

UJI ANTIBIOSIS EMPAT ISOLAT *Bacillus* sp. TERHADAP *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* SECARA IN VITRO

Antibiosis Test of Four Isolates Bacillus sp. Against Fusarium oxysporum f.sp. cepae In Vitro

Leontian Dini A Fauzi¹, Nur Prihatiningsih^{1*} dan Woro Sri Suharti¹

Fakultas Pertanian Unsoed Purwokerto Kampus Karangwangkal
Jl. DR. Soeparno Purwokerto 53123
Alamat korespondensi: nur.prihatiningsih@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Fusarium oxysporum f. sp. *cepae* merupakan patogen layu fusarium atau moler pada bawang merah. Pengendalian menggunakan agen hayati seperti *Bacillus* sp. merupakan suatu alternatif pengendalian yang dapat diterapkan. *Bacillus* sp. memiliki mekanisme pengendalian seperti antibiosis, kompetisi, dan penginduksi ketahanan tanaman sistemik. Metabolit sekunder yang dihasilkan *Bacillus* sp. menunjukkan aktivitas anti bakteri dan anti jamur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. isolat rizosfer bawang merah untuk mengendalikan *F. oxysporum* f.sp. *cepae* secara in vitro. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) lima perlakuan dan empat ulangan dengan metode biakan ganda. Perlakukannya yaitu K0 (kontrol), BM1, BM2, BM3 dan BM4. Potongan miselium *F. oxysporum* f.sp. *cepae* diletakan pada medium PDA, satu hari kemudian dengan jarak 3 cm digoreskan bakteri *Bacillus* sp. Variabel yang diamati yakni persentase daya hambat dan mekanisme penghambatan terhadap jamur *F.oxysporum* f.sp. *cepae* pada uji daya hambat secara mikroskopis. Hasil penelitian menunjukkan keempat isolat *Bacillus* sp. rizosfer bawang merah menunjukkan adanya zona hambat yang terbentuk. Persentase daya hambat yang ditunjukkan bervariasi, dengan perlakuan *Bacillus* sp isolat 3 (BM3) tertinggi sebesar 11,41% dan perlakuan *Bacillus* sp. isolat 2 (BM2) menunjukkan persentase daya hambat terendah yakni 9,39%. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan pertumbuhan hifa *F. oxysporum* tidak normal, yaitu terjadi pembengkakan, lisis dan mengerut. Abnormalitas yang ditunjukkan akibat adanya mekanisme antibiosis yang merupakan salah satu mekanisme pengendalian dari *Bacillus* sp.

Keyword: antibiosis, *Bacillus* sp, daya hambat, moler

ABSTRACT

Fusarium oxysporum f. sp. *cepae* is a pathogen of fusarium wilt or moler on shallots. Control using biological agents such as *Bacillus* sp. is an alternative method of control that can be implemented. *Bacillus* sp. has control mechanisms such as antibiosis, competition and systemic plant resistance inducer (ISR). The secondary metabolites produced by *Bacillus* sp. exhibit anti-bacterial and anti-fungal activity. The research aims to determine *Bacillus* sp.'s ability to control *F. oxysporum* f. sp. *cepae* in vitro. This research used a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and four replications using the dual culture method. The treatments were K0 (control), BM1, BM2, BM3, and BM4. 5 mm mycelium pieces of *F. oxysporum* f.sp. *cepae* were placed on PDA medium. One day later, *Bacillus* sp. bacteria were streaked 3 cm away. The variables observed were the percentage of inhibitory power and the inhibition mechanism against *F.oxysporum* f.sp. *cepae* in the microscopic inhibition test. The results showed that the four isolates of *Bacillus* sp. from the shallots rhizosphere showed inhibition zone. The percentage of inhibition shown varied, with the *Bacillus* sp. isolate 3 (BM3) treatment showed the highest inhibition at 11.41%, while the *Bacillus* sp. isolate 2 (BM2) showed the lowest at 9.39%. Microscopic observation showed that the growth of *F. oxysporum* hyphae was abnormal, namely swelling, lysis, and shrinking. The abnormalities observed were due to the antibiosis mechanism, which is one of the control mechanisms of *Bacillus* sp.

Keywords: antibiosis, *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, inhibition

PENDAHULUAN

Bawang merah merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak

dimanfaatkan masyarakat Indonesia salah satunya sebagai bumbu dapur dan konsumsi rumah tangga. Produktivitas bawang merah

nasional menurut Badan Pusat Statistik (Badan Pusat Statistik (BPS), 2023) selama 5 tahun yakni tahun 2019 1.580.247 ton, 2020 1.815.445 ton, tahun 2021 2.004.590 ton, tahun 2022 1.982.360 ton, dan tahun 2023 sebesar 1.985.233 mengalami penurunan produksi pada dua tahun terakhir. Budidaya bawang merah mengalami beberapa kendala diantaranya yakni adanya serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). OPT menyebabkan penurunan produktivitas dan kualitas produk saat budidaya hingga pasca panen. Salah satu jamur yang menyerang tanaman bawang merah yakni *F. oxysporum* f.sp. *cepae* (Alemu, 2015).

