

Sensitivitas *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* Isolat Kabupaten Garut terhadap Beberapa Jenis Fungisida pada Konsentrasi Subletal serta Virulensinya pada Dua Varietas Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)

Ghifari Aditya Maulana^{1*}, Endah Yulia², dan Tarkus Suganda²

¹Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Kampus Jatinangor, Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21, Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: endah.yulia@unpad.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 31-12-2024 Direvisi: 07-02-2025 Dipublikasi: 31-05-2025	Sensitivity of <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> isolates from Garut Regency to several types of fungicides at sublethal concentrations and their virulence on two shallot (<i>Allium ascalonicum</i> L.) varieties
Keywords: Chlorotalonil, Disease intensity, Mancozeb, Propineb, Sumenep, Tuk-tuk	Moler disease caused by <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> (FOC) is one of the most detrimental diseases affecting shallot (<i>Allium ascalonicum</i> L.). Farmers generally rely on synthetic fungicides with limited active ingredients, which are often applied at non-recommended doses, potentially leading to reduced effectiveness and pathogen resistance. This study aimed to assess the sensitivity of three FOC isolates from Garut Regency (Suc1, Byb2, Smr3) to several commonly used fungicide active ingredients at sublethal concentrations, as well as to evaluate their virulence on two commonly cultivated shallot varieties, Tuk-tuk and Sumenep. The research was conducted from January to November 2024. Sensitivity tests were performed using the poisoned food technique at four concentration levels (1/2X, X, 3/4X, and 2X; X = 1/10 of the recommended dose) to determine colony growth inhibition and conidia density. Virulence tests were conducted seven weeks after planting by observing disease intensity, plant height, and fresh weight. Results showed that all FOC isolates remained sensitive to all fungicides at the recommended concentrations. The mixed fungicide of prochloraz + propiconazole showed the highest efficacy, inhibiting colony growth by 93.33%. Azoxystrobin + difenoconazole was effective against isolates Suc1 and Smr3, but less effective against Byb2 (maximum inhibition of 68.15%). Single-active fungicides of chlorothalonil, propineb, and mancozeb showed less than 50% inhibition. FOC virulence remained high, with disease intensity exceeding 50% in both varieties. Treatment with mancozeb resulted in the highest disease intensity in Tuk-tuk (92.3%), while chlorothalonil caused the highest intensity in Sumenep (88.3%). These findings indicate that although fungicides suppress FOC growth, the pathogen can still cause significant disease in shallot plants.
Kata Kunci: Intensitas penyakit, Klorotalonil, Mankozeb, Propineb, Sumenep, Tuk-tuk	Penyakit moler yang disebabkan oleh <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> (FOC) merupakan salah satu penyakit paling merugikan pada tanaman bawang merah (<i>Allium ascalonicum</i> L.). Petani umumnya mengandalkan fungisida sintesis dengan bahan aktif yang terbatas dan sering kali digunakan dalam dosis tidak sesuai anjuran, sehingga berpotensi menurunkan keefektifan pengendalian serta memicu resistensi patogen. Penelitian ini bertujuan untuk menguji sensitivitas tiga isolat FOC asal Kabupaten Garut (Suc1, Byb2, Smr3) terhadap berbagai bahan aktif fungisida dalam konsentrasi subletal, serta menguji

virulensi ketiganya terhadap dua varietas bawang merah, yaitu Tuk-tuk dan Sumenep. Penelitian dilaksanakan pada Januari hingga November 2024. Uji sensitivitas dilakukan menggunakan metode *poisoned food* dengan empat taraf konsentrasi (1/2X, X, 3/4X, dan 2X; X = 1/10 konsentrasi anjuran) untuk mengukur penghambatan pertumbuhan koloni dan kerapatan konidia. Uji virulensi dilakukan tujuh minggu setelah tanam dengan mengamati intensitas penyakit, tinggi tanaman, dan bobot basah tanaman. Hasil menunjukkan bahwa seluruh isolat FOC masih sensitif terhadap semua jenis fungisida pada konsentrasi anjuran. Bahan aktif prokloraz + propikonazol menunjukkan keefektifan tertinggi dengan penghambatan koloni sebesar 93,33%. Azoksistrobin + difenokonazol efektif terhadap isolat Suc1 dan Smr3, namun kurang efektif terhadap Byb2 (maksimal 68,15%). Sementara itu, fungisida berbahan aktif tunggal klorotalonil, propineb, dan mankozeb menunjukkan penghambatan di bawah 50%. Virulensi FOC tetap tinggi dengan intensitas penyakit di atas 50% pada kedua varietas. Perlakuan dengan mankozeb menghasilkan intensitas penyakit tertinggi pada varietas Tuk-tuk (92,3%) dan klorotalonil pada varietas Sumenep (88,3%). Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun fungisida mampu menekan pertumbuhan FOC, patogen masih dapat menyebabkan penyakit serius pada tanaman bawang merah.

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) memiliki nilai ekonomis tinggi dan berperan penting dalam kehidupan masyarakat, baik sebagai bahan pangan maupun sumber pendapatan petani sehingga merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan di Indonesia (Novitasari & Munif, 2020), termasuk di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Tiga kecamatan di Kabupaten Garut yang paling banyak memproduksi bawang merah yaitu Kecamatan Bayongbong, Kecamatan Samarang, dan Kecamatan Sucinaraja dengan masing-masing produksi sekitar 191.312 kuintal, 23.588 kuintal, dan 33.471 kuintal (BPS, 2023). Namun, produktivitas bawang merah di daerah ini masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dari serangan penyakit. Salah satunya adalah penyakit moler yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* (FOC). Patogen ini mampu menyebabkan kehilangan hasil hingga 50% pada varietas yang rentan (Hadiwiyono *et al.*, 2020).

Untuk mengendalikan penyakit moler, petani di Kabupaten Garut umumnya mengandalkan aplikasi fungisida sintetik. Namun, dalam praktiknya, menurut hasil wawancara dengan petani di sentra penanaman bawang merah di Kabupaten Garut, banyak petani menggunakan fungisida sintetik tidak sesuai anjuran, yaitu menggunakan konsentrasi fungisida di bawah anjuran (subletal) atau penggunaan yang berlebihan, baik konsentrasi maupun frekuensi aplikasinya, terutama jika

keefektifan fungisidanya sudah menurun. Penggunaan dosis subletal fungisida umumnya didasarkan pada pertimbangan ekonomi, pengalaman lapangan, serta kurangnya pemahaman terhadap risiko resistensi (Sumardiyono, 2008; Ayu dkk., 2023; Dharma *et al.*, 2024).

Dosis rendah dianggap mampu menekan biaya produksi dan tetap efektif mengendalikan penyakit. Praktik ini cenderung dipertahankan karena dinilai memberikan hasil yang memuaskan. Selain itu, pemahaman mengenai potensi resistensi akibat penggunaan dosis subletal secara berulang masih terbatas, sehingga risiko penurunan efektivitas pengendalian sering diabaikan.

Praktik penggunaan fungisida dengan dosis subletal atau penggunaan yang berlebihan, baik frekuensi dan konsentrasi dapat menimbulkan beberapa konsekuensi negatif. Ketidakpastian dari dosis yang diberikan untuk mengendalikan penyakit dapat mengakibatkan ketidakefektifan fungisida maupun resistensi patogen. Dosis yang tidak tepat, termasuk dosis yang rendah, dapat memengaruhi pertumbuhan patogen (Dharma *et al.*, 2024). Menurut Flores dan Garzon (2013), aplikasi fungisida pada konsentrasi subletal dapat menghasilkan fenomena tak terduga yang disebut hormesis, di mana patogen tanaman justru terstimulasi alih-alih terkendalikan.

Hormesis merujuk pada dosis rendah dari zat tertentu menimbulkan efek stimulasi, sementara dosis tinggi menimbulkan efek merugikan

(Agathokleous, 2022). Studi Zhang *et al.* (2019) menunjukkan bahwa campuran fungisida dimetaklon dan prokloraz pada dosis rendah dapat merangsang pertumbuhan dan meningkatkan virulensi *Sclerotinia sclerotiorum* melalui efek hormesis. Temuan tersebut penting dalam manajemen fungisida, karena jika tidak dikelola dengan tepat, efek hormesis dapat memicu resistensi dan meningkatkan risiko ledakan penyakit tanaman yang akhirnya akan dapat menyebabkan kerugian yang lebih besar bagi petani.

