growing barrows. *Journal of Food Protection* 65(2):373-377.
- Hasan, I. 2010. *Plant disease and their biological control*. Rajat Publications. New Delhi. 170pp.
- Janse, V.R., N.W. Mc Laren, A. Schoeman, and B.C. Flett. 2006. The effects of cultivar and prophylactic fungicide spray for leaf disease on colonization of maize ears by Fumonisin producing *Fusarium* spp. and fumonisin synthesis in south Afrika. *Crop Protection* 79:56-63.
- Lei, W., M.W. Xiao, Q.C. Rong, and J.L. Hong. 2011. Root infection and Systematic colonization of DsRed labeled *Fusarium verticillioides* in maize. *Acta Agronomica Sinica* 37:793-802.
- Lislie, J.F., Salleh and B.A. Summerel. 2003. A utilitarian approach to fusarium identification. *Plant Disease* 87:117-128.
- Lislie, J.F. and B.A. Summerel. 2005. *The fusarium laboratory. Manual Department of plant pathology, Manhattan. Kansas. USA. Kansas State University. 368pp.*
- Marasas, W.F.O. 2001. Discovery and occurrence of the fumonisins: a historical perspective. *Environ. Health Perspect* 109:239-243.
- Maryam, R. 2002. Mikotoksin dan mikotoksikosi. Makalah Falsafah Sains. Bogor: IPB.
- Maryam, R. 2000. Fumonisin: Kelompok mikotoksin *Fusarium* yang perlu diwaspadai. *Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia* 1(1):51-57.
- Munkvold, G.P. and W.M. Carlton. 1997. Influence of inoculation method on systemic *Fusarium moniliforme* infection of maize plants grown from infected seed. *Plant Disease* 81(2):211-216.
- Nagy, E., H. Voichita, and R. Kadar. 2006. The influence of fusarium ear infection on the maize yield and quality (Transylvania-Romania). *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 71:1147-1150.
- Nel, A., M. Krause, and N. Khelawanlall. 2003. *A guide to the control of plant diseases. Second edition* Directorate: Food Safety and Quality Assurance. Department of Agriculture. Republic of South Africa. Government Printers. Pretoria.
- Oerke, E.C. 2005. Crop losses to pests. *J. Agric. Sci.* 144:31-43.
- Oren, L., S. Wzrarti, D. Cohen, and A. Sharon. 2003. Events in the *Fusarium verticillioides* -maize interaction characterized by using a green fluorescent protein. *Expressing Transgenic Isolate. Applied and Environmental Microbiology*:1695-1701.
- Pitt, J.I. 2000. Toxigenic fungi: which are important? *Med. Mycol.* 38:17-22.
- Rheeder, J.P., W.F.O. Marasas, and H.F. Vismer. 2002. Production of fumonisin analogs by *Fusarium* species. *Appl. Environ. Microbiol.* 68:2101-2105.
- Rosen, R.T. and J.D. Rosen. 1982. Presence of four *Fusarium* mycotoxins and synthetic material in "Yellow rain" evidence for the use of chemical weapon in Laos. *Biome. Mass. Spec.* 9:443-450.
- Saenong, S., M. Azrai, R. Arif, dan Rahmawati. 2007. *Pengelolaan benih jagung. Dalam: Jagung. Badan Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. pp:145-176.*
- Scala, S., A. Raio, A. Zoina, and M. Lorit. 2007. Biological control of fruit and vegetable disease with fungal and bacterial antagonists: *Trichoderma* and *Agrobacterium*. In: Chincholkar, S.B. and K.B. Mukerji (Eds.). *Biological Control of Plant Diseases. pp.151-178. The Haworth Press Inc. Binghamton. 94.*
- Semangun, H. 2008. *Penyakit-penyakit tanaman pangan di Indonesia (Edisi kedua). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 475pp.*
- Shim, W.B., J.E. Flaherty, and C.P. Woloshuk. 2003. Comparison of fumonisin B1 biosynthesis in maize germ and degermed kernels by *Fusarium verticillioides*. *J. Food Prot.* 66:2116-2122.
- Shurtleff, M.C. 1980. *Compendium of corn diseases. Second Edition. The American Phytopathological Society. USA. 105p.*
- Vigier, B., L.M. Reid, L.M. Dwyer, D.W. Stewart, R.C. Sinha, J.T. Arnason, G. Butler. 2001. Maize resistance to *Gibberella* ear rot symptoms, deoxynivalenol, and yield. *Can. J. Plant Pathol.* 23:99-105.
- Waalwijk, C., S.H. Koch, E. Ncube, J. Allwood, B. Flett, I. Vries, and G.H.J. Ema. 2008. Quantitative detection of *Fusarium* spp. and its correlation with fumonisin content in maize from South African subsistence farmers. *World Mycotoxin Journal* 1(1):1075-1081.
- Wakman, W. dan M.S. Kontong. 2002. *Identifikasi ketahanan varietas/galur dari berbagai sumber yang berbeda terhadap penyakit busuk batang. Hasil Penelitian Hama dan Penyakit. Balai Penelitian Tanaman Serealia.*

- Walters, D. 2009. Disease control in crops. John Wiley and Sons, Ltd., Publication, Chishester. p.73-81.
- Warintek. 2007. Jagung (*Zea mays*), klasifikasi dan standar mutu. www. warintek. progressio.or.id. p.1-3.
- Widiastuti, R. 2000. Mikotoksin yang dihasilkan oleh *Fusarium* spp. dan dampaknya terhadap kesehatan hewan dan manusia. Jurnal Mikologi Kedokteran Indonesia (1):43-49.
- William, L.D., A.E. Glenn, C.W. Bacon, M.A. Smith, and R.T. Riley. 2006. Fumonisin production and bioavailability to maize seedling grown from seeds inoculated with *Fusarium verticillioides* and grown in natural soils. J. Agric. Food Chem. 54:5694-5700.
- Winda, H., S.J. Munarso, dan Miskiyah. 2005. Keragaan kontaminasi mikotoksin pada jagung. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. p.1200-1214.