Fusarium oxysporum f.sp. *cepae*. merupakan penyebab penyakit busuk pangkal dan layu fusarium atau biasa dikenal sebagai penyakit moler, salah satu penyakit utama pada bawang merah. Pada *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, forma spesialis (f.sp.) menunjukkan variasi spesies. Setiap formae speciales memiliki inang yang spesifik, dalam hal ini, *F. oxysporum* f.sp. *cepae* memiliki inang spesifik pada tanaman bawang, seperti bawang merah, bawang putih, dan bawang bombai (Alemu, 2015). Dampak serangan patogen ini menyebabkan penurunan produksi bawang merah, bahkan menyebabkan kegagalan panen (Hikmahwati *et al.*, 2020). *F.oxysporum* f.sp. *cepae*. merupakan patogen tular tanah yang dapat membentuk

klamidospora, menyebabkan jamur ini mampu bertahan di dalam tanah (Susanti & Wiyatiningsih, 2016). Struktur morfologi ini membuat *F.oxysporum* f.sp. *cepae* mampu menyebar dengan cepat. Gejala penyakit moler menurut Ibrahim & Rahman (2021), daun tanaman menjadi terkulai serta menguning, daun melintir dan mengerut, ujung daun busuk kebasah-basahan dan berwarna coklat muda hingga mengering, dan pada gejala lanjut menyebabkan umbi bawang merah membusuk dan tanaman mudah tercabut.

Penyakit layu fusarium dapat mengurangi hasil panen hingga 50% jika tidak ditangani dengan segera (Dinata *et al.*, 2021). Pengendalian yang banyak digunakan yakni dengan aplikasi fungisida kimia sintetik (Sholeh & Nurcahyanti, 2023). Penggunaan fungisida kimia sintetik yang kurang bijaksana menimbulkan kerusakan lingkungan. Pemanfaatan agen hayati seperti *Bacillus* sp. merupakan alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan fungisida kimia sintetik. Mardanova *et al.* (2017) menyebutkan bahwa *B. subtilis* bisa menghambat infeksi *Fusarium* sp. melalui sintesis antimikroba seperti peptida, enzim, protein, dan senyawa volatil. Agen hayati seperti *Bacillus* sp. dapat berperan sebagai pupuk hayati dan agens pengendali hayati melalui mekanisme antibiosis, sekresi enzim pelisis, dan penginduksi ketahanan

sistemik (*Induced Systemic Resistance* = ISR) (Junaid *et al.*, 2013; Lestari *et al.*, 2017; Prihatiningsih *et al.*, 2017; Prihatiningsih *et al.*, 2019). *Bacillus* sp. yang diuji merupakan hasil isolasi dari rizosfer bawang merah. Penggunaan bakteri antagonis yang berasal dari tempat yang sama dengan mikroba patogen dapat meningkatkan efektivitas pengendalian karena tempat tumbuh yang sesuai (Tuhuteru *et al.*, 2019). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. dalam mengantibiosis *F. oxysporum* f.sp. *cepae* secara *in vitro*, sehingga dapat dimanfaatkan di lahan untuk mengurangi penggunaan fungisida kimia sintetik untuk pengendalian penyakit tanaman, mampu meningkatkan kelestarian lingkungan dan mendukung pertanian berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. isolat rizosfer bawang merah untuk mengendalikan *F. oxysporum* f.sp. *cepae* secara *in vitro*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2023 – Agustus 2023 di Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni cawan Petri, tabung reaksi, erlenmeyer (Pyrex 100 ml), gelas ukur (Pyrex 10ml), beker glas

(Pyrex 250 ml), timbangan analitik (Dhaus – 0,0001), pengaduk, jarum ose, lampu spirtus, autoclaf, *Laminar Air Flow* (LAF), pipet mikro, pinset steril, scalpel, mikroskop cahaya (Reichert), kaca preparat dan penutup, alumunium foil, wrapping dan kamera. Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain akuades, medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) (Merck milipore – 1.10130.0500), NA (*Nutrient Agar*) (Merck – 1.05450.0500)), alkohol 70%, spirtus, tisu, sampel tanaman bergejala penyakit moler, biakan murni *Bacillus* sp. (Bm1, Bm2, Bm3 dan Bm4).