Di Kabupaten Garut, varietas tanaman bawang merah yang banyak dibudidayakan adalah var. Tuk-tuk dan Sumenep. Varietas bawang merah yang berbeda menunjukkan resistensi terhadap FOC yang berbeda (Prakoso dkk., 2016; Wijoyo *et al.*, 2020). Sejauh ini, belum diketahui bagaimana sensitivitas isolat FOC dari sentra penanaman bawang merah di Kabupaten Garut terhadap dosis subletal fungisida sintetik yang digunakan petani dan bagaimana status virulensinya terhadap dua varietas yang dibudidayakan oleh petani bawang merah di Kabupaten Garut tersebut.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji sensitivitas FOC isolat Kecamatan Sucinaraja (Suc1), Kecamatan Bayongbong (Byb2), dan Kecamatan Samarang (Smr3) yang merupakan sentra penanaman bawang merah di Kabupaten Garut. Pengujian sensitivitas dilakukan secara *in-vitro* terhadap lima jenis fungisida, sedangkan uji virulensi dilakukan di rumah kaca pada dua varietas bawang merah yang dominan digunakan oleh petani di Kabupaten Garut.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan dari bulan Januari hingga November 2024. Observasi lapangan dilaksanakan di Kecamatan Sucinaraja (Suc1), Kecamatan Bayongbong (Byb2), dan Kecamatan Samarang (Smr3), Kabupaten Garut yang dipilih secara purposif mewakili tiga ketinggian tempat yang berbeda yaitu Kecamatan Bayongbong (973 MDPL), Kecamatan Samarang (590 MDPL), dan Kecamatan Sucinaraja (809 MDPL). Isolasi jamur dan uji sensitivitas serta uji virulensi FOC dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi dan Rumah Kaca Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran di Jatinangor Kabupaten Sumedang.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survei, observasi dan eksperimen. Survei dilakukan dengan wawancara terhadap 20 petani di tiap masing-masing lokasi pengambilan sampel untuk mengetahui penggunaan fungisida sehingga terdapat 60 petani responden. Observasi dilakukan dengan pengambilan sampel tanaman bergejala (umur tanaman ± 40 HST) di Kecamatan Sucinaraja (Suc1) Kecamatan Bayongbong (Byb2), dan Kecamatan Samarang (Smr3) Kabupaten Garut. Eksperimen merupakan kegiatan isolasi dan identifikasi morfologi FOC, pengujian sensitivitas FOC isolat Kabupaten Garut di laboratorium terhadap beberapa jenis fungisida yang biasa digunakan petani (Tabel 1). Pengujian uji sensitivitas (*in vitro*) dilakukan menggunakan metode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas lima jenis bahan aktif fungisida komersil (azoksistrobin + difenokonazol, prokloraz + propikonazol, propineb, mankozeb, dan klorotalonil) yang biasa digunakan petani pada empat konsentrasi yang berbeda (1/2X, X, 3/4X, 2X) dengan X merupakan 1/10 konsentrasi anjuran. Pengujian dilakukan untuk masing-masing isolat FOC yang diperoleh (Degani & Kalman, 2021). Pengujian virulensi (*in vivo*) dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) untuk menguji virulensi isolat FOC yang terindikasi resisten terhadap dua varietas bawang merah yang umum digunakan oleh petani di lokasi penelitian yaitu varietas Tuk-tuk dan Sumenep.

Tabel 1. Bahan aktif dan konsentrasi fungisida yang digunakan dalam uji sensitivitas isolat FOC

Bahan aktif	Konsentrasi (ppm)
Kontrol	
Prokloraz + propikonazol	1/2X: 100; X: 200; 3/4X: 150; 2X: 400
Azoksistrobin + difenokonazol	1/2X: 75; X: 150; 3/4X: 120; 2X: 300
Propineb	1/2X: 100; X: 200; 3/4X: 150; 2X: 400
Mankozeb	1/2X: 100; X: 200; 3/4X: 150; 2X: 400
Klorotalonil	1/2X: 100; X: 200; 3/4X: 150; 2X: 400

Keterangan: Konsentrasi X = (1/10) dari konsentrasi anjuran pada label fungisida.

Isolasi Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*

Isolasi FOC dilakukan dari umbi bawang merah varietas Tuk-tuk dan varietas Sumenep yang menunjukkan gejala penyakit moler di lapangan. Tanaman yang bergejala diperoleh dari tiga tempat penanaman yang berbeda. Isolasi patogen menurut

Agrios (2005), yaitu dengan memotong bagian tanaman bergejala, dalam hal ini umbi bawang merah, pada perbatasan bagian yang sehat dan sakit. Sterilisasi potongan bagian tersebut dilakukan secara berurutan menggunakan alkohol 70%, larutan klorox 2% dan akuades steril. Isolat FOC diisolasi, diperbanyak dan dipelihara dalam media *potato dextrose agar* (PDA). Isolat yang diperoleh diidentifikasi dengan menggunakan buku identifikasi Barnett dan Hunter (1987) dan artikel jurnal dari Hadiwiyono *et al.* (2020) dan Poromarto *et al.* (2023).

Uji Sensitivitas FOC terhadap Beberapa Bahan Aktif Fungisida pada Konsentrasi Rendah

Pengujian sensitivitas FOC dilakukan dengan teknik makanan beracun (*poisoned food*) menurut Degani dan Kalman (2021). Metode dilakukan dengan menumbuhkan jamur FOC pada media PDA yang dicampurkan dengan suspensi bahan aktif fungisida sesuai konsentrasi yang diujikan. Sebanyak 10 ml campuran tersebut kemudian dituangkan ke dalam cawan Petri berukuran diameter 9 mm dan dibiarkan memadat. Perlakuan kontrol merupakan media PDA yang tidak ditambahkan fungisida. Semua perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Potongan biakan murni FOC (\varnothing 5 mm) berumur 4–6 hari ditempatkan di tengah cawan Petri. Cawan Petri perlakuan diinkubasikan pada suhu ruang dalam keadaan gelap. Setelah 14 hari diameter koloni FOC diukur.

Pertumbuhan koloni diamati dengan mengukur diameter koloni menggunakan penggaris. Ukuran diameter koloni didapatkan dari nilai rata-rata diameter koloni terpanjang dan terpendek. Persentase penghambatan dihitung menggunakan rumus (Suganda dkk., 2019):

$$I = \left(\frac{dk - dp}{dk} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

I = Persentase penghambatan (%)

dk = Diameter koloni jamur pada kontrol (cm)

dp = Diameter koloni jamur pada perlakuan (cm)

Aktivitas penghambatan fungisida dapat diklasifikasikan menjadi enam kategori yaitu $VR \leq 40\%$, sangat resisten (VR); $40\% < R \leq 60\%$, resisten (R); $60\% < MR \leq 75\%$, moderat resisten (MR); $75\% < S \leq 90\%$, sensitif (S); dan $SS > 90\%$, sangat sensitif (SS) (Hadiwiyono *et al.*, 2020).

Uji penghambatan produksi konidia dilakukan dengan menghitung kerapatan konidia

jamur setelah perlakuan (Suganda dkk., 2020). Sebanyak lima potong isolat jamur pada media PDA yang berasal dari pengujian pertumbuhan koloni diambil menggunakan pelubang gabus (\varnothing 0,5 cm), kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 10 ml akuades steril. Tabung reaksi lalu divortex selama 3 menit untuk melepaskan konidia. Sebanyak 100 μ l suspensi konidia diteteskan menggunakan mikropipet pada slide hemositometer untuk dihitung kerapatan konidianya menggunakan mikroskop (Rosanti dkk., 2014). Kerapatan konidia dihitung menggunakan rumus berikut (PW Research, 2015):

$$C = XFp \times 10^4$$

Keterangan:

C = Kerapatan konidia (konidia/ml)

X = Rata-rata konidia dari kotak sampel yang diamati

Fp = Faktor pengenceran

Uji Virulensi FOC terhadap Dua Varietas Bawang Merah

Pengujian virulensi FOC terhadap varietas bawang merah dilakukan melalui metode yang digunakan Hadiwiyono *et al.* (2020). Dua varietas bawang merah yang digunakan yaitu Tuk-tuk dan Sumenep ditanam pada tanah steril yang dicampur dengan kompos dengan perbandingan 3:1 (v/v) pada polibag ukuran 35 x 17,5 cm dengan 3 bibit untuk setiap polibag. Biakan FOC yang digunakan merupakan 3 isolat yang diuji (Suc1, Byb2, Smr3) yang diberi perlakuan 4 jenis bahan aktif fungisida (azoksistrobin + difenokonazol, propineb, mankozeb, dan klorotalonil) dalam uji in vivo. Perlakuan bahan aktif fungisida prokloraz + propikonazol tidak dijadikan sebagai perlakuan uji virulensi karena terindikasi masih sensitif. Sebagai pembanding, terdapat perlakuan kontrol negatif dan positif. Perlakuan kontrol negatif merupakan kontrol tanpa inokulasi FOC dan kontrol positif (diinokulasikan dengan FOC non-perlakuan fungisida). Secara keseluruhan dari percobaan terdapat 24 perlakuan yang diulang sebanyak tiga kali.

Inokulasi dilakukan dengan cara mencampurkan suspensi konidia FOC ke dalam media tanam dengan kerapatan 10^6 konidia/ml. Kerapatan konidia ditentukan dengan mencampurkan 300 ml suspensi konidia (10^6 konidia/ml) ke dalam tanah. Pupuk dasar berupa kompos 20 g/polibag dan dolomit 2,6 g/polibag, TSP 9 g/polibag diberikan pada media tanam bawang merah satu hari sebelum tanam. Pupuk susulan I dan II diberikan pada tanaman bawang umur 15 dan 30

hari setelah tanam dengan campuran Urea (7,5 g/polibag) + ZA (3 g/polibag) + KCl (2,5 g/polibag). Variabel yang diamati adalah intensitas penyakit moler dan variabel pertumbuhan berupa tinggi tanaman dan berat basah tanaman bawang merah. Intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$\text{Intensitas penyakit} = \frac{\sum(n \times v)}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan:

N = Jumlah daun dari setiap kategori serangan

v = Nilai setiap kategori serangan

N = Jumlah daun yang diamati

V = Nilai numerik tertinggi pada kategori serangan yang digunakan

Nilai skala intensitas penyakit ditentukan berdasarkan busuk pada akar dan umbi serta kejadian melintir/*twisting* pada daun (Hadiwiyono *et al.*, 2020). Skoring intensitas penyakit moler disajikan pada Tabel 2. Pengamatan dilakukan untuk memperoleh data-data tentang intensitas penyakit, berat basah tanaman, dan tinggi tanaman. Pengamatan tinggi tanaman dihitung setiap minggu menggunakan penggaris ukuran 50 cm, sedangkan intensitas penyakit dan berat basah tanaman dihitung sebanyak satu kali pengamatan pada 7 minggu setelah tanam (MST) (Nugroho dkk., 2011).

