

Potensi Mikrob Endofit dalam Menekan Penyakit Busuk Umbi pada Tanaman Bawang Merah

Potential of Endophytic Microbes in Suppressing Basal Rot Disease in Shallot Plants

Rahmah Dian Sari¹, Efi Toding Tondok^{1*},
Diny Dinarti², Sri Hendrastuti Hidayat¹

¹Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus Dramaga, Bogor 16680

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Meranti, Kampus Dramaga, Bogor 16680

(diterima Maret 2024, disetujui Mei 2024)

ABSTRAK

Bawang merah adalah salah satu komoditas hortikultura unggulan di Indonesia. Salah satu kendala produksi bawang merah di Indonesia adalah penyakit busuk pangkal yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*. Beberapa mikrob endofit telah dilaporkan perannya sebagai agens hayati dan efektif menekan penyakit tanaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan *Bacillus siamensis*, *Chaetomium* sp., *Curvularia lunata*, dan *Trichoderma asperellum* dalam menekan pertumbuhan *F. oxysporum*. Mikrob endofit merupakan koleksi Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Pengujian secara *in vitro* dilakukan dengan metode uji koloni ganda dan uji produksi senyawa organik volatil (SOV) anticendawan dengan metode tangkup. Pengujian SOV dilakukan pada medium ADK dan TSA dengan tingkat konsentrasi, yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Uji *in vivo* dilakukan dengan menanam umbi bawang merah setelah direndam dalam suspensi mikrob endofit, kemudian dilakukan inokulasi *F. oxysporum* pada 1 minggu setelah tanam. Hasil uji koloni ganda menunjukkan hambatan sebesar 51.41% (*B. siamensis*), 71.04% (*Chaetomium* sp.), 63.45% (*C. lunata*), dan 74.55% (*T. asperellum*), sedangkan uji produksi SOV menunjukkan nilai THR yaitu 34.45% (*B. siamensis*), 14.53% (*Chaetomium* sp.), 36.53% (*C. lunata*), dan 42.57% (*T. asperellum*). Penghambatan insidensi penyakit oleh mikrob endofit pada uji *in vivo* berkisar 60.00% sampai dengan 73.33%.

Kata kunci: anticendawan, *Fusarium oxysporum*, senyawa organik volatil, uji koloni ganda

ABSTRACT

Shallots are one of the leading horticultural commodities in Indonesia. One of the constraints on shallot production in Indonesia is basal rot disease caused by *Fusarium oxysporum*. Several endophytic microbes have been reported to play a role as biological agents and effectively suppress plant diseases. This study aims to determine the ability of *Bacillus siamensis*, *Chaetomium* sp., *Curvularia lunata*, and *Trichoderma asperellum* to suppress the growth of *F. oxysporum*. The endophytic microbes are collection of Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, IPB University. *In vitro* assay was carried out using dual culture assay and production of antifungal volatile organic compounds (VOC)

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680.
Tel: +62 251 8629364, Faks: +62 251 8629364, Surel: etondok@apps.ipb.ac.id

assay. VOC assay was conducted on PDA and TSA medium with concentration levels of 20%, 40%, 60%, 80%, and 100%. *In vivo* assay was conducted by planting shallot bulbs after soaking in the endophytic microbial suspension, followed by inoculation of *F. oxysporum* at 1 week after planting. Inhibition of the growth of *F. oxysporum* on dual culture assay reached 51.41% (*B. siamensis*), 71.04% (*Chaetomium* sp.), 63.45% (*C. lunata*), and 74.55% (*T. asperellum*); while VOC assay also indicated inhibition by endophytic microbes with relative inhibition level of 34.45% (*B. siamensis*), 14.53% (*Chaetomium* sp.), 36.53% (*C. lunata*), and 42.57% (*T. asperellum*). Suppression of disease incidence by endophytic microbes reached 60.00% to 73.33%.

Keywords: antifungal, dual culture assay, *Fusarium oxysporum*, volatile organic compound

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan yang banyak digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bumbu masakan dan bahan obat tradisional. Budi daya bawang merah di Indonesia mengalami beberapa kendala yang menyebabkan rendahnya produksi bawang merah, di antaranya menurunnya kesuburan lahan, sistem drainase yang kurang baik, dan penggunaan pupuk dan pestisida yang tidak sesuai anjuran (tidak tepat takaran dan tidak tepat waktu) (Kasimin 2013; Suarjana *et al.* 2015; Anis *et al.* 2023). Selain itu, kualitas benih yang digunakan petani juga berkontribusi terhadap keberhasilan produksi. Umumnya petani menggunakan umbi hasil panen sebelumnya sebagai benih untuk tanam selanjutnya dan hal tersebut terjadi secara berulang-ulang sehingga kualitas benih menurun (Darwis *et al.* 2004). Beberapa penyakit bawang merah dilaporkan bersifat tular umbi, sehingga umbi yang berasal dari musim tanam sebelumnya dapat menjadi sumber inokulum penyakit.

Salah satu penyakit yang dapat memengaruhi produksi bawang merah ialah penyakit busuk umbi atau 'moler' yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*. Penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil sebanyak 50% (Novitasari dan Munif 2020). Infeksi awal oleh *F. oxysporum* terjadi pada bagian batang dan akar dekat dengan permukaan tanah dan menyebabkan terganggunya transportasi hara dan air. Infeksi lebih lanjut *F. oxysporum* mengakibatkan daun mengering dan meliuk (*twisting*), klorosis, serta tanaman menjadi

layu karena terjadinya pembusukan pada umbi (Asrul *et al.* 2021).