Medium yang digunakan yakni medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan *Nutrient Agar* (NA). Medium PDA dan NA dibuat dengan komposisi berturut – turut 38 g dan 20 g medium dalam 1 L aquades. Medium dan aquades dicampur dan diaduk hingga homogen, kemudian dipanaskan hingga mendidih. Larutan yang telah homogen kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer ditutup dengan alumunium foil dan dilapisi dengan kertas. Medium yang sudah jadi dimasukkan dalam autoklaf untuk disterilisasi selama 30 menit dengan suhu 121° C dan tekanan 15 psi.

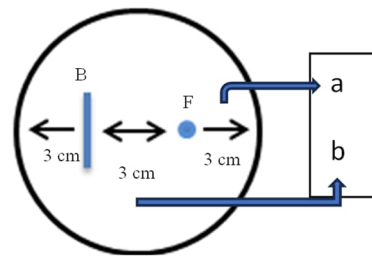
Bakteri rizosfer *Bacillus* sp. didapat dari koleksi Prihatiningsih (2023). Preservasi 4 isolat *Bacillus* sp. rizosfer bawang merah (Bm1, Bm2, Bm3, dan Bm4) dilakukan menggunakan medium NA. Medium NA miring yang telah dibuat

digoreskan isolat *Bacillus* sp. secara aseptis di dalam *Lamilar Air Flow* (LAF). *Bacillus* sp. yang telah ditumbuhkan dalam medium NA miring diinkubasi selama 2 hari dalam suhu ruang sebagai biakan murni siap untuk kerja (*working culture*) dan ditutup dengan parafin steril sebagai preservasi *Bacillus* sp. atau disebut *stock culture*.

Isolasi jamur *F.oxysporum* f.sp. *cepae* dilakukan dengan menyiapkan sampel tanaman bawang merah bergejala yang diperoleh dari lahan di Desa Tambaksari Kidul, Kec. Kembaran, Kab. Banyumas. Bagian yang bergejala diambil dari pada pangkal “batang”, umbi dan akar menggunakan skalpel steril. Sterilisasi permukaan dilakukan pada sampel dengan merendam sampel pada alkohol 70% selama 1 menit, lalu dibilas menggunakan akuades dan ditiriskan menggunakan tisu steril. Sampel ditumbuhkan pada medium PDA. Inkubasi dilakukan pada suhu kamar hingga *F.oxysporum* f.sp. *cepae* tumbuh, lalu dilakukan pemurnian dan perbanyakan pada medium PDA. Karakterisasi *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dilakukan melalui pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dengan mengamati bentuk, warna, dan pertumbuhan koloni. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan mikroskop perbesaran 400x.

Uji antibiosis *Bacillus* sp. terhadap *F. oxysporum* f.sp. *cepae* secara *in vitro*. Uji antibiosis dilakukan dengan metode biakan

ganda oleh Zhao et al. (2014) yang disesuaikan, yakni empat *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dipotong dengan bor gabus dan *Bacillus* sp. dengan kepadatan spora 1×10^7 sel/mL digoreskan dengan jarak antara keduanya 3 cm dalam cawan petri (Gambar 1). Inkubasi dilakukan selama beberapa hari hingga muncul zona hambat.



Keterangan: B = Isolat *Bacillus* sp. F = Isolat *F.oxysporum* f.sp. *cepae*.

Gambar 1. Skema inokulasi *Bacillus* sp. dan *F.oxysporum* f.sp. *cepae* pada medium PDA.

Pengukuran daya hambat (DH) diperoleh melalui pengukuran jari-jari koloni jamur patogen yang mendekati (b) dan menjauhi bakteri antagonis (a). Menurut (Susanti et al., 2021), pengukuran persentase daya hambat (PDH) dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$PDH = \frac{(a - b)}{a} \times 100\%$$

Keterangan:

PDH : Persentase Daya Hambat (%)

- a : jari-jari koloni jamur patogen yang tumbuh menjauhi koloni jamur antagonis.
- b : jari-jari koloni jamur patogen yang tumbuh mendekati koloni jamur antagonis (Oktania et al., 2018).

Pengamatan secara mikroskopis dilakukan untuk mengetahui pengaruh pengujian *Bacillus* sp. dapat menyebabkan abnormalitas hifa *F. oxysporum* f.sp. *cepae* setelah dilakukan uji antibiosis. Pengamatan dilakukan pada hari ke-5 setelah dilakukan uji penghambatan. Pengamatan menggunakan mikroskop cahaya terhadap perubahan yang terjadi pada hifa seperti lisis, mengerut, menebal, dan membengkak (Heriyati *et al.*, 2023).