Tabel 2. Skoring intensitas penyakit moler pada tanaman bawang merah

Skala	Kerusakan
0	= Tidak ada gejala busuk dan tidak ada daun yang melintir
1	= 10% akar membusuk, 1-10% daun melintir
2	= 10-30% akar membusuk dengan 10% umbi membusuk, 11-30% daun melintir
3	= 100% akar membusuk dengan 10-30% umbi membusuk, 31-75% daun melintir
4	= 100% akar membusuk dengan >30% umbi membusuk, > 76% daun melintir

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila data memiliki pengaruh yang berbeda nyata, pengujian dilanjutkan menggunakan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% menggunakan aplikasi *Smartstat XL*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

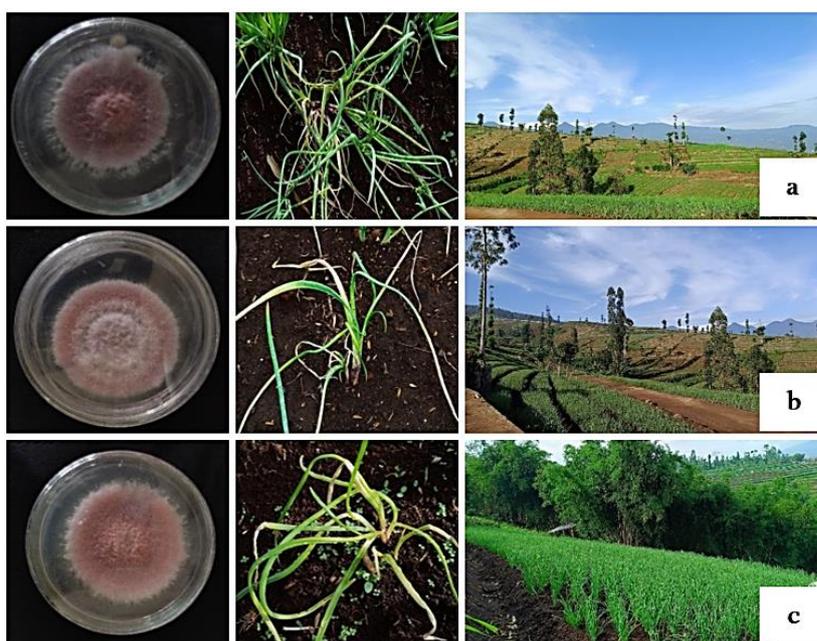
Gejala Penyakit dan Karakteristik Isolat Patogen

Gejala penyakit moler ditemukan di Kecamatan Sucinaraja (Suc1), Kecamatan Bayongbong (Byb2), dan Kecamatan Samarang (Smr3), Kabupaten Garut. Hasil observasi menunjukkan bahwa gejala yang ditemukan di ketiga lokasi tersebut tidak jauh berbeda (Gambar 1). Gejala awal penyakit pada tanaman bawang merah adalah daun yang terpelintir (*twisting*) disertai dengan perubahan warna menjadi menguning (klorosis) yang dimulai dari ujung helaian daun. Helaian daun kemudian akan layu, mengering dan mati pada gejala lanjut. Gejala yang ditemukan juga termasuk tanaman yang menjadi kerdil serta daun tanaman yang tampak lebih panjang. Semua gejala tersebut dilaporkan sebagai gejala infeksi FOC pada tanaman bawang merah (Asrul dkk., 2021). Marianah *et al.* (2024) melaporkan terdapat variasi gejala yang cukup tinggi pada penyakit moler ini. Gejala yang terlihat pada observasi merupakan gejala sekunder akibat adanya gangguan atau kerusakan pada sistem transportasi air dan zat hara mineral dari akar ke seluruh bagian tanaman karena FOC menyerang pembuluh xylem (Asrul dkk., 2021). Akar dan pangkal batang pada tanaman yang menunjukkan gejala menjadi busuk, lunak dan seperti berair dengan warna yang berubah menjadi keabuan maupun coklat muda pada akar dibandingkan akar yang sehat berwarna putih, sementara umumnya busuk berwarna hitam pada pangkal batang. Menurut Le *et al.* (2021), akar yang terinfeksi tampak berwarna abu-abu hingga merah muda, kebasahan dan membusuk. Sementara itu, jika umbi yang terinfeksi dipotong secara vertikal maka akan terlihat warna coklat berair pada lapisan terluar dari pangkal batang (Black *et al.*, 2012). Gejala yang terjadi pada akar atau pangkal batang tersebut akan mengganggu transportasi air dan hara sehingga tanaman menjadi layu dan mati (Novitasari & Munif, 2020).

Berdasarkan identifikasi makroskopis koloni, jamur patogen yang menyebabkan gejala penyakit moler di lapangan adalah spesies *Fusarium oxysporum*. Ketiga isolat menunjukkan karakteristik morfologi koloni yang mirip, dengan miselium berwarna putih pada awal pertumbuhan, kemudian menjadi berwarna ungu dengan memiliki tekstur seperti kapas (*cottony*). Koloni FOC pada bawang merah dominan berwarna putih, tetapi di bagian bawah koloni secara bertahap berubah menjadi keunguan (Supriyadi dkk., 2013). Marianah *et al.*

(2024) melaporkan bahwa koloni FOC berwarna ungu, miseliumnya halus dengan permukaan koloni yang sedikit basah dan memiliki pigmen berwarna ungu tua. Menurut Kalman *et al.* (2020), warna koloni *F. oxysporum* bervariasi cukup luas antara spesies, atau juga dalam spesies yang sama. Perbedaan warna koloni ini menunjukkan adanya keragaman pigmen pada miselium jamur tersebut meskipun ditumbuhkan pada medium yang sama. Perubahan dan perbedaan warna koloni tergantung pada usia kultur. Kultur muda memiliki koloni berwarna putih. Ketika kultur telah dewasa maka warna khas setiap *Fusarium* spp. akan muncul dan berubah warna

menjadi ungu, putih, abu-abu, atau terkadang cokelat muda. Menurut Herlina *et al.* (2021), isolat FOC menghasilkan koloni berwarna putih hingga ungu muda pada media PDA, sedangkan warna krem pada koloni hanya terlihat pada jamur *Fusarium solani*. Sementara itu, Arie (2019) melaporkan bahwa jamur FOC yang ditemukan juga menghasilkan miselium koloni berwarna putih, biru pucat, ungu, atau orange muda pada PDA. Pertumbuhan ketiga isolat FOC memenuhi cawan Petri berukuran 9 cm yaitu sekitar 14 HSI, yang dapat digolongkan lambat jika dibandingkan dengan penelitian lain yaitu sekitar 8–12 HSI (Asrul dkk., 2021).



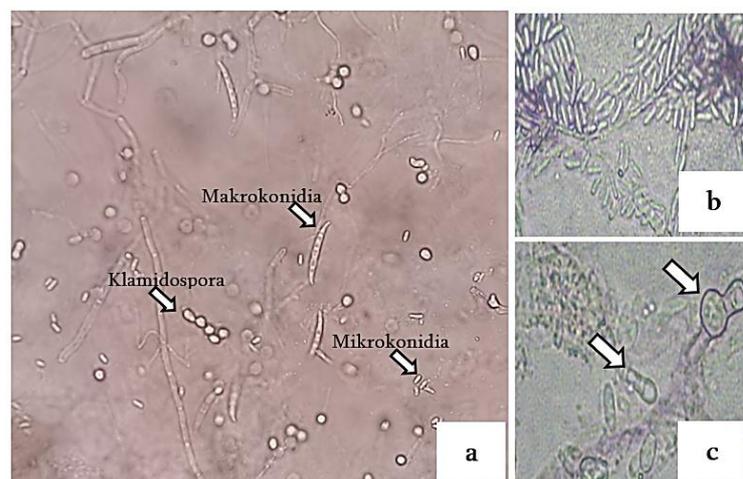
Gambar 1. Isolat FOC, gejala penyakit moler, dan hamparan masing-masing tempat. (a) Kecamatan Samarang, (b) Kecamatan Bayongbong, dan (c) Kecamatan Sucinaraja.

Konidia yang dihasilkan dari sampel FOC ketiga isolat lebih dominan mikrokonidia dibandingkan makrokonidia (Gambar 2). Mikrokonidia berbentuk lonjong atau oval berukuran $6\text{--}20\ \mu\text{m} \times 2\text{--}6\ \mu\text{m}$ pada isolat Suc1, $4\text{--}16\ \mu\text{m} \times 2\text{--}4\ \mu\text{m}$ pada isolat Byb2, dan $6\text{--}18\ \mu\text{m} \times 2\text{--}4\ \mu\text{m}$ pada isolat Smr3 serta tidak memiliki septa. Mikrokonidia berbentuk lonjong atau bulat telur (oval), atau seperti ginjal, kedua ujung tumpul, tidak memiliki sekat, bersel satu (uniseluler), tersusun secara tunggal, berpasangan, atau berantai, berukuran $2,6\text{--}14,8\ \mu\text{m} \times 2\text{--}3,1\ \mu\text{m}$ dan hialin. Shamyuktha *et al.*, (2020) melaporkan, mikrokonidia FOC berbentuk lonjong, tidak terdapat septa walaupun ada hanya ada satu septa. Pada laporan lainnya, mikrokonidia FOC berbentuk oval, elips, atau ginjal, berukuran $2,5\text{--}15\ \mu\text{m} \times 2\text{--}3\ \mu\text{m}$, tidak bersepta dan uniseluler (Arie,