Pengendalian untuk menangani penyakit moler di antaranya perlakuan tanah sebelum penanaman, penggunaan varietas tahan, pergiliran tanaman, penggunaan fungisida dan aplikasi agens hayati (Novitasari dan Munif 2020). Cendawan dan bakteri endofit tergolong mikrob yang potensial untuk digunakan sebagai agens hayati. Cendawan endofit yang diisolasi dari tanaman vanili mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* dengan mekanisme sebagai mikoparasit (Sukapiring *et al.* 2016). Candrawati *et al.* (2018) menunjukkan bahwa bakteri endofit menghasilkan senyawa yang bersifat anticendawan yang mampu menekan pertumbuhan *F. oxysporum* yang menginfeksi kelapa sawit. Pengujian cendawan dan bakteri endofit dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui kemampuannya dalam menekan pertumbuhan *F. oxysporum* yang menginfeksi bawang merah.

BAHAN DAN METODE

Isolasi *Fusarium oxysporum*

Isolat *F. oxysporum* diperoleh dari tanaman bawang merah dengan gejala moler yang ditanam di Kebun Percobaan *Teaching Farm* IPB di Cikarawang, Dramaga, Bogor. Bagian umbi bawang merah dicuci bersih dengan air mengalir, lalu dibuat potongan dengan ukuran ± 1 cm di bagian perbatasan antara jaringan yang bergejala dan sehat. Sterilisasi permukaan umbi dilakukan menggunakan NaOCl 1% dan alkohol 70% sebelum umbi ditumbuhkan pada medium agar-agar air mengikuti metode Isniah dan Widodo (2015). Setelah 2-3 hari

dilanjutkan dengan pemurnian isolat pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) hingga diperoleh isolat murni.

Uji Koloni Ganda

Mikrob endofit yang digunakan pada penelitian ini adalah cendawan endofit koleksi Laboratorium Mikologi Tumbuhan, IPB dan bakteri endofit koleksi Laboratorium Nematologi Tumbuhan, IPB. Tiga isolat cendawan endofit yang digunakan adalah *Trichoderma asperellum* (BR32C), *Chaetomium* sp. (VNTB1), dan *Curvularia lunata* (EAGS14) dan isolat-isolat tersebut telah didepositkan di IPB Culture Collection (IPBCC) dengan nomor sertifikat 344/IPBCC/12/2022. Bakteri endofit yang digunakan ialah *Bacillus siamensis* (APE35). Uji koloni ganda untuk bakteri dan cendawan endofit dilakukan pada medium ADK. Pengujian untuk bakteri endofit dilakukan dengan menggoreskan bakteri endofit pada bagian tengah medium ADK, kemudian di sisi kiri dan kanan diinokulasi dengan *F. oxysporum* dengan jarak 3 cm. Pengujian cendawan endofit dilakukan dengan cara menginokulasi cendawan endofit pada bagian kiri dan *F. oxysporum* pada bagian kanan medium ADK dengan jarak 3 cm, pada cawan petri berdiameter ±9 cm. Pengamatan dilakukan selama 7 hari untuk menentukan daya penghambatan bakteri dan cendawan endofit terhadap *F. oxysporum*. Penghitungan daya penghambatan mengikuti rumus Skidmore (1976) berikut

$$I = \frac{(r1 - r2)}{r1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

I, persentase hambatan; r1, jari-jari koloni *F. oxysporum* pada perlakuan kontrol; dan r2, jari-jari koloni *F. oxyporum* pada perlakuan mikrob endofit.

Uji Produksi Senyawa Organik Volatil (SOV) Anticendawan

Pengujian dilakukan menggunakan mikrob endofit yang sama dengan uji kultur ganda. Pengujian menggunakan cawan petri dengan ukuran diameter ±9 cm, yaitu dengan menangkup cawan petri. Koloni *F. oxyporum* yang ditumbuhkan pada medium ADK diletakkan

pada bagian atas; sedangkan koloni cendawan endofit dan bakteri endofit diletakkan pada bagian bawah, berturut-turut ditumbuhkan pada medium ADK dan medium *tryptic soy agar* (TSA) dengan tingkat konsentrasi medium 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Pengamatan dilakukan selama 7 hari untuk menentukan daya penghambatan bakteri dan cendawan endofit terhadap *F. oxysporum*. Penghitungan daya penghambatan mengikuti rumus Yuan *et al.* (2012) sebagai berikut:

$$\text{THR} = \frac{(\text{DK} - \text{DP})}{\text{DK}} \times 100\%, \text{ dengan}$$

THR, tingkat hambatan relatif (%); DK, diameter koloni *F. oxysporum* pada perlakuan kontrol (cm); dan DP, diameter koloni *F. oxysporum* pada perlakuan mikrob endofit (cm).

Uji Penghambatan Penyakit oleh Mikrob Endofit secara *In vivo*

Pengujian dilakukan menggunakan mikrob endofit yang sama dengan pengujian sebelumnya. Cendawan endofit ditumbuhkan pada medium cair kentang dekstrosa, sedangkan bakteri endofit ditumbuhkan pada medium *trypticase soya broth*. Setelah ±7 hari dilakukan penyaringan untuk memisahkan hifa dan konidium, yaitu menggunakan kertas saring. Suspensi hasil penyaringan digunakan untuk perlakuan umbi bawang merah kultivar Bima Brebes. Umbi bawang merah terlebih dahulu direndam berturut-turut dalam NaOCl 2% selama 1 menit, alkohol 70% selama 1 menit, dan fungisida dengan bahan aktif mancozeb sebanyak 2 g L⁻¹ selama 1 malam kemudian dibilas dengan air steril sebanyak tiga kali untuk sterilisasi permukaan. Selanjutnya umbi bawang merah direndam dalam suspensi mikrob endofit selama ±5 jam, lalu ditanam pada media tanah steril. Pada 1 MST dilakukan inokulasi *F. oxysporum*. Koloni *F. oxysporum* disiapkan dengan cara ditumbuhkan pada medium ADK selama 7 hari, dipotong-potong dengan ukuran 5 x 5 cm², kemudian diinokulasikan dengan cara meletakkan potongan medium agar yang mengandung koloni *F. oxysporum* di sekitar akar tanaman bawang merah mengikuti metode Hemon *et al.* (2015).