Pengujian secara *in vitro* dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdapat 5 perlakuan yang diuji. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Kombinasi perlakuannya sebagai berikut:

K0 = Kontrol (*F. oxysporum* f.sp. *cepae*)

Bm1 = *Bacillus* sp. isolat 1 (Bm1) vs *F. oxysporum* f.sp. *cepae*

Bm2 = *Bacillus* sp. isolat 2 (Bm2) vs *F. oxysporum* f.sp. *cepae*

Bm3 = *Bacillus* sp. isolat 3 (Bm3) vs *F. oxysporum* f.sp. *cepae*

Bm4 = *Bacillus* sp. isolat 4 (Bm4) vs *F. oxysporum* f.sp. *cepae*

Data yang diperoleh diuji menggunakan uji F dengan taraf kesalahan 5% dan apabila berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

F. oxysporum f.sp. *cepae*. yang diisolasi dari tanaman bawang merah memiliki koloni berwarna putih dengan tengah permukaan bawah berwarna

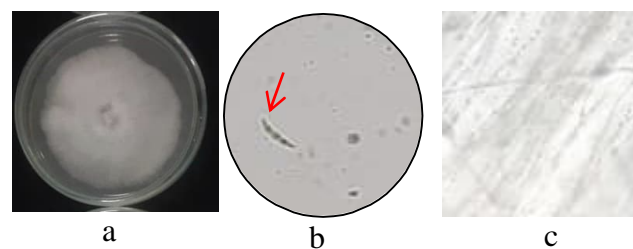
kekuningan serta tekstur miselium seperti kapas. Koloni *F. oxysporum* f.sp. *cepae* tumbuh menyamping dan aerial. Menurut Sholihah *et al.* (2019) koloni *Fusarium* sp. memiliki bentuk tidak rata, warna dasar koloni putih kekuningan, dengan arah pertumbuhan miselium menyamping serta memiliki struktur halus. Mathukumar *et al.* (2022) menyatakan bahwa *F. oxysporum* f.sp. *cepae* memiliki koloni yang mampu menghasilkan miselium halus menyerupai kapas dan memiliki dasar koloni bervariasi antara putih hingga merah muda atau putih hingga kekuningan.

Berdasarkan pada pengamatan mikroskopis menunjukkan morfologi makrokonidium berbentuk bulan sabit (Gambar 2.b). Menurut Matukhumar *et al.* (2022) makrokonidium *Fusarium* sp. berbentuk bulan sabit, hialin dan memiliki 3–5 septum, mikrokonidiumnya berukuran lebih kecil dari makrokonidium, berbentuk oval, dan bersel tunggal atau ganda. Klamidospora *F. oxysporum* berbentuk bulat, berdinding tebal, terbentuk pada ujung hifa yang lurus (Sari *et al.*, 2017).

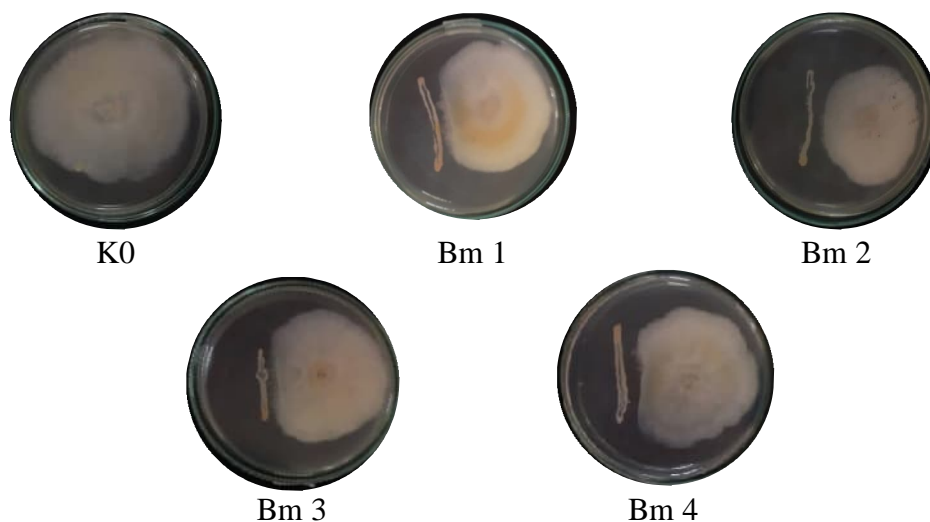
Pengamatan uji antibiosis diamati pada hari ke 5 setelah inokulasi. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan menunjukkan terbentuknya zona hambat diantara *Bacillus* sp. dan *F.oxysporum* f.sp. *cepae*. Menurut Bawantari *et al.* (2020) terbentuknya zona hambat terjadi karena bakteri mampu memproduksi metabolit