2019; Bektas & Kusek, 2019). Makrokonidia yang ditemukan jumlahnya sangat sedikit dibandingkan mikrokonidia pada ketiga isolat. Ukuran makrokonidia pada ketiga isolat memiliki perbedaan masing-masing. Makrokonidia isolat Suc1 berukuran $10,8\text{--}22 \times 2,5\text{--}4\ \mu\text{m}$, isolat Byb2 berukuran $11\text{--}20,7 \times 2\text{--}3,4\ \mu\text{m}$, isolat Smr3 berukuran $10,2\text{--}21,5 \times 2,4\text{--}4,1\ \mu\text{m}$. Makrokonidia berbentuk bulan sabit (melengkung) dengan ujung meruncing, mempunyai 3–5 sekat, berukuran $11,3\text{--}21,2 \times 2,7\text{--}3,4\ \mu\text{m}$, ber dinding sel tebal, dan hialin atau tidak berwarna. Laporan lain menjelaskan bahwa jamur FOC berbentuk bulan sabit atau melengkung dengan beberapa sekat antara 1–4, 3–5 atau 3–4 sekat (Arie, 2019; Kalman *et al.*, 2020; Shamyuktha *et al.*, 2020; Herlina dkk., 2021). Selain ditemukan mikrokonidia dan makrokonidia pada FOC, ditemukan juga

struktur klamidospora yang memiliki bentuk bulat, tersusun secara tunggal maupun berantai, berdinding tebal, dan hialin dalam jumlah yang banyak ditemukan di ujung atau tengah hifa. Klamidospora FOC dapat terletak di ujung hifa maupun di tengah hifa dan dapat tersusun secara tunggal atau berantai,

berdinding tebal serta memiliki satu atau dua sel bulat (Kalman *et al.*, 2020; Shamyuktha *et al.*, 2020). Klamidospora yang dimiliki oleh FOC ini menjadikan FOC mampu bertahan selama beberapa dekade di tanah selain kemampuan hidupnya sebagai saprofit (Arie, 2019).



Gambar 2. Karakteristik mikroskopis isolat jamur FOC. (a) Makrokonidia, mikrokonidia dan klamidospora, (b) Mikrokonidia, dan (c) Klamidospora (b, c = perbesaran 400x).

Penghambatan Pertumbuhan Koloni dan Produksi Konidia FOC pada Uji Sensitivitas

Petani di ketiga lokasi pengamatan menggunakan beberapa jenis fungisida unggulan dalam mengendalikan penyakit moler. Bahan aktif fungisida untuk mengendalikan FOC yang banyak digunakan petani berdasarkan hasil wawancara yaitu mankozeb, propineb dan klorotalonil, sementara beberapa menggunakan fungisida berbahan aktif majemuk azoksistrobin + difenokonazol dan prokloraz + propikonazol. Berdasarkan hasil wawancara, petani dalam mengendalikan penyakit moler sering mencampurkan bahan aktif fungisida propineb, klorotalonil, mankozeb, azoksistrobin + difenokonazol secara bersamaan karena petani sangat kesulitan untuk mengendalikan penyakit moler tersebut. Hal ini sesuai dengan penelitian Susanti (2018) yang melaporkan bahwa pengendalian FOC oleh petani umumnya dilakukan dengan penggunaan fungisida sintetik berbahan aktif tunggal mankozeb, propineb dan klorotalonil. Sholeh dan Nurcahyanti (2023) melaporkan juga bahwa tingginya serangan moler pada tanaman bawang merah menyebabkan fungisida sintetik sering digunakan oleh petani yang umumnya dalam kisaran bahan aktif yang sempit dan dilakukan secara terus-menerus.

Pengujian konsentrasi fungisida sesuai anjuran dan konsentrasi yang diturunkan $\frac{1}{2}$ kali konsentrasi

anjuran memberikan penghambatan yang tinggi. Ketiga isolat yang diuji tidak tumbuh pada media tumbuh PDA pada kedua kisaran konsentrasi tersebut. Hasil pengujian *in vitro* tersebut menunjukkan bahwa semua jenis fungisida yang biasa digunakan oleh petani masih efektif menghambat pertumbuhan semua isolat FOC. Berdasarkan hal ini berarti belum ada indikasi resistensi ketiga isolat FOC terhadap fungisida. Andriani dkk. (2017) menyebutkan bahwa kejadian resistensi dapat terdeteksi atau ditandai dengan berkurangnya sensitivitas patogen terhadap fungisida meskipun dengan konsentrasi di atas anjuran. Sementara di dalam penelitian ini, pengujian menggunakan konsentrasi fungisida yang diturunkan ($\frac{1}{10}$ konsentrasi anjuran) dimaksudkan untuk melihat respon isolat FOC terhadap beberapa jenis fungisida tersebut pada konsentrasi subletal.

Pengaruh fungisida terhadap penghambatan pertumbuhan koloni jamur FOC isolat Suc1 (isolat Sucinaraja) menunjukkan hasil yang beragam (Tabel 3; Gambar 3). Pengaruh bahan aktif fungisida mankozeb dan klorotalonil memiliki daya hambat yang tergolong rendah terhadap pertumbuhan FOC masing-masing sebesar 69,63% dan 40,93% pada 14 hari setelah inkubasi (HSI). Jika dikategorikan dengan konsentrasi $\frac{1}{10}$ ini, respon FOC terhadap mankozeb masuk ke dalam kategori moderat resisten,

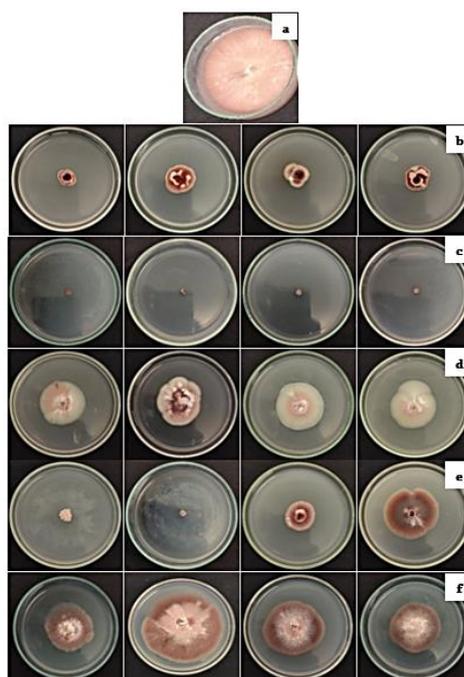
sementara klorotalonil menunjukkan kategori sangat resisten. Bahan aktif azoksistrobin + difenokonazol menghambat pertumbuhan FOC sebesar 79,07%, prokloraz+propikonazol sebesar 93,33% dan propineb sebesar 89,81%. Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga fungisida tersebut masih efektif mengendalikan jamur FOC (Tabel 3).

Masing-masing jenis fungisida menunjukkan keefektifan yang berbeda dengan fungisida berbahan aktif campuran yang memiliki penghambatan tinggi (tidak terindikasi resisten). Hasil wawancara di Kecamatan Sucinaraja, petani hampir tidak pernah atau sangat jarang menggunakan fungisida dengan bahan aktif campuran, sementara di kedua lokasi lainnya ada yang menggunakan tetapi masih tergolong sedikit. Sangat berbeda dengan penggunaan fungisida bahan aktif klorotalonil, propineb, dan mankozeb yang banyak digunakan oleh petani bahkan ada kecenderungan penggunaan dengan dosis yang melebihi anjuran. Dengan demikian, ke depannya petani dapat diinformasikan untuk menggunakan bahan aktif yang bersifat majemuk dibandingkan hanya bahan aktif tunggal. Dilaporkan bahwa salah satu upaya mencegah resistensi patogen terhadap fungisida adalah mencampur dua kelompok fungisida berbeda, terutama fungisida dengan target spesifik, untuk mengurangi risiko resistensi (Corkley *et al.*, 2022).

Tabel 3. Uji sensitivitas FOC pada beberapa bahan aktif fungisida isolat Suc1 pada 14 HSI

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Diameter koloni (cm)	Daya hambat (%)
Kontrol	-	9,00 a	0
Azoksistrobin + difenokonazol	X	1,88 f	79,07
	1/2X	1,22 h	86,48
	3/4X	1,77 f	80,37
	2X	1,47 gh	83,70
Prokloraz + propikonazol	X	0,6 j	93,33
	1/2X	0,6 j	93,33
	3/4X	0,6 j	93,33
	2X	0,6 j	93,33
Klorotalonil	X	2,73 de	69,63
	1/2X	2,47 e	72,59
	3/4X	2,57 e	71,48
	2X	2,48 e	72,41
Propineb	X	0,92 i	89,81
	1/2X	0,6 j	93,33
	3/4X	1,67 fg	81,48
	2X	2,55 e	71,67
Mankozeb	X	5,32 b	40,93
	1/2X	2,92 cd	67,59
	3/4X	3,00 cd	66,67
	2X	3,07 c	65,93

Keterangan: Konsentrasi X = (1/10) dari konsentrasi anjuran pada label fungisida. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT pada taraf nyata 5%.



Gambar 3. Pengaruh fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur FOC isolat Suc1 pada tingkat konsentrasi yang berbeda *(X, 1/2X, 3/4X, 2X). (a) Kontrol, (b) Azoksistrobin + difenokonazol, (c) Prokloraz + propikonazol, (d) Klorotalonil, (e) Propineb, dan (f) Mankozeb. * = Berturut-turut dari kiri ke kanan.