Insidensi penyakit (IP) dan tingkat hambatan relatif (THR) dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%;$$

$$THR = \frac{(IP_k - IP_p)}{IP_k} \times 100\%, \text{ dengan}$$

IP, insidensi penyakit; n, jumlah tanaman bergejala; N, jumlah seluruh tanaman yang diamati; THR, tingkat hambatan relatif; IP_k, insidensi penyakit pada kontrol; dan IP_p, insidensi penyakit pada perlakuan.

HASIL

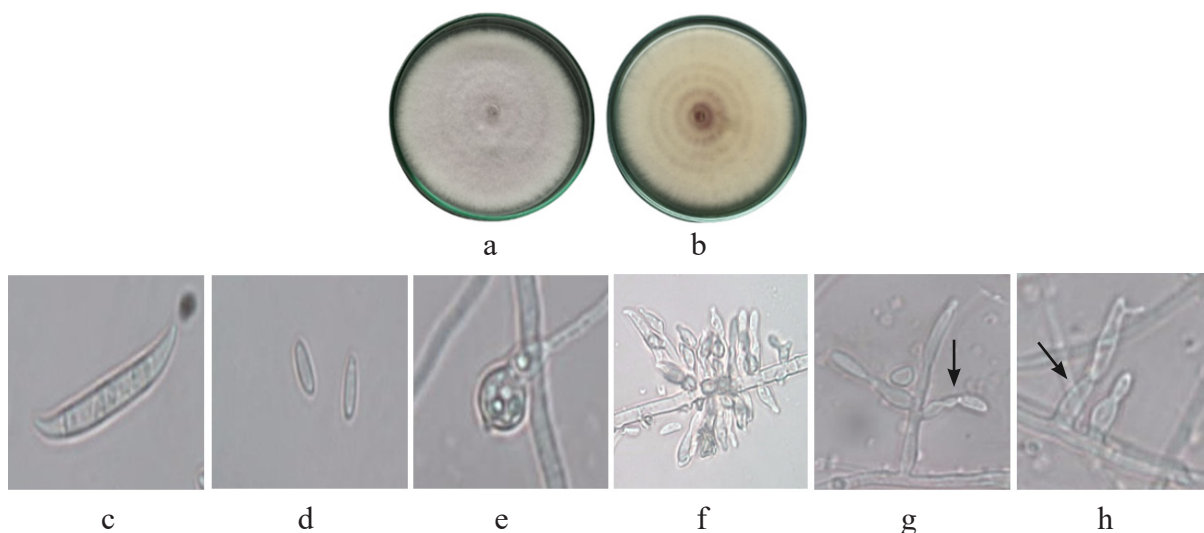
Karakter Morfologi Isolat *Fusarium oxysporum*

Koloni *F. oxysporum* yang tumbuh pada medium ADK berwarna ungu pada bagian atas dan ungu keputihan pada bagian bawah dengan bentuk koloni bulat. Diameter koloni mencapai 8.9 cm dengan hifa berbentuk seperti benang dan menyebar merata pada medium tumbuh (Gambar 1a–1b). Makrokonidia dan mikrokonidia ditemukan melalui pengamatan mikroskopis (Gambar 1c–1e). Bentuk makrokonidia melengkung dan berujung

runcing, terdiri atas 2-3 sekat dan memiliki ukuran sebesar 15.57–23.41 μm; sedangkan mikrokonidia berbentuk oval dengan ukuran 9.5–11.15 μm. Pada pengamatan hari ke-10 ditemukan klamidospora, sporodokium dan konidiofor, konidium, dan fialid (Gambar 1f–1h). Sekuens *F. oxysporum* telah didaftarkan di GenBank dengan nomor akses LC794502.

Kemampuan Mikrob Endofit dalam Menghambat Pertumbuhan Koloni *Fusarium oxysporum*

Mikrob endofit menunjukkan interaksi yang berbeda-beda terhadap *F. oxysporum*. Zona bening yang terbentuk di antara pertumbuhan koloni *B. siamensis* dan *F. oxysporum* menandakan terjadinya mekanisme antibiosis (Gambar 2b). Pengamatan mikroskopis pada perlakuan bakteri *B. siamensis* menunjukkan hifa *F. oxysporum* banyak mengalami bengkak dan juga lisis (Gambar 3b–3c). Pengamatan koloni pada perlakuan *Chaetomium* sp. menunjukkan bahwa hifa *F. oxysporum* mengalami penipisan dan hifa tampak terhambat sehingga tidak dapat berkembang dengan baik (Gambar 2d). Demikian pula, perlakuan *C. lunata* mengakibatkan hifa *F. oxysporum*

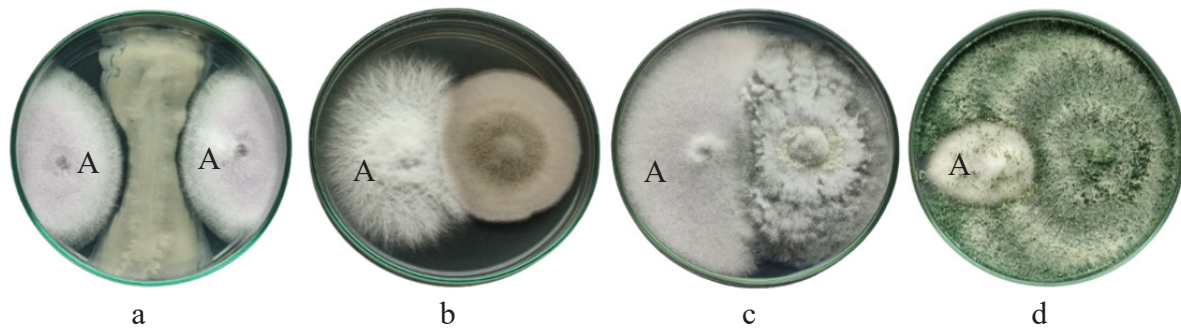


Gambar 1 Koloni dan morfologi *Fusarium oxysporum*. a dan b, berturut-turut koloni tampak depan dan belakang; c, makrokonidium; d, mikrokonidia; e klamidospora; f, kumpulan konidiofor; g, konidium pada fialid; dan h, fialid.