sekunder yang bersifat antijamur, yang mampu menekan pertumbuhan patogen melalui mekanisme antibiosis dan kompetisi. Antibiosis merupakan mekanisme antagonis dengan menghasilkan metabolit sekunder berupa antibiotik atau senyawa mirip antibiotik seperti enzim pelisis, senyawa yang mudah menguap, siderofor, dan substansi toksik lainnya (Haggag & Mohamed, 2007). *Bacillus subtilis* mampu menekan pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada kentang melalui

mekanisme antibiosis. *B. subtilis* membentuk zona hambat sebesar 18 mm (Prihatiningsih *et al.*, 2015). Terbentuknya zona hambat menunjukkan adanya aktivitas *Bacillus* sp. yang berkompetisi dengan patogen dalam medium yang sama untuk memperoleh nutrisi dan ruang agar tumbuh dengan baik (Masyitah *et al.*, 2023). Kemampuan kompetisi *Bacillus* sp. yang baik menyebabkan pertumbuhan *Fusarium* sp. terhambat yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat.



Gambar 2. Morfologi *F.oxysporum* f.sp. *cepae*. (a) koloni, (b) makronidium (c) hifa.



Gambar 3. Uji antibiosis *Bacillus* sp. Bm1, Bm2, Bm3 dan Bm4 terhadap *F. oxysporum* f.sp. *cepae* pada medium PDA.

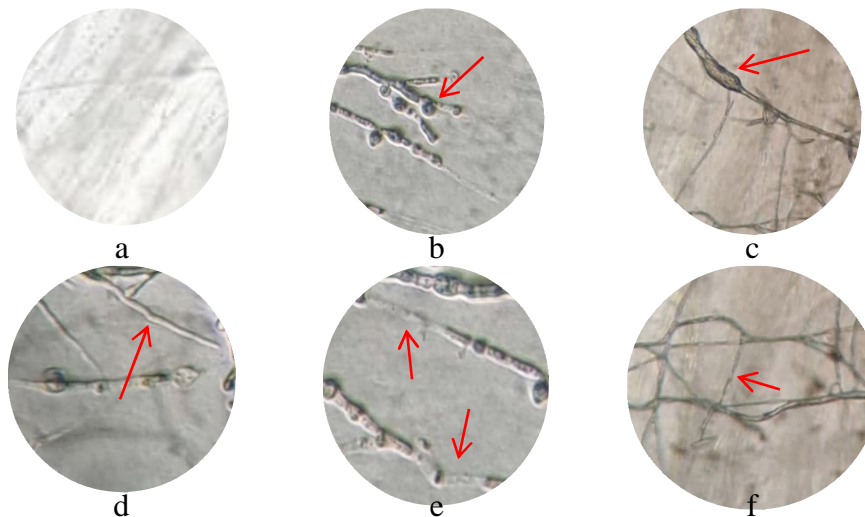
Tabel 1. Persentase daya hambat *Bacillus* sp. terhadap *F.oxysporum* f.sp. *cepae*.

Perlakuan	Persentase Daya Hambat (PDH %)
K0	0,00 a
Bm1	10,72 b
Bm2	9,39 b
Bm3	11,41 b
Bm4	9,76 b

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dengan BNT 5%.

Berdasarkan pengamatan menunjukkan bahwa keempat perlakuan Bm1, Bm2, Bm3, dan Bm4 memberikan perbedaan yang nyata dengan kontrol namun keempat *Bacillus* sp. tersebut tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *cepae* secara *in vitro* (Tabel 1.). Hal ini menunjukkan bahwa tiap perlakuan isolat *Bacillus* sp. (Bm1-4) dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *cepae* secara *in vitro* dengan potensi yang sama, namun dengan persentase daya hambat yang bervariasi. Urutan persentase penghambatan ditunjukkan oleh perlakuan Bm3, Bm1, Bm4, dan Bm2, berturut-turut sebesar 11,41, 10,72, 9,76, dan 9,39%. Zona bening yang ditunjukkan mengindikasikan bahwa isolat bakteri memproduksi senyawa metabolit sekunder yang dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen (Nugraheni *et al.*, 2021). Perbedaan persentase daya hambat disebabkan oleh kemampuan isolat bakteri menghasilkan jenis dan jumlah metabolit sekunder yang bersifat menghambat berbeda (Flori *et al.*, 2020).