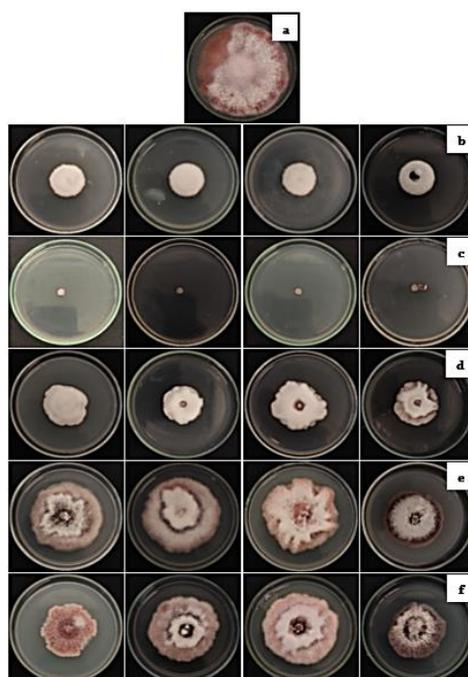
Pengaruh fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur FOC isolat Byb2 dengan tingkat konsentrasi yang berbeda memiliki hasil pertumbuhan yang beragam juga (Tabel 4; Gambar 4). Hanya fungisida bahan aktif prokloraz + propikonazol (93,33%) yang masih tergolong sangat sensitif pada konsentrasi rendah diikuti fungisida bahan aktif azoksistrobin + difenokonazol dengan penghambatan tertinggi sebesar 68,15%. Fungisida tunggal klorotalonil (54,81%), mankozeb (29,26%) dan propineb (40,93%) memberikan penghambatan yang rendah pada isolat Byb2, tergolong normal, penekanan yang rendah pada konsentrasi rendah.

Kecamatan Bayongbong merupakan salah satu daerah dengan penanaman bawang merah paling banyak di Kabupaten Garut, sehingga setiap musim selalu ada penanaman bawang merah. Berdasarkan hasil wawancara dengan petani, hanya fungisida bahan aktif prokloraz + propikonazol yang tidak digunakan oleh petani, sedangkan azoksistrobin + difenokonazol, klorotalonil, propineb, dan mankozeb sangat sering digunakan oleh petani, bahkan petani sering mencampurkan keempat bahan aktif tersebut.

Tabel 4. Uji sensitivitas FOC pada beberapa bahan aktif fungisida isolat Byb2 pada 14 HSI

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Diameter koloni (cm)	Daya hambat (%)
Kontrol	-	9,00 a	0
Azoksistrobin + difenokonazol	X	3,17 e	64,81
	1/2X	3,07 e	65,93
	3/4X	3,17 e	64,81
	2X	2,87 e	68,15
Prokloraz + propikonazol	X	0,6 f	93,33
	1/2X	0,6 f	93,33
	3/4X	0,6 f	93,33
	2X	0,6 f	93,33
Klorotalonil	X	4,07 d	54,81
	1/2X	4,15 d	53,89
	3/4X	4,25 d	52,78
	2X	4,17 d	53,70
Propineb	X	6,18 b	31,30
	1/2X	6,10 b	32,22
	3/4X	6,32 b	29,81
	2X	5,07 c	43,70
Mankozeb	X	6,37 b	29,26
	1/2X	5,80 bc	35,56
	3/4X	6,13 b	31,85
	2X	5,25 c	41,67

Keterangan: Konsentrasi X = (1/10) dari konsentrasi anjuran pada label fungisida. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT pada taraf nyata 5%.



Gambar 4. Pengaruh fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur FOC isolat Byb2 pada tingkat konsentrasi yang berbeda *(X, 1/2X, 3/4X, 2X). (a) Kontrol, (b) Azoksistrobin + difenokonazol, (c) Prokloraz + propikonazol, (d) Klorotalonil, (e) Propineb, dan (f) Mankozeb. * = Berturut-turut dari kiri ke kanan.

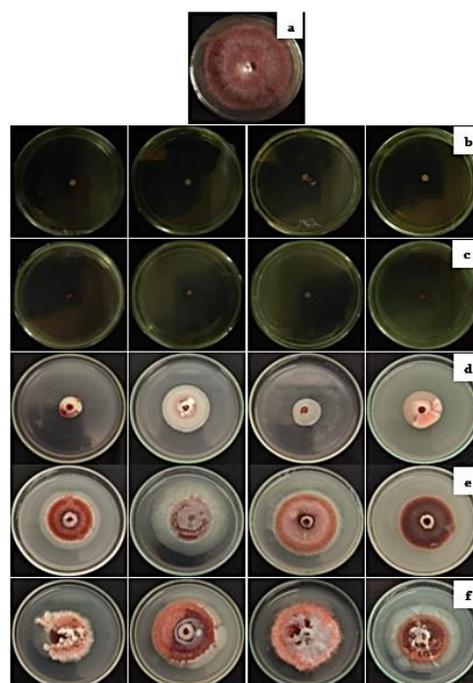
Pengaruh fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur FOC isolat Smr3 dengan tingkat konsentrasi yang berbeda memiliki hasil pertumbuhan yang tidak berbeda jauh dari isolat Sucl dan isolat Byb2 (Tabel 5; Gambar 5). Bahan aktif fungisida azoksistrobin + difenokonazol (93,33%) dan prokloraz + propikonazol (93,33%) termasuk kategori sangat sensitif meskipun dalam konsentrasi rendah. Penghambatan pertumbuhan isolat Smr3 oleh fungisida klorotalonil (49,81%), propineb (29,07%) dan mankozeb (31,48%) tergolong rendah pada konsentrasi fungisida yang diturunkan ini.

Perlakuan fungisida terbaik untuk menekan pertumbuhan koloni jamur FOC pada ketiga isolat yaitu Prokloraz + propikonazol, pada perlakuan tersebut rata-rata koloni jamur FOC tidak ada yang tumbuh. Bahan aktif prokloraz + propikonazol bekerja dengan cara mengganggu CYP51, yaitu enzim yang penting untuk proses biosintesis ergosterol pada jamur (Zhang *et al.*, 2021). Ergosterol merupakan senyawa organik yang berperan penting dalam mengatur permeabilitas dan fluiditas membran sel jamur (Rodrigues, 2018). Fungisida tersebut dapat menekan pertumbuhan jamur FOC sekitar 93,33% dengan kategori sangat sensitif. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Amini dan Sidovich (2010), bahwa bahan aktif prokloraz secara efektif mampu menekan pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum*.

Tabel 5. Uji sensitivitas FOC pada beberapa bahan aktif fungisida isolat Smr3 pada 14 HSI

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Diameter koloni (cm)	Daya hambat (%)
Kontrol	-	9,00 a	0
Azoksistrobin + difenokonazol	X	0,6 h	93,33
	1/2X	0,6 h	93,33
	3/4X	0,6 h	93,33
	2X	0,6 h	93,33
Prokloraz + propikonazol	X	0,6 h	93,33
	1/2X	0,6 h	93,33
	3/4X	0,6 h	93,33
Klorotalonil	2X	0,6 h	93,33
	X	4,52 e	49,81
	1/2X	2,33 g	74,07
Propineb	3/4X	2,10 g	76,67
	2X	3,73 f	58,52
	X	6,38 bc	29,07
Mankozeb	1/2X	5,47 d	39,26
	3/4X	5,92 cd	34,26
	2X	5,75 cd	36,11
Mankozeb	X	6,17 bc	31,48
	1/2X	5,78 cd	35,74
	3/4X	6,87 b	23,70
	2X	6,50 bc	27,78

Keterangan: Konsentrasi X = (1/10) dari konsentrasi anjuran pada label fungisida. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT pada taraf nyata 5%.



Gambar 5. Pengaruh fungisida terhadap pertumbuhan koloni jamur FOC isolat Smr3 pada tingkat konsentrasi yang berbeda *(X, 1/2X, 3/4X, 2X). (a) Kontrol, (b) Azoksistrobin + difenokonazol, (c) Prokloraz + propikonazol, (d) Klorotalonil, (e) Propineb, dan (f) Mankozeb. * = Berturut-turut dari kiri ke kanan.

Rata-rata kerapatan konidia jamur FOC pada ketiga isolat yang diuji memiliki perbedaan pada masing-masing perlakuan bahan aktif fungisida (Tabel 6). Kerapatan konidia paling tinggi berada pada perlakuan azoksistrobin + difenokonazol isolat Byb2 dengan kerapatan $4,19 \times 10^7$ konidia/ml, sedangkan perlakuan kontrol isolat Byb2 tanpa perlakuan sekitar $3,02 \times 10^7$ konidia/ml. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi fungisida tidak dapat menurunkan produksi konidia jamur FOC. Namun demikian, tinggi rendahnya produksi

konidia dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Ajmal *et al.* (2022), produksi konidia dapat distimulasi oleh berbagai faktor, baik faktor endogen maupun lingkungan. Faktor lingkungan yang mampu menstimulasi produksi konidia antara lain kurangnya nutrisi, cekaman osmotik, cekaman oksidatif, jumlah karbon dan nitrogen, pH, dan cahaya. Kerapatan konidia yang tinggi ini dapat meningkatkan virulensi FOC dan menyebabkan infeksi lebih parah pada tanaman bawang merah serta meningkatkan kematian tanaman lebih cepat (Nugroho dkk., 2011).