(Figure 1 Colony and morphological characteristics of *Fusarium oxysporum*. a and b, consecutive colony obverse and reverse views; c, macroconidium; d, microconidia; e chlamydospores; f, conidiophores; g, conidium on phialid; and h, phialids).

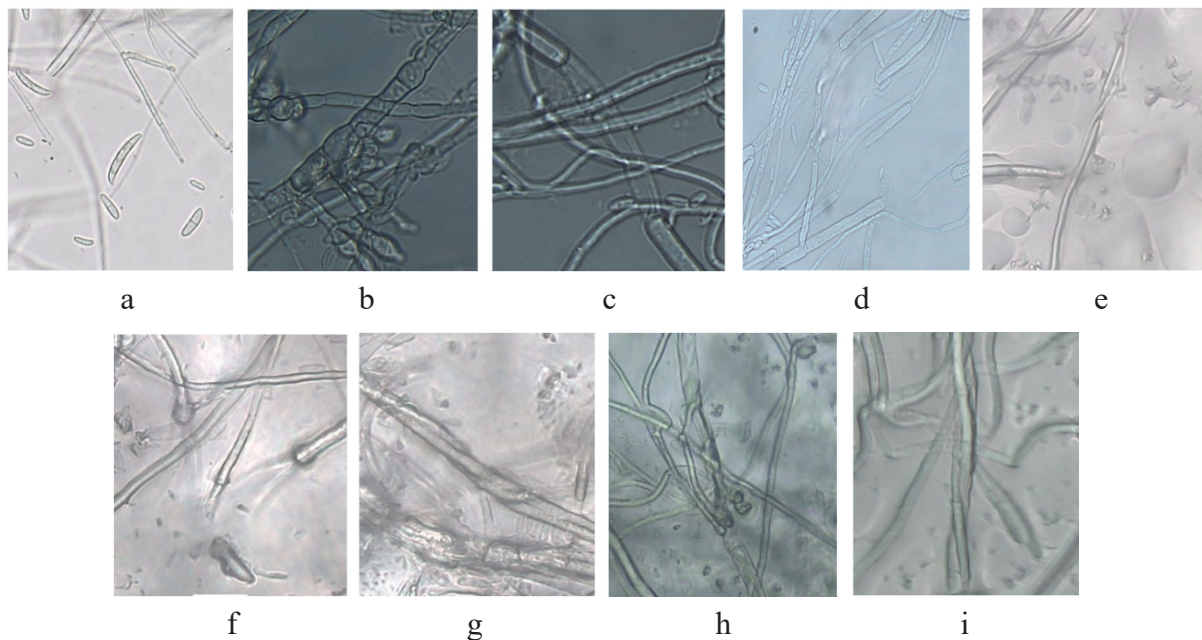
tumbuh tipis (Gambar 2c). Perlakuan *T. asperellum* dengan *F. oxysporum* menunjukkan kompetisi ruang dan nutrisi sehingga mengakibatkan pertumbuhan *F. oxysporum* terhambat (Gambar 2e). Pengamatan mikroskopis

pada perlakuan cendawan *Chaetomium* sp., *C. lunata*, dan *T. asperellum* menunjukkan lebih jelas bahwa hifa *F. oxysporum* mengalami lisis (Gambar 3d–3i). Di antara ketiganya, perlakuan *Chaetomium* sp. menyebabkan



Gambar 2 Interaksi antara *Fusarium oxysporum* dengan mikrob endofit pada uji kultur ganda. A, *Fusarium oxysporum*; a, *Bacillus siamensis*; b, *Curvularia lunata*; c, *Chaetomium* sp.; dan d, *Trichoderma asperellum*.

(Figure 2 Interaction between *Fusarium oxysporum* and endophytic microbes in dual culture assay. A, *F. oxysporum*; a, *Bacillus siamensis*; b, *Curvularia lunata*; c, *Chaetomium* sp.; and d, *Trichoderma asperellum*).



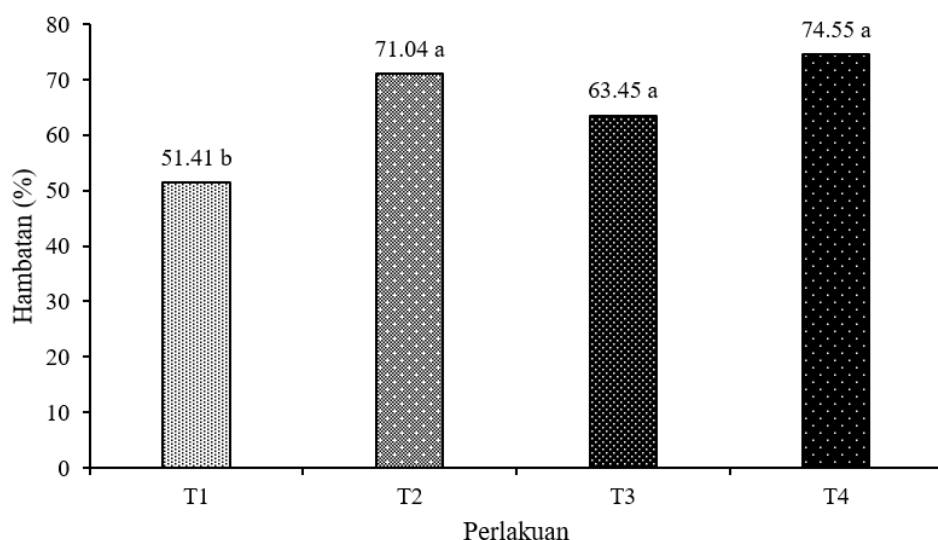
Gambar 3 Mekanisme mikrob endofit dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* *in vitro*. a, hifa normal; b, hifa membengkak; c, d, f, dan h, lisis; e, g, dan i, hiperparasit. Hifa membengkak disebabkan oleh *Bacillus siamensis*; hifa lisis disebabkan oleh *B. siamensis*, *Chaetomium* sp., *Curvularia lunata*, dan *Trichoderma asperellum*; dan hiperparasit disebabkan oleh, *Chaetomium* sp., *C. lunata*, dan *T. asperellum*.

