

**PENGARUH FUNGISIDA BERBAHAN AKTIF METALAKSIL, FENAMIDONE, DAN DIMETOMORF TERHADAP KONIDIA *Peronosclerospora* spp. ISOLAT KLATEN**

**(THE EFFECT OF METALAXYL, FENAMIDONE, AND DIMETOMORF FUNGICIDE TOWARDS CONIDIA *Peronosclerospora* spp. ISOLATED FROM KLATEN)**

**Fajri Maulana Anugrah dan Fitri Widiyanti**

Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

Jln. Raya Bandung Sumedang km 21 Kabupaten Sumedang 45363

email: fitri.widiyanti@unpad.ac.id; fajrimanugrah92@gmail.com

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tiga jenis bahan aktif fungisida yang umum digunakan yaitu metalaksil, dimetomorf, dan fenamidon untuk mengendalikan penyakit bulai terhadap konidia *Peronosclerospora* spp. di Klaten (Jawa Tengah). Penelitian dilakukan dengan metode perkecambahan konidia dan mengamati kerusakan yang diakibatkan oleh penambahan fungisida terhadap konidia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan fungisida dimetomorf pada konsentrasi 10.000 ppm masih efektif menghambat perkembangan penyakit bulai yang ditunjukkan dengan kemampuannya menekan secara total perkecambahan konidia *Peronosclerospora* spp. dan menyebabkan kerusakan konidia sebesar 37,9%. Penggunaan fenamidon pada konsentrasi 8.000 ppm dapat menghambat perkecambahan konidia (0,34%), tingkat kerusakan konidiana terdeteksi paling rendah yaitu sebesar 8,54%. Metalaksil masih memberikan efek penekanan yang baik yang ditunjukkan dengan rendahnya perkecambahan konidia yaitu sebesar 0,70% dan kerusakan konidia yang mencapai 19,91%.

**Kata kunci:** bulai jagung, *Peronosclerospora* spp., metalaksil, fenamidon, dimetomorf

**Abstract**

This study was aimed at determining the effect of three types of fungicide namely methaxyl, dimethomorph, and fenamidone to control downy mildew against conidia *Peronosclerospora* spp. in Klaten (Central Java). The study was carried out by conidia germination method and damage observation caused by the addition of fungicide to conidia. The results show that the fungicide treatment of methomorph at a concentration of 10,000 ppm was still effective in inhibiting the development of downy mildew. It was shown by its ability to suppress the total germination of conidia *Peronosclerospora* spp. and causes 37.9% conidial damage. The use of fenamidone at a concentration of 8,000 ppm is able to inhibit conidia germination (0.34%), the lowest level of conidial damage detected is 8.54%. Meanwhile, metallaxill still has a good suppressive effect as indicated by the low conidia germination of 0.70% and conidial damage reaches up to 19.91%.

**Keywords:** downy mildew, *Peronosclerospora* spp., metalaxyl, dimetomorph, fenamidone

## **PENDAHULUAN**

Salah satu faktor yang menyebabkan tidak optimalnya produktivitas jagung adalah penyakit tanaman. Penyakit bulai merupakan penyakit utama pada tanaman jagung yang disebabkan oleh *oomycete Peronosclerospora* spp. Dilaporkan terdapat tiga spesies *Peronosclerospora* penyebab penyakit bulai di Indonesia yaitu *P. maydis*, *P. sorghi*, dan *P. philippinensis* (Burhanuddin, 2011; Widiyanti, Yulia, & Purnama, 2015). Penyakit bulai menjadi perhatian para petani jagung karena merupakan penyebab penurunan produksi jagung dunia hingga mencapai 30% bahkan di Indonesia kehilangan dapat mencapai 50-100% pada tanaman jagung yang rentan (Rashid, Zaidi, Vinayan, Sharma, & Setty, 2013; Lukman, Afifuddin, & Lubberstedt, 2013; Widiyanti, Pitaloka, & Yulia, 2017).

Upaya pengendalian terhadap penyakit bulai bertumpu pada penggunaan fungisida sintetik. McGrath (2004) melaporkan bahwa penggunaan fungisida sintetik memegang peranan penting dalam pengendalian tanaman. Di sisi lain, penggunaan fungisida sintetik dapat menimbulkan kerugian salah satunya resistensi patogen. Resistensi yang terjadi disebabkan oleh adanya penggunaan bahan aktif yang sama secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama (Burhanuddin, 2009).