Tabel 6. Kerapatan konidia jamur FOC pada perlakuan beberapa bahan aktif fungisida

Perlakuan	Konsentrasi	Jumlah konidia (konidia/ml)		
		Isolat Suc1	Isolat Byb2	Isolat Smr3
Kontrol		$2,44 \times 10^7$ c	$3,02 \times 10^7$ c	$2,55 \times 10^7$ a
Azoksistrobin + difenokonazol	X	-	$3,86 \times 10^7$ a	-
	1/2X	-	$4,19 \times 10^7$ a	-
	3/4X	-	$3,97 \times 10^7$ a	-
	2X	-	2×10^7 e	-
Klorotalonil	X	$8,7 \times 10^6$ gh	$3,51 \times 10^7$ b	$1,23 \times 10^7$ c
	1/2X	$4,19 \times 10^7$ a	3×10^7 c	$2,53 \times 10^7$ a
	3/4X	$2,62 \times 10^7$ b	$2,52 \times 10^7$ d	$3,42 \times 10^6$ f
	2X	$9,5 \times 10^6$ fg	$2,86 \times 10^7$ cd	$1,4 \times 10^7$ b
Propineb	X	$1,94 \times 10^7$ d	$4,12 \times 10^6$ h	$1,82 \times 10^7$ b
	1/2X	$1,01 \times 10^7$ ef	$9,8 \times 10^6$ g	$1,98 \times 10^7$ b
	3/4X	$2,33 \times 10^7$ c	$1,14 \times 10^7$ g	$1,07 \times 10^7$ cd
	2X	$3,5 \times 10^6$ i	$4,7 \times 10^6$ h	$2,55 \times 10^6$ f
Mankozeb	X	$1,18 \times 10^7$ ef	$1,28 \times 10^7$ fg	$7,07 \times 10^6$ de
	1/2X	$6,25 \times 10^6$ hi	$2,67 \times 10^7$ cd	$1,28 \times 10^7$ c
	3/4X	$1,2 \times 10^7$ ef	$1,23 \times 10^7$ fg	$8,3 \times 10^6$ de
	2X	$1,27 \times 10^7$ e	$1,57 \times 10^7$ f	$5,05 \times 10^6$ ef

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak diujikan. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT pada taraf nyata 5%.

Masing-masing fungisida yang diuji memiliki *mode of action* masing-masing sehingga FOC dapat dikendalikan. Menurut Degani *et al.* (2022), azoksistrobin + difenokonazol dapat menekan pertumbuhan jamur FOC dan *Fusarium oxysporum* f.sp. *acutatum* secara signifikan bahkan pada konsentrasi terendah (1 ppm). Fungisida azoksistrobin + difenokonazol menghambat transpor elektron mitokondria dalam rantai pernapasan seperti kebanyakan fungisida strobilurin. Azoksistrobin mempercepat elektron yang keluar dari mitokondria, yang dipercepat oleh pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) (Olsvik *et al.*, 2010). Klorotalonil menjadi salah satu fungisida yang sering digunakan oleh petani untuk mengendalikan FOC. Klorotalonil memiliki spektrum yang luas, mampu menghambat aktivitas enzimatis dehidrogenase,

katalase, dan asam fosfatase serta secara khusus menghambat aktivitas enzim gliseraldehida-3-fosfat dehidrogenase GPDH (Baćmaga *et al.*, 2018).

Poromarto *et al.* (2023) melaporkan, FOC isolat Brebes sudah resisten terhadap fungisida berbahan aktif klorotalonil dan propineb. Propineb merupakan jenis fungisida yang bekerja secara kontak (racun kontak). Pada umumnya, peluang dari fungisida jenis ini untuk terjadi resistensi pada targetnya lebih kecil dibandingkan dengan fungisida sistemik. Hal ini dikarenakan fungisida kontak tidak spesifik target seperti fungisida sistemik (Horst, 2008). Fungisida kontak disebut juga protektan melindungi tanaman dari serangan patogen pada permukaan tanaman. Fungisida kontak ditiokarbamat bekerja sebagai agen penghambat unsur yang dibutuhkan oleh jamur sehingga terjadi

penghambatan pertumbuhan (Sumardiyono, 2008). Fungisida golongan ditiokarbamat, dalam hal ini propineb, disebutkan tidak dapat menyembuhkan tanaman yang sudah tergolong sakit.

Fungisida mankozeb merupakan fungisida kontak yang tergolong sebagai fungisida berspektrum luas atau multi-lokasi. Mankozeb bertindak sebagai fungisida yang menghambat perkecambahan spora dengan memengaruhi metabolisme lipid, respirasi, dan produksi adenosin trifosfat (ATP) (Agrios, 2005). Menurut Nuwamanya *et al.* (2022), mankozeb merupakan bahan aktif yang paling banyak digunakan hampir di seluruh dunia karena memiliki risiko resistensi yang kecil. Hal ini tidak sesuai dengan pengujian uji sensitivitas, di mana data yang didapat dari ketiga tempat menunjukkan bahwa mankozeb merupakan bahan aktif yang paling resisten.

Menurut Widiastuti dkk. (2011), fungisida dengan bahan aktif yang sudah dicampur menjadi dua bahan aktif majemuk akan lebih efektif jika dibandingkan dengan fungisida bahan aktif tunggal, seperti pencampuran antara mankozeb + karbendazim mampu secara efektif menekan penyakit seperti *Fusarium* sp., *Pestalotiopsis* sp., and *Colletotrichum* sp. Selain itu, FRAC (2022)

menjelaskan bahan aktif fungisida dengan cara kerja dan golongan yang sama tentunya dapat menyebabkan munculnya populasi patogen resisten meskipun telah dirotasi, seperti pada pengujian terbukti bahwa mankozeb dan propineb memiliki hasil yang tidak signifikan dengan kategori sangat sensitif di ketiga isolat.

Intensitas Penyakit Moler, Tinggi Tanaman dan Berat Basah Tanaman Bawang Merah pada Uji Virulensi

Dua varietas bawang merah (Tuktuk dan Sumenep) yang diuji merupakan varietas yang dominan digunakan oleh petani di Kabupaten Garut. Varietas Tuk-tuk dominan ditanam oleh petani di daerah Kecamatan Samarang dan Kecamatan Bayongbong. Varietas Sumenep banyak digunakan di daerah Kecamatan Sucinaraja. Perlakuan yang diberikan pada uji virulensi didapatkan dari hasil uji sensitivitas dengan kategori penghambatan yang rendah. Hasil uji virulensi menunjukkan bahwa ketiga isolat yang sebenarnya sudah diberi perlakuan fungisida menyebabkan penyakit moler pada kedua varietas. Gejala yang muncul sesuai dengan gejala di lapangan berupa daun mengalami *twisting* dan kering serta umbinya membusuk, dengan intensitas penyakit yang beragam (Tabel 7; Gambar 6).

Tabel 7. Intensitas penyakit moler pada kedua varietas bawang merah umur 7 MST setelah diinokulasi FOC yang diberikan perlakuan fungisida

Varietas	Perlakuan	Intensitas penyakit (%)		
		Isolat Suc1	Isolat Byb2	Isolat Smr3
Tuk-tuk	Kontrol (-)	0	0	0
	Kontrol (+)	64,5 c	64,5 cd	64,5 b
	Azoksistrobin + Difenokonazol	-	68,3 bc	-
	Klorotalonil	70,8 c	81,9 ab	79,8 a
	Propineb	86,3 ab	88,1 a	82,6 a
	Mankozeb	85,9 ab	92,3 a	84,7 a
Sumenep	Kontrol (-)	0		
	Kontrol (+)	25 d	25 f	25 c
	Azoksistrobin + Difenokonazol	-	54,7 de	-
	Klorotalonil	88,8 a	45,1 e	63,1 b
	Propineb	64,5 c	40,2 e	53,6 b
	Mankozeb	72,9 bc	39,5 e	57,2 b

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan tidak adanya perlakuan yang diberikan. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT pada taraf nyata 5%.

Hasil uji virulensi menunjukkan perbedaan yang signifikan antara isolat, masing-masing bahan aktif fungisida, dan varietas bawang merah. Intensitas penyakit moler paling tinggi terjadi pada varietas Tuk-tuk yaitu Isolat Byb2 dengan bahan aktif mankozeb sebesar 92,3%. Intensitas penyakit ketiga

isolat pada varietas Tuk-tuk menunjukkan lebih dari 50%. Hasil ini menunjukkan virulensi isolat FOC yang tinggi pada varietas Tuk-tuk. Berbeda dengan varietas Tuk-tuk yang menunjukkan intensitas penyakit pada isolat Byb2 dan isolat Smr3, pada isolat Suc1 data intensitas penyakit yang paling tinggi ada

pada varietas Sumenep. Intensitas penyakit varietas Sumenep rata-rata hampir melebihi 40%. Menurut Kistler (1997), perbedaan tersebut membuktikan bahwa terdapat variasi virulensi FOC yang berasal dari berbagai daerah, *F. oxysporum* merupakan jamur yang mempunyai variasi yang tinggi dalam sifat-sifat fenotipik maupun fisiologisnya. Setiap varietas bawang merah menunjukkan respon yang berbeda-beda terhadap isolat yang diuji.

Dilaporkan bahwa intensitas penyakit moler di lapangan sangat bervariasi yaitu pada kisaran 3,3–81,3% (Wiyatiningsih dkk., 2009; Wiyatiningsih, 2007 dalam Hadiwiyono *et al.*, 2020). Variasi intensitas penyakit disebutkan berkaitan dengan variasi virulensi FOC dan variasi ketahanan varietas bawang merah (Nugroho dkk., 2011). Variasi

virulensi pada FOC disebabkan oleh variasi genetik yang tinggi pada jamur *Fusarium oxysporum* karena *F. oxysporum* mudah mengalami mutasi baik di alam maupun dalam biakan murni (Windels 1992 dalam Nugroho dkk., 2011). Nugroho dkk. (2011) melaporkan bahwa tingkat virulensi *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* berkaitan dengan variasi secara morfologis, fisiologis serta sifat-sifat serologis patogen tersebut. Sementara itu, beberapa studi menunjukkan bahwa varietas bawang merah yang berbeda menunjukkan ketahanan terhadap FOC yang berbeda sehingga menunjukkan adanya variasi ketahanan di antara varietas bawang merah (Wiyatiningsih dkk., 2009; Prakoso *et al.*, 2016; Wijoyo *et al.*, 2020).