(Figure 3 Mechanisms of endophytic microbes against *Fusarium oxysporum* *in vitro*. a, normal hyphae; b, swollen hyphae; c, d, f, and h, lysis; e, g, and i, hyperparasite. Swollen hyphae were caused by *Bacillus siamensis*; lysis of hyphae were caused by *B. siamensis*, *Chaetomium* sp., *Curvularia lunata*, and *Trichoderma asperellum*; and hyperparasite were caused by *Chaetomium* sp., *C. lunata*, and *T. asperellum*).

lisis yang paling kuat. Pengukuran tingkat hambatan pada uji koloni ganda berturut-turut sebesar 51.41%, 71.04%, 63.45%, dan 74.55% untuk perlakuan *B. siamensis*, *Chaetomium* sp., *C. lunata* dan *T. asperellum* (Gambar 4).

Tingkat penghambatan senyawa organik volatil yang dikeluarkan oleh mikroba endofit

yang diuji terhadap pertumbuhan *F. oxysporum* menunjukkan hasil yang bervariasi (Tabel 1). Tingkat penghambatan oleh *B. siamensis* tidak berbeda nyata pada perlakuan konsentrasi medium yang berbeda. Nilai THR tertinggi, yaitu 34.45% diperoleh pada konsentrasi medium 100%. Tingkat penghambatan oleh



Gambar 4 Penghambatan oleh mikroba endofit terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada hari ke-7 pada uji koloni ganda. T1, *Bacillus siamensis*; T2, *Chaetomium* sp.; T3, *Curvularia lunata*; dan T4, *Trichoderma asperellum*.

(Figure 4 Inhibition by endophytic microbes on the growth of *Fusarium oxysporum* on day 7 in dual culture assay. T1, *Bacillus siamensis*; T2, *Chaetomium* sp.; T3, *Curvularia lunata*; and T4, *Trichoderma asperellum*).

Tabel 1 Tingkat hambatan relatif mikroba endofit terhadap *Fusarium oxysporum* pada hari ke-7 berdasarkan uji senyawa organik volatil

(Table 1 Inhibition rate of endophytic microbes against *Fusarium oxysporum* on day 7 based on volatile organic compounds assay)

Konsentrasi medium ADK/TSA (Concentration of PDA/TSA medium) (%)	Tingkat hambatan relatif (Inhibition rate) (%)*			
	<i>Bacillus siamensis</i>	<i>Chaetomium</i> sp.	<i>Curvularia lunata</i>	<i>Trichoderma asperellum</i>
20	12.27 ± 5.27 a	14.53 ± 3.58 a	35.23 ± 8.03 a	34.03 ± 5.56 a
40	31.06 ± 7.14 a	12.49 ± 5.98 a	29.45 ± 8.65 a	42.57 ± 5.38 b
60	30.96 ± 13.18 a	14.01 ± 3.01 a	36.53 ± 4.37 a	31.98 ± 6.45 b
80	24.88 ± 7.63 a	14.03 ± 3.85 a	19.46 ± 7.63 a	31.88 ± 0.83 ab
100	34.45 ± 14.35 a	12.90 ± 4.81 a	32.31 ± 5.78 a	38.63 ± 1.54 b

ADK, agar-agar dekstrosa kentang; TSA, tryptic soy agar.

*Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf uji 5%.

(PDA, potato dextrose agar; TSA, tryptic soy agar.

*Values in the same column followed by the same letter are not significantly different based on the Tukey test at the 5% level).

Chaetomium sp. dan *C. lunata* juga tidak berbeda nyata pada perlakuan konsentrasi medium yang berbeda. Nilai THR tertinggi, yaitu 14.53% dan 36.53% diperoleh berturut-turut pada konsentrasi medium 20% untuk *Chaetomium* sp. dan 60% untuk *C. lunata*. Tingkat penghambatan oleh *T. asperellum* pada konsentrasi medium 20% berbeda nyata pada semua perlakuan, kecuali pada konsentrasi medium 80%. Nilai THR tertinggi yaitu 42.57% pada konsentrasi medium 40%.

Kemampuan Mikrob Endofit dalam Menekan Infeksi *Fusarium oxysporum* pada Tanaman Bawang Merah

Aplikasi mikrob endofit pada tanaman bawang merah menyebabkan pengaruh yang berbeda-beda terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan kelebatan akar (Tabel 2). Pengamatan tinggi tanaman menunjukkan bahwa perlakuan yang tidak diinokulasi dengan *F. oxysporum* tidak berbeda nyata dengan semua perlakuan, sedangkan perlakuan yang diinokulasi dengan *F. oxysporum* dan perlakuan yang diinokulasi *T. asperellum* berbeda nyata dengan perlakuan

yang diinokulasi *Chaetomium* sp. dan perlakuan yang diinokulasi *B. siamensis*. Rata-rata tinggi tanaman terbaik terjadi pada perlakuan diinokulasi *Chaetomium* sp. dan *B. siamensis* yaitu berturut-turut mencapai 8.12 dan 8.11 cm. Pengamatan rata-rata jumlah daun menunjukkan bahwa perlakuan yang diinokulasi *F. oxysporum* berbeda nyata dengan perlakuan yang diinokulasi *B. siamensis* dan *Chaetomium* sp., tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan yang tidak diinokulasi *F. oxysporum*, *C. lunata*, dan *T. asperellum*. Pengamatan rata-rata jumlah daun menunjukkan bahwa perlakuan terbaik ialah pada perlakuan *B. siamensis* dengan jumlah 9.31 helai. Pengamatan akar tanaman bawang merah menunjukkan pertumbuhan akar yang paling banyak (lebat) terjadi pada perlakuan yang diinokulasi *T. asperellum*, sedangkan pertumbuhan akar yang paling sedikit (tipis) terjadi pada perlakuan yang diinokulasi *F. oxysporum*.