Resistensi patogen dapat terjadi melalui dua tahapan. Tahap pertama adalah mulai kemunculan strain patogen resisten dalam jumlah yang rendah. Strain patogen yang resisten akan terus meningkat apabila tidak dilakukan pengendalian dengan fungisida yang memiliki cara kerja yang berbeda dengan fungisida sebelumnya. Kondisi demikian menandakan patogen mulai memasuki tahap seleksi. Pada kondisi ini aplikasi fungisida dapat meningkatkan populasi patogen yang resisten (Hobbelen *et al.*, 2014; Widiyanti *et al.*, 2017).

Telah dilaporkan beberapa kasus resistensi patogen *oomycete* antara lain *Phytophthora infestans* yang diduga telah resisten terhadap fungisida metalaksil di Meksiko dan Cina (Elansky *et al.*, 2007; Grünwald *et al.*, 2006; Qi *et al.*, 2012). Penurunan keefektifan fungisida metalaksil dalam pengendalian penyakit bulai juga dilaporkan terjadi di Indonesia (Talanca *et al.*, 2011; Widiyanti *et al.*, 2015; Burhanuddin, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menentukan pengaruh berbagai jenis bahan aktif fungisida terhadap konidia *Peronosclerospora* spp. di Klaten, Jawa Tengah.

## **METODE PENELITIAN**

### **Pengambilan Sampel Tanaman Jagung**

Tanaman jagung yang diambil berasal dari Klaten, Jawa Tengah. Tanaman yang

terserang penyakit bulai ditandai dengan adanya lapisan putih seperti tepung pada permukaan daun yang merupakan massa konidia *Peronosclerospora* (Burhanuddin, 2011). Daun dipotong bagian pangkal dan dimasukkan ke dalam plastik zipper yang telah diberi kertas saring basah.

Daun dipicu perkecambahannya mengikuti metode yang dikembangkan oleh Burhanuddin (2011). Sampel dicuci-dengan air mengalir lalu dikeringanginkan. Setelah itu, pangkal daun direndam dalam larutan sukrosa 2% hingga setinggi 2 cm selama 6 jam. Daun disimpan ke dalam plastik dengan posisi permukaan daun menghadap ke atas hingga dini hari. Kemudian, konidia yang terbentuk dipanen dan dimasukkan ke dalam akuades steril dengan menggunakan kuas halus.

### **Karakterisasi Morfologi**

Lapisan putih pada permukaan daun diambil secara perlahan dengan potongan selotip dan diletakkan pada objek *glass* yang telah diberi satu tetes larutan *Methylene Blue* 2%. Seluruh sisi selotip diberi kuteks dengan tujuan agar preparat dapat bertahan lama (Hikmahwati dkk., 2011; Widiyanti *et al.*, 2015).

Pengamatan menggunakan mikroskop dilakukan terhadap bentuk dan ukuran konidia (pxl), warna, jumlah sekat dilakukan pada 25 buah konidia dan konidiofor

*Peronosclerospora* yang kondisinya baik dan dipilih secara acak yang diulang sebanyak empat kali.

### **Respon terhadap Perkecambahan dan Kerusakan Konidia *Peronosclerospora* spp.**

Fungisida yang digunakan terdiri atas empat taraf konsentrasi yang dilarutkan dalam 10 ml akuades steril. Konsentrasi induk (X) dibuat berdasarkan konsentrasi anjuran (label kemasan) dari masing-masing fungisida adalah metalaksil = 2.900 ppm, dimetomorf = 10.000 ppm, dan fenamidon = 8.000 ppm.