Gambar 6. Perbandingan intensitas penyakit pada beberapa perlakuan bahan aktif fungisida setelah 7 MST. (a) Kontrol (-): tanpa inokulasi FOC, (b) Kontrol (+): diinokulasikan dengan FOC non-perlakuan fungisida, (c) Azoksistrobin + Difenokonazol, (d) Klorotalonil, (e) Propineb, dan (f) Mankozeb.

Meskipun isolat-isolat FOC sudah diberikan perlakuan fungisida, tetapi hasil uji menunjukkan bahwa ketiga isolat dapat mengakibatkan penyakit atau menginfeksi tanaman pada kedua varietas, bahkan dengan tingkat intensitas penyakit yang relatif tinggi. Menurut Dharma *et al.* (2024), ketidakpastian penggunaan dosis fungisida oleh petani memberikan pengaruh terhadap patogen. Penggunaan fungisida dosis yang tidak konsisten untuk pengendalian FOC pada bawang merah diduga berkaitan dengan fenomena di mana paparan dosis rendah fungisida justru meningkatkan virulensi FOC atau mengurangi keefektifan pengendalian. Efeknya akan memicu resistensi, dan meningkatkan produksi

konidia sebagai respons stress. Beberapa bahan aktif fungisida yang biasa digunakan oleh petani bawang merah dilaporkan sudah tidak efektif menekan perkembangan penyakit moler di lapangan, seperti halnya FOC isolat Brebes yang disebutkan sudah resisten terhadap fungisida berbahan aktif klorotalonil dan propineb (Simamora, 2021; Poromarto *et al.*, 2023). Sementara itu, Choiruddin *et al.* (2019) menyebutkan bahwa penggunaan agrokimia yang intensif dan adanya perubahan karakter virulensi FOC dilaporkan menjadi penyebab kejadian penyakit moler yang tinggi pada tanaman bawang putih. Di lokasi penelitian, dari hasil wawancara dengan petani menunjukkan hal yang

sama yaitu kejadian penyakit moler yang masih sangat tinggi pada kondisi penggunaan fungisida yang tergolong intensif. Namun, di dalam aplikasinya, petani bawang merah selain umumnya mencampurkan fungisida dengan bahan aktif yang berbeda juga sering menggunakan takaran dosis yang tidak sesuai dengan dosis yang ada pada label. Hal ini diduga memengaruhi ketidakefektifan fungisida yang digunakan karena kejadian penyakit moler yang tetap tinggi.

Salah satu gejala yang disebabkan oleh jamur FOC yaitu terdapat pada pertumbuhan daun. Daun tanaman yang terserang akan mengering dan melintir (Gambar 6). Terdapat perbedaan signifikan antara tinggi tanaman Kontrol (-) yang tidak diinokulasi dengan tanaman Kontrol (+) maupun tinggi tanaman perlakuan. Tinggi tanaman pada Kontrol (-) rata-rata

35,2 cm, sedangkan pada Kontrol (+) hanya 28 cm. Tanaman bawang merah yang paling menunjukkan kerusakan pada daunnya sehingga tinggi tanamannya tidak optimal yaitu pada perlakuan bahan aktif mankozeb pada kedua varietas. Tinggi tanaman paling rendah ditunjukkan pada varietas Sumenep isolat Smr3 bahan aktif mankozeb sebesar 14,3 cm (Tabel 8). Hal ini menunjukkan bahwa infeksi FOC dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Menurut Ibrahim dan Abadi (2023), awal penyakit moler terjadi pada pembusukan umbi sehingga terjadi gangguan metabolisme tanaman, menyebabkan penghambatan pertumbuhan tanaman. Seiring pertumbuhan tanaman penyakit moler ini akan menyebar dan menginfeksi tanaman bawang merah sekitarnya.

Tabel 8. Tinggi tanaman dan berat basah daun kedua varietas bawang merah dengan perlakuan fungisida

Varietas	Perlakuan	Pengaruh perlakuan					
		Isolat Suc1		Isolat Byb2		Isolat Smr3	
		Tinggi tanaman(cm)	Berat basah (g)	Tinggi tanaman (cm)	Berat basah (g)	Tinggi Tanaman (cm)	Berat basah (g)
Tuk-tuk	Kontrol (-)	35,2 a	5,8 a	35,2 a	5,8 a	35,2 a	5,8 a
	Kontrol (+)	28 b	2,5 c	28 b	2,5 c	28 b	2,5 c
	Azoksistrobin +	-	-	18,1 de	1,7 de	-	-
	Difenokonazol	-	-	18,1 de	1,7 de	-	-
	Klorotalonil	21 cd	1,6 ef	15,1 e	1,6 de	16,7 de	1,4 de
	Propineb	18,9 de	1,7 de	19,7 cd	1,4 e	16,4 de	1,5 de
Sumenep	Mankozeb	17,3 ef	1,7 de	15,8 e	1,7 de	15,2 de	1 e
	Kontrol (-)	22,3 c	3,6 b	22,3 c	3,6 b	22,3 c	3,6 b
	Kontrol (+)	17,2 ef	2,2 cd	17,2 de	2,2 cd	17,2 d	2,2 c
	Azoksistrobin +	-	-	16 e	1,6 de	-	-
	Difenokonazol	-	-	16 e	1,6 de	-	-
	Klorotalonil	17,4 ef	1,1 f	15,3 e	1,4 e	15,4 de	1,3 de
Propineb	16,1 ef	1,4 ef	15,1 e	1,3 e	12,2 f	1,7 d	
Mankozeb	15,3 f	1,2 ef	15 e	1 e	14,3 f	1,1 e	

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan tidak adanya perlakuan yang diberikan. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji T-test pada taraf nyata 5%.

SIMPULAN

Semua jenis fungisida prokloraz + propikonazol, azoksistrobin + difenokonazol, propineb, mankozeb, dan klorotalonil masih efektif menghambat pertumbuhan FOC isolat Kecamatan Sucinaraja (Suc1), Kecamatan Bayongbong (Byb2), dan Kecamatan Samarang (Smr) Kabupaten Garut pada konsentrasi anjuran. Fungisida Prokloraz + propikonazol pada ketiga isolat tergolong masih sangat sensitif terhadap FOC pada konsentrasi yang

rendah. Kehati-hatian diperlukan ketika konsentrasi fungisida diturunkan karena fungisida klorotalonil, propineb, dan mankozeb menunjukkan ketidakefektifan untuk mengendalikan ketiga isolat FOC. Ketiga FOC isolat Kecamatan Sucinaraja (Suc1), Kecamatan Bayongbong (Byb2), dan Kecamatan Samarang (Smr3) Kabupaten Garut memiliki virulensi yang tinggi terhadap dua varietas bawang merah (Tuk-tuk dan Sumenep) dengan intensitas penyakit di atas 50%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agathokleous, E. 2022. On the meta-analysis of hormetic effects. *Science of the Total Environment*. 852: 158273. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158273.
- Agrios, GN. 2005. *Plant Pathology*. 5th Ed. Elsevier Academic Press. California.
- Ajmal, M, A Hussain, A Ali, H Chen, and H Lin. 2022. Strategies for controlling the sporulation in *Fusarium* spp. *Journal of Fungi*. 9(1): 10. DOI: 10.3390/jof9010010.
- Amini, J, and DF Sidovich. 2010. The effects of fungicides on *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* associated with fusarium wilt of tomato. *Journal of Plant Protection Research*. 50(2): 172-178. DOI: 10.2478/v10045-010-0029-x.
- Andriani, D, Wiyono S, Widodo. 2017. Sensitivitas *Colletotrichum* spp. pada cabai terhadap benomil, klorotalonil, mankozeb, dan propineb. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(4): 119-126. DOI: 10.14692/jfi.13.4.119.
- Arie, T. 2019. Fusarium diseases of cultivated plants, control, diagnosis, and molecular and genetic studies. *Journal of Pesticide Science*. 44(4): 275-281. DOI: 10.1584/jpestics.J19-03.
- Asrul, Rosmini, A, Rista A, ID Astuti, dan A Yulianto. 2021. Karakterisasi jamur penyebab penyakit busuk pangkal batang (*basal rot*) pada bawang merah (*Allium x wakegi* Araki). *Agri Bali: Agrikultura Journal*. 4(3): 341-350. DOI: 10.37637/ab.v4i3.835.
- Ayu, DT, JD Putuhena, dan DV Pattimahu. 2023. Perilaku petani sawah dalam penanganan pestisida di Desa Waimital, Seram Bagian Barat. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil: Jurnal Ilmu-Ilmu Kehutanan dan Pertanian*. 7(2): 181-192. DOI: 1030598/jhppk.v7i2.10442.
- Bačmaga, M, J Wyszowska, and J Kucharski. 2018. The influence of chlorothalonil on the activity of soil microorganisms and enzymes. *Ecotoxicology* 27. DOI: 10.1007/s10646-018-1968-7.
- Barnett, HL, and BB Hunter. 1987. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Macmillan Publishing Company. New York.
- Bektas, I, and M Kusek. 2019. Phylogenetic and morphological characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* the causal agent of basal rot on onion isolated from Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*. 28(3): 1733-1742.
- Black, L, K Conn, B Gabor, J Kao, and JS Lutton. 2012. Fungal diseases. Pp. 15-16 *In* *Onion Disease Guide: A Practical Guide for Seedmen Growers and Agricultural Advisors* (KE Conn, JS Lutton, SA Rosenberger, Eds.). *Seminis Vegetable Seeds, Inc.* St Louis.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. *Kabupaten Garut dalam Angka 2023*. Badan Pusat Statistik: Kabupaten Garut.
- Choiruddin, MR, Fatawi ZD, and Hadiwiyono. 2019. Virulence and genetic diversity of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* as the cause of root rot in garlic. *Bioteknologi*. 16(1): 31-36. DOI: 10.13057/biotek/c160105.
- Corkley, I, B Fraaije, and N Hawkins. 2022. Fungicide resistance management: Maximizing the effective life of plant protection products. *Plant Pathology*. 71(1): 150-169. DOI: [10.1111/ppa.13467](https://doi.org/10.1111/ppa.13467).
- Degani, O, and B Kalman. 2021. Assessment of commercial fungicides against onion (*Allium cepa*) basal rot disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and *Fusarium acutatum*. *Journal of Fungi*. 7(3): 235. DOI: 10.3390/jof7030235.
- Degani, O, E Dimant, A Gordani, S Graph, and E Margalit. 2022. Prevention and control of *Fusarium* spp., the causal agents of onion (*Allium cepa*) basal rot. *Horticulturae*. 8(11): 1071. DOI: 10.3390/horticulturae8111071.
- Dharma, KS, Suryanti, and A Widiastuti. 2024. Hormesis in pathogenic and biocontrol fungi: From inhibition to stimulation. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 39(2): 281-296. DOI: 10.20961/carakatani.v39i2.83012.
- Flores, FJ, and CD Garzon. 2013. Detection and assessment of chemical hormesis on the radial growth in vitro of oomycetes and fungal plant pathogens. *Dose-Response*. 11: 361-373. DOI: 10.2203/dose-response.12-026.Garzon.
- [FRAC] Fungicide Resistance Action Committee. 2018. *FRAC Code List; Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Codenumbering)*.
- Hadiwiyono, K Sari, and SH Poromarto. 2020. Yields losses caused by basal plate rot (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) in some shallot varieties. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*. 35(2): 250-257. DOI: 10.20961/carakatani.v35i2.26916.
- Herlina, L, B Istiaji, and S Wiyono. 2021. The causal agent of fusarium disease infested shallots in