Insidensi penyakit yang disebabkan oleh *F. oxysporum* mencapai 75% pada perlakuan yang diinokulasi *F. oxysporum*; sementara insidensi penyakit pada perlakuan yang tidak

Tabel 2 Pengaruh mikrob endofit terhadap pertumbuhan tanaman bawang merah*
(Table 2 The effects of endophytic microbes on the growth of shallot plant)

Perlakuan** (Treatment)	Tinggi tanaman (Plant height) cm	Jumlah daun (Number of leaves) (helai/leaves)	Lebat akar (Bushy roots)
T0	6.89 ± 3.81 ab***	5.07 ± 2.23 bc	++
T1	5.85 ± 3.24 b	3.99 ± 1.22 c	+
T2	8.12 ± 5.01 a	7.06 ± 3.08 ab	+++
T3	6.64 ± 3.59 ab	4.86 ± 1.77 bc	++
T4	8.11 ± 4.00 a	9.31 ± 3.01 a	+++
T5	5.37 ± 3.17 b	4.86 ± 2.55 bc	+++++

*Pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan kelebatan akar dilakukan 7 hari setelah perlakuan mikrob endofit.

**T0, Tanpa inokulasi *Fusarium oxysporum* dan mikrob endofit; T1, inokulasi *F. oxysporum*, T2, inokulasi *Chaetomium* sp. dan *F. oxysporum*; T3, inokulasi *Curvularia lunata* dan *F. oxysporum*; T4, inokulasi *Bacillus siamensis* dan *F. oxysporum*; T5, inokulasi *Trichoderma asperellum* dan *F. oxysporum*.

***Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf uji 5%.

(*Observations of plant height, number of leaves, and bushy roots were carried out 7 days after endophytic microbial treatment.

**T0, Without inoculation of *Fusarium oxysporum* and endophytic microbes; T1, inoculation of *F. oxysporum*, T2, inoculation of *Chaetomium* sp. and *F. oxysporum*; T3, inoculation of *Curvularia lunata* and *F. oxysporum*; T4, inoculation of *Bacillus siamensis* and *F. oxysporum*; T5, inoculation of *Trichoderma asperellum* and *F. oxysporum*.

***Values in the same column followed by the same letter are not significantly different based on the Tukey test at the 5% level).

diinokulasi *F. oxysporum*, *Chaetomium* sp., *T. asperellum* sebesar 20% dan pada perlakuan yang diinokulasi *C. lunata* dan inokulasi *B. siamensis* sebesar 30% (Tabel 3). Nilai THR pada semua perlakuan tidak berbeda nyata (Tabel 3). Nilai THR pada masing-masing perlakuan yang diinokulasi *Chaetomium* sp., *C. lunata*, *B. siamensis*, dan *T. asperellum* berturut-turut ialah 73.33%, 60.00%, 60.00%, dan 73.33%. Perlakuan yang menyebabkan penghambatan tertinggi ialah yang diinokulasi *Chaetomium* sp. dan inokulasi *T. asperellum*.

PEMBAHASAN

Bawang merah kultivar Bima Brebes merupakan salah satu genotipe yang paling banyak dibudidayakan oleh petani bawang merah terutama di daerah Brebes, Jawa Tengah. Dibandingkan kultivar-kultivar bawang merah lainnya, kultivar Bima Brebes memiliki karakteristik ukuran daun lebih kecil, warna daun lebih hijau pucat, ukuran dan bobot umbi lebih kecil, warna umbi agak kemerahan (Sakti *et al.* 2017). Penelitian Basuki *et al.* (2014) menyatakan bahwa petani menyukai

bawang merah kultivar Bima Brebes karena kultivar tersebut memiliki kualitas yang paling baik, ukuran umbi sedang/besar, tingkat kepedasan yang tinggi, jumlah anakan mencapai 7 anakan per rumpun, dan hasil produksi per tahun mencapai 16.03 ton ha⁻¹. Kultivar bawang merah ini diketahui rentan terhadap penyakit busuk umbi 'moler'. Penelitian Aprilia *et al.* (2020) di daerah Brebes menemukan insidensi penyakit moler pada bawang merah mencapai 100% dengan laju infeksi penyakit 0.04 unit per hari. Insidensi penyakit busuk umbi terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Pemanfaatan mikrob endofit sebagai agens pengendali hayati penyakit 'moler' dievaluasi pada penelitian ini.

Hasil uji koloni ganda menunjukkan bahwa mikrob endofit mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* melalui mekanisme anticendawan seperti lisis, antibiosis, hiperparasitisme, dan kompetisi. Suryanarayanan *et al.* (2009) menyatakan bahwa mikrob endofit menghasilkan beberapa senyawa metabolit fungsional yang termasuk dalam kelompok terpenoids, steroids, xanthones, chinones, phenol,

Tabel 3 Insidensi penyakit pada bawang merah setelah 2 minggu inokulasi *Fusarium oxysporum* dan tingkat hambatan relatif oleh beberapa perlakuan mikrob endofit

(Table 3 Disease incidence on shallot after 2 weeks of *Fusarium oxysporum* inoculation and inhibition rate by endophytic microbes treatments)

Perlakuan (Treatment)*	Insidensi penyakit (Disease incidence) (%)	Tingkat hambatan relatif (Relative Inhibition rate) (%)
T0	20 b**	-
T1	75 a	0.00 b
T2	20 b	73.33 a
T3	30 b	60.00 a
T4	30 b	60.00 a
T5	20 b	73.33 a

*T0, Tanpa inokulasi *F. oxysporum* dan mikrob endofit; T1, inokulasi *F. oxysporum*, T2, inokulasi *Chaetomium* sp. dan *F. oxysporum*; T3, inokulasi *Curvularia lunata* dan *F. oxysporum*; T4, inokulasi *Bacillus siamensis* dan *F. oxysporum*; dan T5, inokulasi *Trichoderma asperellum* dan *F. oxysporum*.

**Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf uji 5%.

(*T0, Without inoculation of *F. oxysporum* and endophytic microbes; T1, inoculation of *F. oxysporum*, T2, inoculation of *Chaetomium* sp. and *F. oxysporum*; T3, inoculation of *Curvularia lunata* and *F. oxysporum*; T4, inoculation of *Bacillus siamensis* and *F. oxysporum*; and T5, inoculation of *Trichoderma asperellum* and *F. oxysporum*.

**Values in the same column followed by the same letter are not significantly different based on the Tukey test at the 5% level).

isocoumarins, benzopyranones, tetralones, cytochasines, dan enniatines yang dapat berperan sebagai anticendawan. Dilaporkan oleh Jahuddin *et al.* (2018) bahwa *Bacillus* spp. menghasilkan senyawa bioaktif (surfactin, fengycin, dan iturin) yang bersifat toksik dan anticendawan. Demikian pula Sunarwati dan Yoza (2010); dan Dendang (2015) menyatakan bahwa cendawan endofit dapat menyebabkan hifa patogen mengalami lisis karena adanya peran dari enzim β -(1,3) glukukanase dan kitinase yang menyebabkan hancurnya dinding sel *Fusarium* sp. Sudantha dan Abadi (2007) mendapatkan bahwa miselium *Trichoderma* spp. dapat melakukan penetrasi ke dalam miselium patogen sehingga mengakibatkan hifa patogen hancur.

Pengujian optimasi produksi SOV menunjukkan kemampuan mikrob endofit menghasilkan senyawa organik volatil yang berbeda-beda pada konsentrasi medium yang berbeda. Senyawa organik volatil yang dihasilkan oleh mikrob endofit dapat berfungsi sebagai anticendawan dan penginduksi pertahanan tanaman terhadap patogen (Hung *et al.* 2015; Kaddes *et al.* 2019). Khruengsai *et al.* (2021) mengidentifikasi senyawa organik volatil yang diproduksi oleh mikrob endofit, yaitu *elemicin*, *benzaldehyde dimethyl acetal*, *trans-pinene hydrate*, dan *2-adamantanone*. *Elemicin* dikenal sebagai salah satu senyawa yang bersifat anticendawan. Berdasarkan pengukuran nilai hambatan relatif diketahui bahwa *T. asperellum* menunjukkan kemampuan terbaik dalam menekan pertumbuhan *F. oxysporum* dengan SOV yang diproduksinya.

Pengamatan insidensi penyakit dan pengukuran nilai THR pada pengujian *in vivo* menunjukkan bahwa mikrob endofit mampu menekan insidensi penyakit yang disebabkan oleh *F. oxysporum* dan memiliki nilai THR yang tinggi. Selain sebagai anticendawan, perlakuan mikrob endofit juga dapat menginduksi ketahanan tanaman. Sucipto *et al.* (2015) menyatakan bahwa mikrob endofit memiliki mekanisme menginduksi pertumbuhan dan ketahanan tanaman inang sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap penyakit. Lebih lanjut Parlindo *et al.* (2023) dan Megoa

et al. (2022) menyatakan bahwa *B. siamensis*, *Chaetomium* sp., *C. lunata*, dan *T. asperellum* mampu memproduksi IAA berturut-turut sebesar 42.19, 4.08, 9.54, dan 24.13 ppm.

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semua mikrob endofit yang diuji memiliki potensi untuk mengendalikan *F. oxysporum* penyebab penyakit busuk umbi bawang merah. Uji koloni ganda dan SOV menunjukkan kemampuan *Chaetomium* sp., *C. lunata*, *T. asperellum*, dan *B. siamensis* menghasilkan senyawa metabolit yang bersifat anticendawan. Selain itu, pengujian secara *in vivo* menunjukkan bahwa *B. siamensis* mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun, sedangkan *T. asperellum* mampu meningkatkan lebat akar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anis N, Budi AS. 2023. Sistem peyiraman tanaman bawang merah berdasarkan kondisi suhu udara, kelembaban tanah, dan pH tanah dengan metode logika fuzzy. Jurnal pengembangan teknologi informasi dan ilmu komputer. 7(4):1810–1816.
- Aprilia I, Maharijaya A, Sobir, Wiyono S. 2020. Keragaman genetik dan ketahanan terhadap penyakit layu fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) bawang merah (*Allium cepa* L. var. *aggregarum*) Indonesia. Jurnal Hortikultura Indonesia. 11(1):32–40. DOI: <https://dx.doi.org/10.29244/jhi.11.1.32.40>.
- Asrul, Rosmini, Rista A, Dwi I, Astusi, Yulianto A. 2021. Karakterisasi jamur penyebab penyakit busuk pangkal batang (*basal rot*) pada bawang wakegi (*Allium x wakegi* Araki). Agro Bali: Agricultural Journal. 4(3):341–350. DOI: <https://doi.org/10.37637/ab.v4i3.835>.
- Basuki RS, Khaririyatun N, Luthfy L. 2014. Evaluasi dan preferensi petani Brebes terhadap atribut kualitas varietas unggul bawang merah hasil penelitian Balitsa. Jurnal Hort. 24(3):276–282. DOI: <https://doi.org/10.21082/jhort.v24n3.2014.p276-282>.
- Candrawati E, Rupaedah B, Sumpono,