Setelah itu, dibuat kembali 3 larutan yaitu 1/2, 1/4, dan 1/8 dari dari larutan induk (X). Kemudian, 25  $\mu$ L suspensi *Peronosclerospora* spp. (rapatan  $10^4$  konidia/mL) dicampurkan dengan 25  $\mu$ L fungisida pada objek *glass* dan ditutup dengan *cover glass*. Sampel kemudian diinkubasi dalam wadah tertutup yang telah diberi *tissue* lembab selama 24 jam. Inkubasi dilakukan dalam kondisi gelap (Secor & Rivera, 2012). Pengamatan dilakukan pada jumlah konidia yang berkecambah dan total konidia dengan mikroskop binokuler perbesaran 40X. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Jatnika dkk., 2013):

$$\text{Perkecambahan konidia (\%)} = \frac{\text{konidia berkecambah}}{\text{total konidia yang diamati}} \times 100\%$$

Selain perkecambahan, fungisida yang diberikan juga menyebabkan terjadinya

kerusakan pada struktur konidia dikarenakan cara kerja (*mode of action*) yang berbeda (Bartlett *et al.*, 2001; Cohen *et al.*, 1995). Perhitungan kerusakan konidia dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kerusakan konidia (\%)} = \frac{\text{konidia yang rusak}}{\text{total konidia yang diamati}} \times 100\%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan karakter morfologi konidia dan konidiofor, penyakit bulai pada lokasi pengambilan sampel terdeteksi disebabkan oleh *P. maydis* (Tabel 1). Identifikasi isolat mengacu pada deskripsi morfologi patogen bulai (CIMMYT, 2012; Smith & Renfro, 2002).


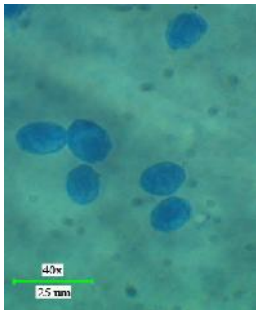
Tabel 1 menunjukkan bahwa penyakit bulai di lokasi pengambilan sampel disebabkan oleh *P. maydis* dengan bentuk konidia *spherical* sampai *subspherical*, konidiofor

berkelompok, dan memiliki jumlah cabang 2-4 kali (CIMMYT, 2012; Rustiani, 2015). Selain itu juga, ukuran konidia dan konidiofor yang ditemukan lebih kecil jika dibandingkan dengan deskripsi sebelumnya. CIMMYT (2012) menjelaskan bahwa *P. maydis* memiliki ukuran konidia 17-23 x 27-39  $\mu\text{m}$  dan panjang konidiofor 150-550  $\mu\text{m}$ .

Perbedaan ukuran konidia dan konidiofor menunjukkan adanya variasi genetik yang terjadi. Telah dilaporkan oleh Widiyanti *et al.* (2015) bahwa isolat *P. maydis* asal Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur menunjukkan adanya variasi genetik. Bock *et al.* (2000) juga menjelaskan bahwa isolat *P. sorghi* dari berbagai lokasi di Afrika memiliki variasi genetik yang berbeda dilihat dari dimensi konidia dan konidiofornya. Lebih lanjut lagi, prosedur secara molekular

Tabel 1  
Identifikasi morfologi isolat *Peronosclerospora* asal Klaten

Kode Isolat	Karakter Morfologi		Nama spesies
	Konidiofor	Konidia	
KLT	Panjang konidiofor 125,761-267,656 $\mu\text{m}$ . Bercabang dua dengan jumlah cabang 2-4 kali.	Bentuk <i>spherical</i> (bulat) sampai <i>subspherical</i> (agak bulat) dengan ukuran 11,022-18,282 x 9,508-13,383 $\mu\text{m}$ .	<i>P. maydis</i>

dengan marka AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) juga menunjukkan adanya keragaman genetik di antara 14 isolat *P. sorghi* asal Texas, Amerika Serikat (Perumal *et al.*, 2008).

Rustiani (2015) melaporkan bahwa keragaman morfologi pada *oomycete Peronosclerospora* diketahui sangat tinggi. Keragaman genetik dipengaruhi oleh faktor biotik maupun abiotik. Namun, keragaman abiotik memegang peranan penting terjadinya proses evolusi (Widiyanti *et al.*, 2015; Rustiani, 2015). Keragaman lingkungan dapat memengaruhi keragaman spesies melalui seleksi alam dan juga populasi melalui seleksi dan adanya *genetic drift*. Area yang beragam mampu mendukung jumlah spesies yang lebih banyak untuk beradaptasi jika dibandingkan dengan area yang homogen (Kahilainen *et al.*, 2014).

Keragaman yang tinggi dapat ditemukan antar spesies maupun intra spesies melalui pendekatan perubahan morfologi dan fisiologi. Selain itu, prosedur molekular dapat digunakan untuk mengetahui tingkat variasi genetik secara akurat (McDonald, 1997).