- Java Islands of Indonesia. E3S Web of Conferences. 232: 03003. DOI: 10.1051/e3sconf/202123 203003.
- Horst, RK. 2008. Westcott's Plant Disease Handbook. 7th Ed. Springer. New York.
- Ibrahim, SGA, dan AL Abadi. 2023. Pengujian agens hayati terhadap penyakit layu fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kecamatan Ciseeng, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Jurnal HPT. 11(4): 163–172. DOI: [10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.4.1](https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.4.1).
- Kalman, B, D Abraham, S Graph, R Perl-Treves, Y Meller Harel, and O Degani. 2020. Isolation and Identification of *Fusarium* spp., the causal agents of onion (*Allium cepa*) basal rot in Northeastern Israel. Biology. 9(4): 69. DOI: 10.3390/biology9040069.
- Kistler, HC. 1997. Genetic diversity in the plant-pathogenic *Fusarium oxysporum*. Phytopathology. 87: 474–478. DOI: 10.1094/phyto.1997.87.4.474.
- Le, D, Audenaert K, and Haesaert G. 2021. *Fusarium* basal rot: Profile of an increasingly important disease in *Allium* spp. Trop Plant Pathol 46: 241–253. DOI: 10.1007/s40858-021-00421-9.
- Marianah, L, AA Nawangsih, A Munif, Giyanto, and ET Tondok. 2024. Variation in symptoms and morphology of *Fusarium* spp. on shallot associated with basal plate rot disease in Brebes District, Central Java Province, Indonesia. Jurnal Biodiversitas. 25(5): 2198–2208. DOI: 10.13057/biodiv/d250538.
- Novitasari, WD, dan A Munif. 2020. Potensi beberapa isolat bakteri endofit untuk biokontrol *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada tanaman bawang merah. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 16(5): 227–234. DOI: 10.14692/jfi.16.5.227–234.
- Nugroho, B, D Astriani, dan W Mildaryani. 2011. Variasi virulensi isolat *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* pada beberapa varietas bawang merah. Agrin. 15(1): 8-17. DOI: 10.20884/1.agrin.2011.15.1.114.
- Nuwamanya, AM, S Runo, and M Mwangi. 2023. Farmers' perceptions on tomato early blight, fungicide use factors and awareness of fungicide resistance: Insights from a field survey in Kenya. PLoS ONE 18(1): e0269035. DOI: 10.1371/journal.pone.0269035.
- Olsvik, PA, F Kroglund, B Finstad, and T Kristensen. 2010. Effects of the fungicide azoxystrobin on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) Smolt. Ecotoxicology and Environmental Safety. 73(8): 1852-1861. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2010.07.017.
- [PW Research]. Provost & Wallert Research. 2015. Hemocytometer Cell Counting Protocol. Investigating the Biochemistry & Cellular Physiology of NHE1. Available online at <https://home.sandiego.edu/~josephprovost/Hemocytometer%20Cell%20Counting%20Protocol.pdf> (accessed 1 March 2023).
- Poromarto, SH, Hadiwiyono, Supyani, Supriyadi, and FI Permatasari. 2023. Fungicide resistance of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. isolated from shallots in Brebes. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. DOI: 10.1088/1755-1315/1180/1/012033.
- Prakoso, EB, S Wiyatiningsih, dan H Nirwanto. 2016. Uji ketahanan berbagai kultivar bawang merah (*Allium ascalonicum*) terhadap infeksi penyakit moler (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*). Plumula. 5(1): 10–20.
- Rodrigues, ML. 2018. The multifunctional fungal ergosterol. mBio. 9(5): e01755-18. DOI: 10.1128/mBio.01755-18.
- Rosanti, KT, IR Sastrahidayat, dan AL Abadi. 2014. Pengaruh jenis air terhadap perkecambahan spora jamur *Colletotrichum capsici* pada cabai dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersicii* pada tomat. Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan). 2(3): 109–120.
- Shamyuktha, J, J Sheela, N Rajinimala, BM Jeberlinprabina, and C Ravindran. 2020. Survey on onion basal rot disease incidence and evaluation of aggregatum onion (*Allium cepa* L. Var. *Aggregatum* Don.) genotypes against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 9(7): 529–536. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.9 07.058.
- Sholeh, MI, dan SD Nurcahyanti. 2023. Perkembangan penyakit moler (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*) pada sentra produksi bawang merah di Kabupaten Probolinggo. Berkala Ilmiah Pertanian. 6(2): 56–62. DOI: 10.19184/bip.v6i2.35392.
- Simamora, DY. 2021. Pengendalian Penyakit Moler pada Bawang Merah dengan Menggunakan Fungisida. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Suganda, T, INC Simarmata, Y Supriyadi, dan E Yulia. 2019. Uji in-vitro kemampuan ekstrak

- metanol bunga dan daun tanaman kembang telang (*Clitoria ternatea* L.) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Jurnal Agrikultura. 30(3): 109–116. DOI: 10.24198/agrikultura.v30i3.24031.
- Suganda, T, P Komalasari, E Yulia, dan WD Natawigena. 2020. Uji in vitro keefektifan ekstrak air daun dan bunga kembang telang (*Clitoria ternatea* L.) terhadap jamur *Alternaria solani* penyebab penyakit bercak coklat pada tanaman tomat. Jurnal Agrikultura. 31(2): 88–96. DOI: 10.24198/agrikultura.v31i2.28909.
- Sumardiyono, C. 2008. Ketahanan jamur terhadap fungisida di Indonesia. Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. 14(1): 1–5. DOI: 10.22146/jpti.11869.
- Supriyadi, A, I Rochdjatun, dan S Djauhari. 2013. Kejadian penyakit pada tanaman bawang merah yang dibudidayakan secara vertikultur di Sidoarjo. Jurnal HPT. 1(3): 27–40.
- Susanti, AD. 2018. Evaluasi Aplikasi Pestisida pada Pertanaman Bawang Merah di Kabupaten Brebes. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Widiastuti, A, W Agustina, A Wibowo, dan C Sumardiyono. 2011. Uji efektivitas pestisida terhadap beberapa patogen penyebab penyakit penting pada buah naga (*Hylocereus* sp.) secara *in vitro*. Jurnal Perlindungan Tanaman. 17(2):73-76. DOI: 10.22146/jpti.9828.
- Wijoyo, RB, E Sulistyarningsih, and A Wibowo. 2020. Growth, yield and resistance responses of three cultivars on true seed shallots to twisted disease with salicylic acid application. Journal of Sustainable Agriculture. 35(1): 1–11. DOI: 10.20961/carakatani.v35i1.30174.
- Wiyatiningsih, S, A Wibowo, EP dan Triwahyu. 2009. Tanggapan tujuh kultivar bawang merah terhadap infeksi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* penyebab penyakit moler. Jurnal Pertanian Mapeta. 12(1): 1-12.
- Zhang, R, Zhang Y, Xu Q, Li J, Zhu F. 2019. Hormetic effects of mixtures of dimethachlone and prochloraz on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*. 103(3):546-554. DOI: 10.1094/PDIS-06-18-1071-RE.
- Zhang, Y, B Zhang, C Luo, Y Fu, and F Zhu. 2021. Fungicidal actions and resistance mechanisms of prochloraz to *Penicillium digitatum*. *Plant Disease*. 105(2): 408–415. DOI: 10.1094/PDIS-05-20-1128-RE.