- Sundaryono A. 2018. Kemampuan ekstrak senyawa aktif bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada kelapa sawit. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 5(2): 214–221. DOI: <https://doi.org/10.29122/jbbi.v5i2.2769>.
- Darwis V, Irawan B, Muslim C. 2004. Keragaan benih hortikultra di tingkat produsen dan konsumen. *Socio-Economic of Agriculture and Agribusiness* 4(2):1–18.
- Dendang B. 2015. Uji antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* sp. yang menyerang tanaman sengon secara *in vitro*. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallace*. 4(2):147–156.
- Hemon AF, Sarjan M, Kisman. 2015. Infeksi cendawan *Sclerotium rolfsii* pada kacang tanah yang ditanam pada kondisi cekaman kekeringan. *Agroteksos*. 25(3):158–163.
- Hung R, Lee S, Bennett JW. 2015. Fungal volatile organic compounds and their role in ecosystems. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 99:3395–3405. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6494-4>.
- Isniah US, Widodo. 2015. Eksplorasi *Fusarium* nonpatogen untuk pengendalian penyakit busuk pangkal pada bawang merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 11(1):14–22. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.13.1.14>.
- Jahuddin R, Jamila, Awaluddin, Suriani. 2018. Exploration and screening for endophytic microbes of maize plant root against *Fusarium verticillioides*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 18(1): 57–64. DOI: <https://doi.org/10.23960/jhptt.11857-64>.
- Kaddes A, Fauconnier ML, Sassi K, Nasraoui B, Jijakli MH. 2019. Endophytic fungal volatile compounds as solution for sustainable agriculture. *Molecules*. 24(6): 1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24061065>.
- Karin A, Rahmiati, Fauziah I. 2020. Isolasi dan uji antagonis *Trichoderma* terhadap *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. *JBIO: Jurnal Biosains*. 6(1):18–22.
- Karisimin S. 2013. Keterkatan produk dan pelaku dalam pengembang agribisnis hortikultura unggulan di Provinsi Aceh. *Jurnal Manajemen dan Aribisnis*. 10(2):117–127.
- Khruengsai S, Pripdeevech P, Tanapichatsakul C, Srisuwannapa C, D'Souza PE, Panuwet P. 2021. Antifungal properties of volatile organic compounds produced by *Daldinia eschscholtzii* mflucc 19-0493 isolated from *Barleria prionitis* leaves against colletotrichum acutatum and its postharvest infections on strawberry fruits. *PeerJ*. 9:1–23. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.11242>.
- Mogea RA, Putri WICLH, Abubakar H. 2022. Isolasi bakteri penghasil *indole acetic acid* pada tanaman hortikultura di Perkebunan Prafi SP 1, Manokwari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 27(1):1–6. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.1>.
- Novitasari WD, Munif A. 2020. Potensi beberapa isolat bakteri endofit untuk biokontrol *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada tanaman bawang merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 16(5):227–234.
- Parlindo F, Wiyono S, Tondok ET. 2023. Endophytic fungi and their potential in controlling white root disease of cashew. *Plant Protection Science*. 59(1):73–91. DOI: <https://doi.org/10.17221/134/2021-PPS>.
- Sakti DM, Tejasukmana KR, Rosliani R. 2017. Kesamaan genetik tanaman bawang merah yang diperbanyak secara biji dan umbi. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional PERIPI 2017: Pemanfaatan Sumberdaya Genetik untuk Perbaikan Produktivitas dan Kualitas*; 2017 Okt 3; Bogor (ID): IPB International Convention Center. hlm 587–591.
- Skidmore AM. 1976. Interaction in relation to biological control of plant pathogens. Di dalam: Dickinson CH, Preece TF, editor. *Microbiology of Aerial Plant Surface*. London (GB): Academic Press.
- Suarjana IW, Supadma AAN, Arthagama IDM. 2015. Kajian status kesuburan

- tanah sawah untuk menentukan anjuran pemupukan berimbang spesifik lokasi tanaman padi di kecamatan manggis. E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika. 4(4):314–323.
- Suciatmih, Yuliar, Supriyati D. 2011. Isolasi, identifikasi, dan skrining jamur endofit penghasil agen biokontrol dari tanaman di lahan pertanian dan hutan penunjang gunung Salak. Jurnal Teknologi Lingkungan. 12(2):171–186. DOI: <https://doi.org/10.29122/jtl.v12i2.1249>.
- Sucipto I, Munif A, Suryadi Y, Tondok ET. 2015. Eksplorasi cendawan endofit asal padi sawah sebagai agens pengendali penyakit blas pada padi sawah. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 11(6):211–218. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.11.6.211>.
- Sudantha IM, Abadi AL. 2007. Identifikasi jamur endofit dan mekanisme antagonismenya terhadap jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanilla* pada tanaman vanili. Agroteksos. 17(1):23–38.
- Sukapiring DN, Soekarno BPW, Yuliani TS. 2016. Potensi metabolit sekunder cendawan endofit tanaman cabai sebagai penghambat *Fusarium* sp. patogen asal biji secara *in-vitro*. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 12(1):1–8. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.12.1.1>.
- Sunarwati D, Yoza R. 2010. Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicillium* dalam menghambat pertumbuhan cendawan penyebab penyakit busuk akar durian (*Phytophthora palmivora*) secara *in vitro*. Di dalam: *Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara*; 2010 Nov 10; Solok (ID): Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika. hlm 176–188.
- Suryanarayanan TS, Thirunavukkarasu N, Govindarajulu MB, Sasse F, Jansen R, Murali TS. 2009. Fungal endophytes and bioprospecting. Fungal Biology Reviews. 23(1–2):9–19. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2009.07.001>.
- Yuan J, Raza W, Shen Q, Huang Q. 2012. Antifungal activity of *Bacillus amyloliquefaciens* NJN-6 volatile compounds against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Applied and Environmental Microbiology. 78(16):5942–9544. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01357-12>.