Selain identifikasi karakter morfologi, konidia yang didapat diuji pengaruhnya terhadap fungisida yang diberikan. Tabel 2 menunjukkan pengaruh fungisida terhadap perkecambahan konidia.

Secara umum, semua konsentrasi fungisida yang diujikan secara nyata

mempengaruhi perkecambahan konidia dibandingkan dengan perlakuan kontrol (akuades). Konidia dapat berkecambah dengan baik pada perlakuan akuades steril. Akuades yang telah di-*autoclave* memberikan kondisi perkecambahan yang baik jika dibandingkan dengan yang tidak di-*autoclave* (Widiyanti dkk., 2017; Sheridan & Sheehan, 1980). Konsentrasi terbaik dalam penghambatan perkecambahan konidia *Peronosclerospora* terlihat pada konsentrasi anjuran (label kemasan). Tidak sesuai dengan konsentrasi atau dosis yang diberikan dapat berpengaruh terhadap efikasi (Damicone, 2008). Dimetomorf pada konsentrasi anjuran mampu menekan penghambatan konidia secara total. Fenamidon konsentrasi anjuran menghasilkan konidia yang berkecambah sebesar 0,34%. Demikian juga dengan metalaksil yang pada konsentrasi anjuran menunjukkan adanya perkecambahan konidia yang masih tergolong rendah sebesar 0,70%.

Perkecambahan konidia pada fungisida metalaksil dapat ditunjukkan dengan adanya tabung kecambah dengan ukuran panjang minimal sama dengan diameter konidia menunjukkan adanya perkecambahan konidia (Frossard & Oertli, 1982). Perkecambahan yang terjadi mengindikasikan adanya populasi patogen bulai yang resisten terhadap fungisida suatu jenis bahan aktif fungisida. FRAC (2018) melaporkan bahwa metalaksil

Tabel 2  
*Perkecambahan Konidia P. maydis asal Klaten terhadap Ketiga Jenis Bahan Aktif Fungisida*

Perlakuan	Persentase Perkecambahan Konidia (%)
Aquades steril	31,62 d
Dimetomorf X	0,00 a
Dimetomorf 1/2X	0,23 ab
Dimetomorf 1/4X	0,45 ab
Dimetomorf 1/8X	3,03 c
Fenamidon X	0,34 ab
Fenamidon 1/2X	0,77 abc
Fenamidon 1/4X	0,85 abc
Fenamidon 1/8X	1,30 bc
Metalaksil X	0,70 ab
Metalaksil 1/2X	2,19 bc
Metalaksil 1/4X	2,63 c
Metalaksil 1/8X	3,50 c

Keterangan:

Perbedaan huruf di belakang angka persentase perkecambahan menunjukkan perbedaan yang signifikan antarisolat berdasarkan Uji Mann-Whitney pada taraf nyata 5%.

dan fenamidone memiliki tingkat resistensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan dimetomorf. Penggunaan metalaksil sudah digunakan secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama yaitu kurang lebih 20 tahun (Platt, 1983). Sementara, resistensi pada fenamidon telah dilaporkan terjadi pada beberapa jenis *oomycete* dengan tingkat resistensi yang lebih rendah dibandingkan dengan metalaksil (FRAC, 2018). Perkecambahan konidia pada fungisida metalaksil disajikan pada Gambar 1.

Selain perkecambahan, fungisida yang diberikan juga dapat memengaruhi struktur

konidia karena cara kerja (*mode of action*) dari bahan aktif fungisida yang berbeda (Ivic, 2010). Secara umum, keseluruhan perlakuan berpengaruh terhadap kerusakan konidia terkecuali perlakuan akuades steril (kontrol) berdasarkan uji statistik. Konsentrasi rekomendasi (label kemasan) menghasilkan pengaruh terbaik terhadap kerusakan konidia jika dibandingkan dengan tiga konsentrasi lainnya yang lebih rendah (Tabel 3). Fungisida dimetomorf menghasilkan tingkat kerusakan konidia tertinggi jika sebesar 37,99%. Fenamidon menghasilkan tingkat kerusakan konidia terendah hanya 8,54%.