Menurut Prastya *et al.* (2014) kategori persentase daya hambat yang kuat yakni >40%, dan lemah <30%, serta tidak memiliki kemampuan 0%. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan menunjukkan bahwa persentase daya hambat *Bacillus* sp. terhadap *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dalam kategori lemah. Rendahnya nilai persentase daya hambat tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH medium, masa inkubasi, ukuran inokulum, aktivitas metabolisme bakteri dan stabilitas zat aktif (Dutta *et al.*, 2013). Berdasarkan pengamatan yang dilakukan persentase daya hambat terbesar mencapai 11,41 % dengan kategori daya hambat lemah. Medium yang digunakan mempengaruhi pertumbuhan isolat bakteri dalam menyerap nutrisi. Menurut Saputra *et al.* (2015) kemampuan isolat bakteri dalam menghambat jamur patogen dipengaruhi oleh perbedaan fisiologis bakteri dalam memanfaatkan nutrisi pada medium. Bakteri dapat memanfaatkan nutrisi untuk menghasilkan pertumbuhannya dan untuk metabolit sekunder.



Gambar 4. Malformasi hifa *F. oxysporum* f.sp. *cepa*e (a) kontrol, (b,c) pembengkakan, (d) mengeriting, (e) lisis, (f) mengerut.

Pengamatan malformasi pada *F.oxysporum* f.sp. *cepa*e dilakukan dengan mengamati hifa yang berbatasan dengan zona hambatan pada mikroskop cahaya. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan menunjukkan beberapa malformasi pertumbuhan hifa *F.oxysporum* f.sp. *cepa*e. Abnormalitas yang ditunjukkan berupa pembengkakan (Gambar 4.b dan 4.c), hifa yang mengeriting (Gambar 4.d), terjadinya lisis pada hifa (Gambar 4.e) dan hifa yang mengerut (4.f). Abnormalitas pertumbuhan hifa terjadi karena *Bacillus* sp. mempunyai mekanisme antibiosis dengan menghasilkan metabolit sekunder yang bersifat antijamur. Menurut Heriyati *et al.* (2023) pengamatan zona hambat *Bacillus* spp. melawan *Fusarium* sp. menunjukkan pertumbuhan abnormal yang berbeda pada setiap perlakuan. Abnormalitas pertumbuhan ditunjukkan dengan hifa yang bengkok, melingkar, menyusut, membengkak,

keriting dan lisis. Abnormalitas pertumbuhan hifa berupa pemendekan, pembengkakan, membengkok dan lisis yang menyebabkan hifa tidak dapat berkembang dengan sempurna disebabkan oleh metabolit sekunder berupa enzim protease, selulase dan amilase yang dihasilkan oleh *Bacillus* sp. (Anjarsari *et al.*, 2022).

Menurut Bawantari *et al.* (2020) mekanisme antibiosis bakteri menghasilkan senyawa antibiotik yang menyebabkan hifa patogen abnormal atau malformasi. Senyawa antibiotik yang menyebabkan hifa jamur patogen abnormal yakni *cyclic lipopeptides*, *small peptides*, *polyketides*, *bacillomycin D*, *fengycin A*, dan *fengycin B* (Boulahouat *et al.*, 2023). Mugiastuti *et al.* (2012) menyatakan bakteri endofit seperti *Bacillus* sp. menghasilkan beberapa metabolit sekunder yang menunjukkan aktivitas antibakteri dan antijamur. Bakteri

tersebut memiliki aktivitas enzim kitinase. Enzim kitinase merupakan enzim yang menyebabkan lisis pada dinding sel patogen dengan mendegradasi komponen kitin yang merupakan penyusun dinding sel jamur *F. oxysporum* (Abidin *et al.*, 2015). *Bacillus* sp. menghasilkan enzim kitinase sebagai mekanisme antibiosis terhadap jamur, karena mampu mendegradasi dinding sel jamur yang terdiri atas kitin. Hal ini ditunjukkan pada *B. subtilis* B298 dari crude ekstrak menghasilkan enzim kitinase optimum pada inkubasi 15 jam dengan aktivitas kitinase sebesar 6.937 U/mL (Lestari *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Pengujian antibiosis 4 isolat *Bacillus* sp (Bm1-4) yang berasal dari rizosfer bawang merah menunjukkan persentase daya hambat yang bervariasi. Urutan persentase daya hambat ditunjukkan oleh *Bacillus* sp. isolat Bm3, Bm1, Bm4 dan Bm2, berturut-turut sebesar 11,41, 10,72, 9,76 dan 9,39%. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan pertumbuhan hifa *F.oxysporum* f.sp. *cepa*e tidak normal seperti membengkak, mengeriting, lisis dan mengerut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas

dukungan dana melalui Penelitian Tesis Magister dengan nomor kontrak: 3.63/UN.23.35.5/PT.01/VII/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Aini L.Q. & Abadi A.L. (2015). Pengaruh Bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. terhadap Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium rolfsii* Sacc. Penyebab Penyakit Rebah Semai Pada Tanaman Kedelai. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 3(1), 1–10.
- Alemu, A. C. (2015). Diversity of Onion Basal Rot (*Fusarium* Isolates) and Their Management Isolates Under Laboratory and Glasshouse Conditions. [Addis Ababa University, Ethiopia.].
<http://213.55.95.56/bitstream/handle/123456789/987/AbrehamChebte.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Anjarsari, D. T., Prasetyawati, E.T. & Wuryandari, Y. (2022). The Effect of *Bacillus* sp. Against Hifa Malformation of *Phytophthora palmivora* Pathogen. *Agrohita Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian*. 7(1): 67–73.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). *Produksi Tanaman Sayuran*. .
<https://www.bps.go.id/indicator/55/61/2/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses tanggal 14 Februari 2023.
- Bawantari, N.K.S., Suprpta D.N., & Khalimi K. (2020). Uji Antagonistik *Bacillus siamensis* dan *Paenibacillus polymyxa* Terhadap *Colletotrichum gloeosporioides* KLCR2 Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 9(3): 187–197.

- <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- Boulahouat, S., Cherif-Silini, H., Silini, A., Bouket, A. C., Luptakova, L., Alenezi, F. N., & Belbahri, L. (2023). Biocontrol efficiency of rhizospheric *Bacillus* against the plant pathogen *Fusarium oxysporum*: a promising approach for sustainable agriculture. *Microbiology Research*, 14(3), 892-908.
- Dinata, G. F., Ariani, N., Purnomo, A., & Aini, L. Q. (2021). Pemanfaatan Biodiversitas Bakteri Serasah Kopi Sebagai Solusi Pengendali Penyakit Moler Pada Bawang Merah. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 9(1): 28-34.
- Dutta, S., Rani, T. S., & Podile, A. R. (2013). Root Exudate-Induced Alterations in *Bacillus cereus* Cell Wall Contribute to Root Colonization and Plant Growth Promotion. *Journal PlosOne*. 8(10).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078369>
- Flori, F., Mukarlina, & Rahmawati. (2020). Antagonistic Potential of *Bacillus* spp. Bacteria Isolate from Pepper Plant (*Piper nigrum* L.) Rhizosphere as Controlling Agent of *Fusarium* sp. JDF Fungus. *Jurnal Biologi Makasar*. 5(1): 111 – 120.
<http://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>
- Haggag, W. M., & Mohamed, H. A. A. (2007). Biotechnological Aspects of Microorganism Used in Plant Biological Control. *J. Agric Sci*, 3(6), 771-776.
- Heriyati, S., Prasetyawati, E. T. & Purnawati, A. (2023). Antagonistic Test of *Bacillus* spp. against *Fusarium* sp., the Causal Agent of Wilt Disease of Red Chili Plants. *CROPSAVER - Journal of Plant Protection*, 6(1), 26.
https://doi.org/10.24198/crop_saver.v6i1.45386
- Hikmahwati, M., Auliah, R., Ramlah, R., & Fitrianti. (2020). Identifikasi Cendawan Penyebab Penyakit Moler Pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kabupaten Enrekang. *Agrovital : Jurnal Ilmu Pertanian*. 5(2):83-86.
- Ibrahim, A. M., & Rahman, A. (2021). Identifikasi Penyakit Tanaman Bawang Merah Varietas Bima Menggunakan Metode Forward Chaining Dan Certainty Factor. *Journal Intech*. 2(1): 7-12.
<https://doi.org/10.54895/intech.v2i1.825>
- Junaid, J. M., Dar, N. A., Bhat, T. A., Hussain Bhat, A., & Bhat, M. A. (2013). Commercial Biocontrol Agents and Their Mechanism of Action in the Management of Plant Pathogens. *International Journal of Modern Plant & Animal Sciences*. 1(2): 39-57.
www.ModernScientificPress.com/Journals/IJPlant.aspx
- Lestari, P., Prihatiningsih, N., & Djatmiko, H. A. (2017). Partial Biochemical Characterization of Crude Extract Extracellular Chitinase Enzyme from *Bacillus subtilis* B298. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 172(1): 1-8.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/172/1/012041>
- Muthukumar, G., Udhayakumar, R., Muthukumar, A., Muthukumaran, N., & Ayyandurai, M. (2022). Survey on disease incidence of basal rot of onion incited by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* in major onion growing tracts of Tamil Nadu. *J. Pharmacogn. Phytochem*, 11, 1445-1454.
- Mardanova, A. M., Hadieva, G. F., Lutfullin, M. T., Khilyas, I. V., Minnullina, L. F., Gilyazeva, A. G., Bogomolnaya, L. M. & Sharipova, M. R. (2017). *Bacillus subtilis* Strains with Antifungal Activity Against the