Gambar 1. Perkecambahan Konidia pada Fungisida Metalaksil (Tabung kecambah ditunjukkan oleh tanda panah)



Tabel 3  
*Kerusakan Konidia P. maydis asal Klaten terhadap  
Ketiga Jenis Bahan Aktif Fungisida*

Perlakuan	Persentase Kerusakan Konidia (%)
Aquades steril	0,00 a
Dimetomorf X	37,99 g
Dimetomorf 1/2X	29,65 fg
Dimetomorf 1/4X	24,50 efg
Dimetomorf 1/8X	26,53 fg
Fenamidon X	8,54 cd
Fenamidon 1/2X	8,42 c
Fenamidon 1/4X	7,59 c
Fenamidon 1/8X	1,06 b
Metalaksil X	19,91 ef
Metalaksil 1/2X	17,02 ef
Metalaksil 1/4X	15,27 de
Metalaksil 1/8X	2,54 bc

Keterangan:

Perbedaan huruf di belakang angka persentase kerusakan menunjukkan perbedaan yang signifikan antar isolat berdasarkan Uji Mann-Whitney pada taraf nyata 5%.

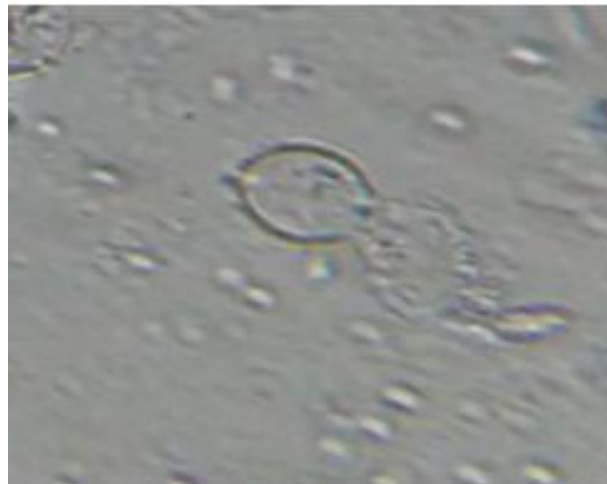
Metalaksil yang digunakan menghasilkan tingkat kerusakan konidia yang lebih rendah dibandingkan dengan kedua jenis bahan aktif lainnya. Hal ini menunjukkan adanya indikasi penurunan aktivitas daya hambat fungisida metalaksil terhadap oomycete *Peronosclerospora* spp. yang diuji. Kasus resistensi patogen bulai terhadap fungisida metalaksil di Indonesia juga telah dilaporkan sebelumnya (Burhanuddin, 2009; Talanca dkk., 2011; Widiyanti dkk., 2017). Resistensi pada metalaksil belum diketahui secara pasti mekanismenya sedangkan mutasi pada gen sitokrom b yaitu G143A dan F129L merupakan target gen yang terindikasi mengalami resistensi pada fenamidon (FRAC, 2018). Metalaksil memiliki cara kerja yang dapat mengganggu sintesis asam

nukleat dan juga protein (Samoucha & Cohen, 1984).

Fenamidon dapat dijadikan alternatif pengendalian penyakit bulai dengan menghambat kinerja mitokondria untuk melakukan respirasi sel (Fernandes-ortuno *et al.*, 2010). Dimetomorf yang digunakan memiliki cara kerja menghambat pembentukan dinding sel diikuti dengan gagalnya sintesis tabung kecambah (Cohen *et al.*, 1995). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Resistensi patogen terhadap fungisida menunjukkan daya adaptasi patogen yang baik (termasuk oomycete). Munculnya strain patogen yang resisten dapat mempengaruhi seleksi dalam suatu populasi (Damicone 2008; Hobbelen *et al.*, 2014). Populasi

Gambar 2. Dinding Sel Konidia Lisis setelah Aplikasi Dimetomorf





pato-gen resisten akan terus meningkat jumlahnya apabila fungisida dengan jenis bahan aktif yang sama diaplikasikan secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama (Deising *et al.*, 2008). Strategi pengendalian diperlukan guna meminimalisir terjadinya kasus resistensi yaitu dengan menggabungkan beberapa jenis fungisida dengan cara kerja yang berbeda (Gisi, 1996). Selain itu juga, pemahaman mengenai resistensi patogen terhadap fungisida diperlukan untuk menda-patkan strategi pengendalian terbaik, manaje-men resistensi, dan keberlanjutan dari suatu fungisida yang diberikan (Damicone, 2008).

## **SIMPULAN**

Fungisida dimetomorf masih efektif untuk mengendalikan patogen bulai di daerah Klaten, Jawa Tengah yang ditunjukkan dengan rendahnya perkecambahan konidia dan tingginya kerusakan konidia *Peronosclerospora* spp. Fenamidon memberikan tingkat kerusakan konidia terendah. Sementara itu, metalaksil masih menunjukkan pengaruh yang relatif baik terhadap perkecambahan dan juga kerusakan. Namun, metalaksil dan fenamidon memiliki resiko tinggi terjadinya resistensi dibandingkan dengan dimetomorf. Oleh sebab itu, diperlukan adanya strategi pengendalian untuk meminimalisir terjadinya resistensi *oomycete Peronosclerospora* yang lebih tinggi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godfrey, C. R. A., Godwin, J. R., Hall, A. A., Heaney, S. P., & Maund, S. J. (2001). Understanding The Strobilurin Fungicides. *Pesticide Outlook*, 12(4), 143-148.
- Bock, C. H., Jeger, M. J., Mughogho, L.K., Cardwell, K.F., Mtisi, E., Kaula, G., & Mukansabimana, D. (2000). Variability of *Peronosclerospora sorghi* isolates from different geographic locations and hosts in Africa. *Mycological Research*, 104(1), 61-68.
- Burhanuddin. (2009, Juli). *Fungisida metalaksil tidak efektif menekan penyakit bulai (Peronosclerospora maydis) di Kalimantan Barat dan alternatif pengendaliannya*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Serealia. Maros, Sulawesi Selatan
- Burhanuddin. (2011). Identifikasi cendawan penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung di Jawa Timur dan pulau Madura. *Suara Perlindungan Tanaman*, 1(1), 21-26.
- Burhanuddin. (2013). *Uji efektivitas fungisida Saromil 35SD (b.a. Metalaksil) terhadap penyakit bulai (Peronosclerospora philippinensis) pada tanaman jagung*. Makalah disajikan pada Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian. Banjarbaru Kalimantan Selatan.
- CIMMYT. (2012). *Downy mildew (extended information)*. International Maize and Wheat Improvement Center.
- Cohen, Y., Baider, A., & Cohen, B. H. (1995). Dimetomorph activity against *oomycete* fungal plant pathogens. *The American Phytopathological Society*, 85(12), 1500-1506.
- Damicone, J. (2008). *Fungicide resistance management*. Division of Agricultural