- Phytopathogenic Fungi. *Agricultural Sciences*. 08(1): 1–20.
<https://doi.org/10.4236/as.2017.81001>
- Masyitah, N., Chamzurni T, & Oktarina H. (2023). Uji Kompatibilitas Kombinasi *Bacillus thuringiensis* dan *Pseudomonas aeruginosa* untuk Mengendalikan *Fusarium oxysporum* pada Pembibitan Melon (*Cucumis melo* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 8(1): 466–482.
- Mugiastuti, E. ., Rahayuniati, R. F. &, & Sulistyanto, P. (2012). Pemanfaatan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* untuk mengendalikan penyakit layu tomat akibat sinergi *Ralstonia solanacearum* dan *Meloidogyne* sp. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan sumber daya Pedesaan dan kearifan Lokal berkelanjutan II*.pp 72 -77.
- Nugraheni, I. A. ., Setianah, H. . &, & Wibowo, D. S. (2021). Aktivitas Antibakteri dari Bakteri Endofit Asal Akar Ciplukan (*Physalis angulata* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Journal Biomedika*. 13(1): 48–55.
<https://doi.org/10.23917/biomedika.v13i1.11009>
- Oktania, P., Marwan H. &, & Asniwita, A. (2018). Potensi *Bacillus* spp. dari Rizosfer Tanaman Kedelai untuk Mengendalikan Peyakit Rebah Kecambah (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) *Jurnal Agroecotania*. 1(1): 19 -32.
- Prastya, M. E., Suprihadi, A., & Kusdiyantini, E. (2014). Eksplorasi Rhizobakteria Indigenous Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* Linn.) dari Pertanian Semi Organik Desa Batur Kabupaten Semarang Sebagai Agen Hayati Pengendalian Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp *capsici*. *Jurnal Akademika Biologi*. 3(3): 18–31.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/19449>
- Prihatiningsih, N., Arwiyanto T, Hadisutrisno B., & Widada J. (2015). Mekanisme Antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Kentang. *J. HPT Tropika*. 15(1): 64 -71.
- Prihatiningsih, N., Djatmiko, H. ., & P. Lestari. (2017). Aktivitas Siderofor *Bacillus subtilis* sebagai Pemacu Pertumbuhan dan Pengendali Patogen Tanaman Terung. *Journal HPT Tropika*. 17(2): 170 -178.
- Prihatiningsih, N., Djatmiko, H. A., Erminawati, E., & Lestari, P. (2019). *Bacillus subtilis* from Rhizosphere as Biological Control Agent and Chili Growth Promoter. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 23(2): 179 – 184.
<https://doi.org/10.22146/jpti.40606>
- Saputra, R., Arwiyanto, T. & Wibowo, A. (2015). Uji aktivitas antagonistik beberapa isolat *Bacillus* spp. terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada beberapa varietas tomat dan identifikasinya. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia*. 1(5): 1116–1122.
<https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010525>
- Sari, W., Wiyono, S., Nurmansyah, A., Munif, A., & Poerwanto, R. (2017). Keanekaragaman dan Patogenisitas *Fusarium* spp. Asal Beberapa Kultivar Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(6): 216 - 224.
<https://doi.org/10.14692/jfi.13.6.216>
- Sholeh, M. I., & Nurcahyanti, S. D. (2023). Development of Moler Disease (*Fusarium oxysporum* f.sp *cepae*) at The Shallot Production Center in Probolinggo Regency. *J. Berkala Ilmiah Pertanian*. 6(2):56 – 62.

- Sholihah, R. I., Sritamin M., & Wijaya I.N. (2019). Identifikasi Jamur *Fusarium solani* yang Berasosiasi dengan Penyakit Busuk Batang pada Tanaman Buah Naga (*Hylocereus* sp.) Di Kecamatan Bangorejo, Kabupaten Banyuwangi. *J. Agroteknologi Tropika*. 8(1): 91–102.
- Susanti, A., Afifah, N., & Febrianti, R. (2021). Penekanan Jamur Endofit Terhadap Patogen Pada Tanaman Jambu Bol Gondang Manis. *Jurnal Viabel Pertanian*, 15(1), 12–26.
- Susanti, D., & Wiyatiningsih, S. (2016). Characterization of Isolates of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* Moler Cause Shallot of Diseases in The Region of Nganjuk and Probolinggo. *J. Plumula*. 5(2) : 153-160.
- Zhao, Y., Selvaraj, J. N., Xing, F., Zhou, L., Wang, Y., Song, H., Tan, X, Sun, L. Sangare, L., Folly, Y.M.E. & Liu, Y. (2014). Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum*. *PloS one*, 9(3), e92486.