- Sciences and Natural Resources. Oklahoma State University.
- Deising, H. B., Reimann, S., & Pascholati, S. F. (2008). Mechanisms and significance of fungicide resistance. *Braz J Microbiol*, 39(2), 286-295. DOI: 10.1590/s1517-838220080002000017.
- Elansky, S. N., Apryshko, V. P., Milyutina, D. I., & Kozlovsky, B. E. (2007). Resistance of russian strains of *Phytophthora infestans* to fungicides metalaxyl and dimethomorph. *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, 62(1), 11-14. DOI: 10.3103/s0096392507010038.
- Fernandes-ortuno, D., Tores, J. A., Vicente, A. D., & Perez-Garcia, A. (2010). The Qol Fungicides, the Rise, and Fall of a Successful Class of Agricultural Fungicides. Fungicides. Odile Carisse (Ed.). InTech. *Overview and Outlook. Plant Disease* 64(10), 903-908.
- FRAC. (2018). *Frac code list 2018: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC code numbering)*.
- Frossard, R., & Oertli, J. J. (1982). Growth and germination of fungal spores in guttation fluids of barley grown with different nitrogen sources. *Transactions of the British Mycological Society*, 78(2), 239-245. DOI: 10.1016/S0007-1536(82)80006-5.
- Gisi, U. (1996). Synergistic interaction of fungicides in mixtures. *Phytopathology*, 86, 1273-1279.
- Grünwald, N. J., Sturbaum, A. K., Montes, G. R., Serrano, E. G., Lozoya-Saldaña, H., & Fry, W. E. (2006). Selection for fungicide resistance within a growing season in field populations of *Phytophthora infestans* at the center of origin. *Phytopathology*, 96(12), 1397-1403. DOI: 10.1094/PHYTO-96-1397.
- Hikmahwati., Kuswinanti, T., Melina, & Pabendon, M. B. (2011). Karakterisasi morfologi *Peronosclerospora* spp. penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung dari beberapa daerah di Indonesia. *Jurnal Fitomedika*, 7(3), 159-161.
- Hobbelen, P. H. F., Paveley, N. D., & van den Bosch, F. (2014). The emergence of resistance to fungicides. *PLoS One*, 9(3), e91910.
- Ivic, D. (2010). Curative and eradivative effects of fungicides. Dalam *Fungicide. InTEch*.
- Jatnika, W., Abadi, A. L., & Aini, L. (2013). Pengaruh aplikasi *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. terhadap perkembangan penyakit bulai yang disebabkan oleh jamur patogen *Peronosclerospora maydis* pada tanaman jagung. *Jurnal HPT*, 1(4), 19-29.
- Lukman, R., A. Afifuddin., & Lubberstedt, T. (2013). Unraveling the genetic diversity of maize downy mildew in Indonesia. *Journal Plant Pathol Microb*, 4(2), 2-9. DOI: 10.4172/2157-7471.1000162.
- McGrath, M. T. (2004). What are fungicides. *The plant health instructor*, 0825-01.
- Perumal, R., Nimmakayala, P., Erattaimuthu, S. R., No, E. G., Reddy, U. K., Prom, ... & Magill, C. W. (2008). Simple sequence repeat markers useful for sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) and related species. *BMC Genet*, 9, 1-14. DOI: 10.1186/1471-2156-9-77.
- Platt, H. W. (1983). Effects of metaxyl, mancozeb, and chlorothalonil on blight, yield, and tuber rot of potato. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 5, 38-42. DOI: 10.1080/07060668309501654.
- Qi, R., Wang, T., Zhao, W., Li, P., Ding, J., & Gao, Z. (2012). Activity of ten fungicides against *Phytophthora capsici* isolates resistant to metalaxyl. *Journal of Phytopathology*, 160, 11-12. DOI: 10.1111/jph.12009.
- Rashid, Z., Zaidi, P. H., Vinayan, M. T., Sharma, S. S., & Setty, T. S. (2013).

- Downy mildew resistance in maize (*Zea mays* L.) across *Peronosclerospora* species in lowland tropical Asia. *Crop protection*, 43, 183-191.
- Rustiani, U. S. (2015). *Keragaman dan pemetaan penyebab penyakit bulai jagung di 13 provinsi Indonesia*. (Skripsi tidak diterbitkan). Fitopatologi, Institut Pertanian Bogor.
- Samoucha, Y., & Cohen, Y. (1984). Synergy between metalaxyl and mancozeb in controlling downy mildew in cucumbers. *Phytopathology*, 74, 1434-1437.
- Secor, G. A., & Rivera, V. V. (2012). Fungicide resistance assays for fungal plant pathogens. Dalam Bolton M. D., Thomma, B. P. H. J. (Eds.), *Plant fungal pathogens: Methods and protocols*. Totowa, NJ: Humana Press.
- Sheridan, J. J., & Sheehan, P. J. (1980). Development of a technique for the germination of fungal spores. *Irish Journal of Agricultural Research*, 19(2), 155-159.
- Smith, D. R., & Renfro, B. L. (2002). *Downy mildew in compendium of corn diseases*. Minneapolis, MI: APS Press.
- Talanca, A. H., Burhanuddin, & Tenrirawe, A. (2011). *Uji resistensi cendawan (Peronosclerospora maydis) terhadap fungisida Saromil 35 SD (b.a metalaksil)*. Prosiding Seminar dan Pertemuan Tahunanan XXI PEI-PFI Komda Sulawesi Selatan.
- Widiyanti, F., Yulia, E., & Purnama, T. (2015). Morphological variation of *Peronosclerospora maydis*, the causal agent of maize downy mildew from different locations in Java-Indonesia. *Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology*, 3(2), 23-27.
- Widiyanti, F., Pitaloka, D. J., & Yulia, E. (2017). Perkecambahan *peronosclerospora* spp. asal beberapa daerah di Jawa Barat pada fungisida berbahan aktif metalaksil, dimetomorf, dan fenamidon. *Jurnal Agrikultura*, 28(2), 95-102.